



## Analyseforudsætninger til Energinet 2023 – VE på land (sol og landvind)

Baggrundsnotat

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse og  
Innovation

**Dato**  
13. oktober 2023

**J nr.** 2023 – 2106

FRJSM / BRP

### Indholdsfortegnelse

Udvikling frem mod 2050.....	2
Metode og antagelser.....	4
Solceller.....	4
Landvind.....	9
Energiparker.....	17
Usikkerhed.....	17
Ændringer ift. AF22.....	19

#### **Metodiske ændringer siden AF22:**

- **Metoden bag AF23 er uændret ift. AF22. AF23 er opdateret på baggrund af seneste data om nettilsluttede projekter og mulige kommende projekter**

#### **Energistyrelsen**

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

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

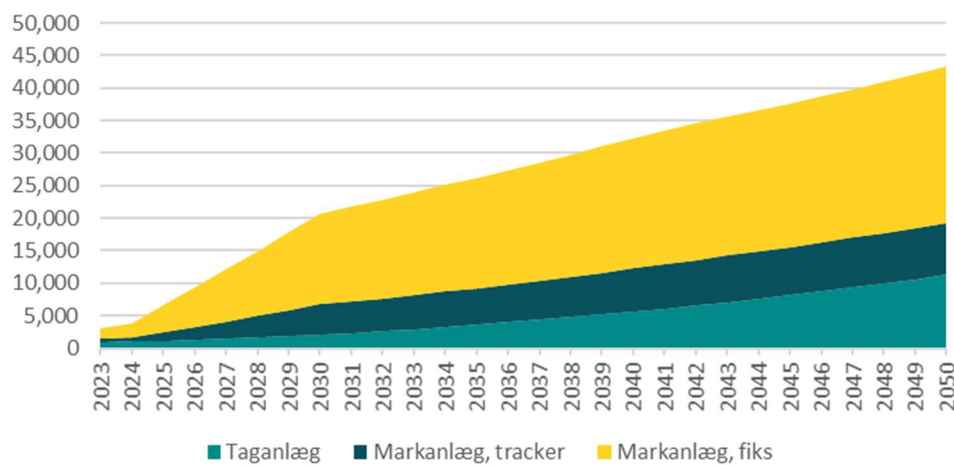
[www.ens.dk](http://www.ens.dk)



## Udvikling frem mod 2050

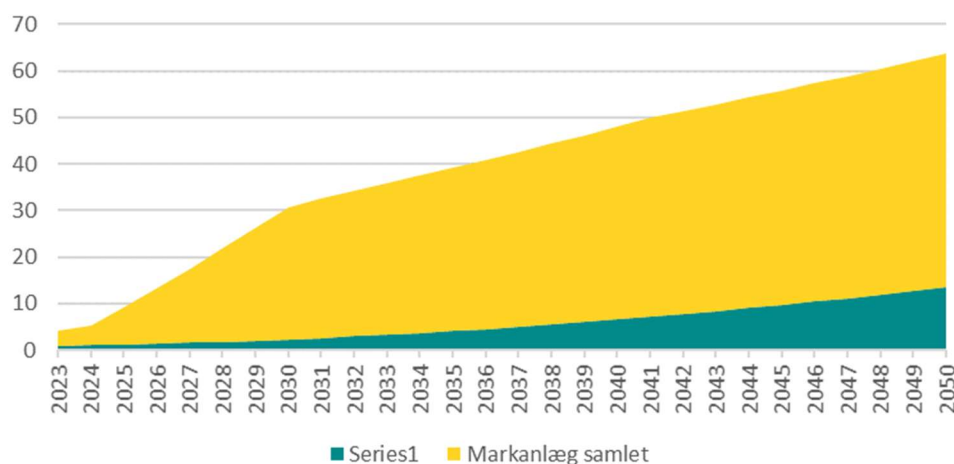
Figureerne herunder viser den samlede udvikling i kapacitet for og produktion fra solceller og landbaserede vindmøller i AF23. Fremskrivningen antager en markant stigning i både solcellekapacitet og produktion frem mod 2050. Med klimaaftale om grøn strøm og varme 2022 er der en målsætning om en firedobling af VE kapaciteten på land frem mod 2030. Firedoblingen forventes at underbygges af sol- og vindudbygningen.

### Samlet solcellekapacitet (MW, primo året)



Figur 1: Samlet solcellekapacitet i AF23 (MW, primo året). Markanlæg er opdelt i fikserede paneler og trackeranlæg.

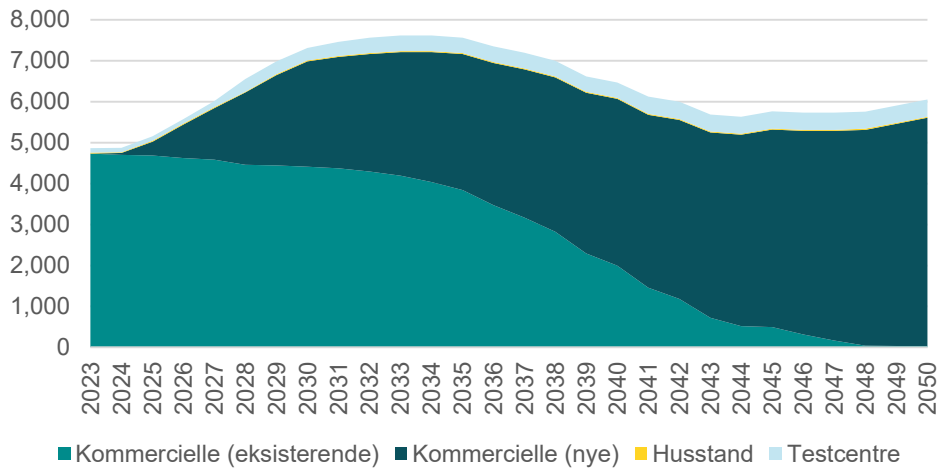
### Samlet solcelleproduktion (TWh, primo året)



Figur 2: Samlet produktion fra solceller i AF23 (TWh). Produktionen opgøres ved at gange kapacitet (primo året) med fuldlasttimer.

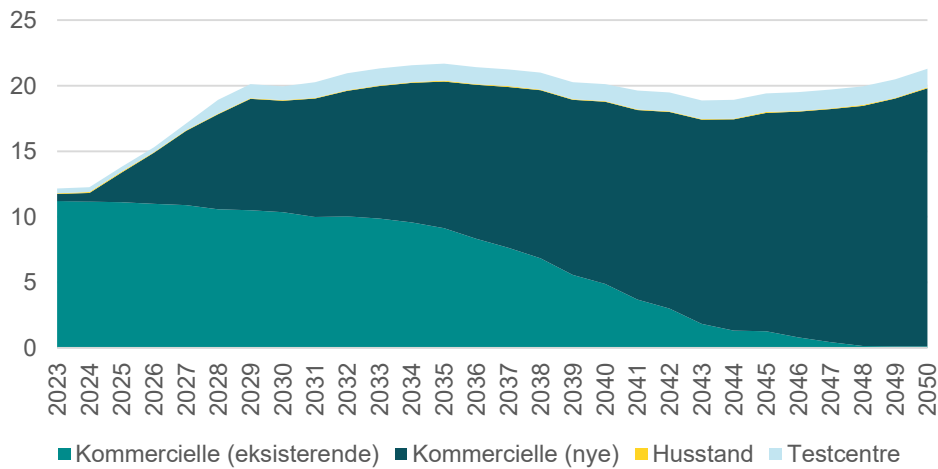


### Samlet landvindkapacitet (MW, primo året)



Figur 3: Samlet landvindkapacitet i AF23 (MW, primo året)

### Samlet landvindproduktion (TWh)



Figur 4: Samlet produktion fra landvind i AF23 (TWh). Produktionen opgøres ved at gange kapacitet (primo året) med fuldlasttimer.



## Metode og antagelser

### Solceller

Forudsætninger for solceller kan opdeles i markanlæg og taganlæg. Markanlæg er kommercielle solcelleanlæg, der er opstillet på terræn som f.eks. en mark. Taganlæg omfatter både kommercielle og private anlæg, der er installeret på tage, såsom huse eller erhvervsejendomme. Historisk set udgjorde markanlæg en mindre del af den samlede solcellekapacitet, men i de seneste år har markanlæg overgået taganlæggene i kapacitet. Denne tendens forventes at fortsætte.

I dette notat bruges kapacitet til at henvise til nettilsluttet kapacitet (også kendt som  $W_{ac}$  eller AC-kapacitet), så det kan sammenlignes med andre teknologier i elsystemet. I solcellebranchen angives kapaciteten normalt som den installerede modulkapacitet (også kendt som  $W_{dc}$  eller DC-kapacitet), som typisk er højere end den nettilsluttede AC-kapacitet. DC/AC forholdet er 1,1 ved taganlæg og 1,25 ved markanlæg.

I Analyseforudsætningerne for Energinet angives forløbene i primo kapacitet, hvilket betyder, at nyttilsluttede kapaciteter indgår i det efterfølgende år, efter at kapaciteten er etableret. Analyseforudsætningerne afviger fra Klimafremskrivningen som opgøres ultimo året.

#### *Nedtagning af eksisterende anlæg*

Energistyrelsens teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2022) vurderer, at levetiden for solcelleanlæg er 35 år eller længere, både for tag- og markbaserede anlæg. Der forventes ikke nogen væsentlig nedtagning før 2050.

#### *Produktion fra eksisterende og nye anlæg*

Energistyrelsens teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2023) angiver forventede antal fuldlasttimer for forskellige typer anlæg. Når det kommer til tagbaserede anlæg, skelnes der mellem husstands anlæg og kommercielle anlæg (f.eks. på taget af industrielle bygninger). For eksisterende kapacitet er der estimeret et gennemsnitligt antal fuldlasttimer for den samlede mængde af anlæg, i stedet for en opdeling efter forskellige anlægstyper. For anlæg, der blev installeret før 2020, anvendes et tal på 1.000 kWh/kW, målt ved inverter baseret på observationerne.

Antagelser om fuldlasttimer for nye anlæg fremgår af tabellen herunder. I teknologikataloget er fuldlasttimerne kun angivet for enkelte år (2020, 2030, 2040 og 2050), hvorfor der interpoleres i mellem de angivne år, som vurderes som retvisende grundet den kontinuerlige udvikling i teknologien.



*Tabel 1: Fuldlasttimer for nye anlæg målt ved inverter (kWh/kW).*

	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Husstandstaganlæg	1.061	1.172	1.184	1.197
Kommercielle taganlæg	1.111	1.228	1.241	1.254
Markanlæg (fikseret)	1.343	1.484	1.499	1.515
Markanlæg (tracker)	1.545	1.712	1.724	1.742

Udbygningen med enaksede trackeranlæg (henvises herefter til som 'trackeranlæg') forventes gennemsnitligt at ligge på 25% af den samlede udbygning fra markanlæg fra primo 2024. Det er bl.a. arealomkostninger og tilgængelig netkapacitet, der afgør valget mellem trackersystemer og fastmonterede fikserede markanlæg. Valget mellem systemerne bliver fastsat under projektplanlægningen, men kan ændre sig undervejs. Trackeranlæg har flere fuldlasttimer end tilsvarende fastmonterede fikserede markanlæg og en karakteristisk produktionsprofil med maksimal effekt før og efter middagstimerne. En større udbredelse af trackeranlæg kan være gavnlige for udnyttelsen af elnettet, da anlæggenes maksimale produktion opnås i flere timer og da produktionen udglattes relativt mere end for fastmonterede fikserede anlæg. Trackeranlæg kræver dog mere plads pga. en højere nødvendig afstand mellem modulrækkerne.

## Tagbaserede anlæg

### *Udbygning med nye anlæg*

Udbygning med nye taganlæg er i AF23 baseret på den historiske trend. Den samme tilgang har været anvendt i fremskrivningen af solcelletaganlæg i KF23. En øget udbygning af taganlæg i 2022 påvirker fremskrivningen og er med til at opjustere de fremtidige forventninger. Dvs. der er en øget forventning til udbygning af taganlæg sammenlignet med AF22.

På baggrund af udbygningen de seneste fem år er der lavet en ekstrapolation af den gennemsnitlige udbygningstrend i disse år. Det betyder, at kapaciteten øges fra ca. 750 MW i dag til ca. 2 GW i 2030, og 11 GW i 2050.

Som nævnt i AF22 blev identitetskravet i nettoafregningsbekendtgørelsen og øjeblikksafregningsbekendtgørelsen for egetforbrug af el fra vedvarende energi blev fjernet d. 30. juni 2021. Det åbner op for egetforbrug via tredje part, hvilket kan give anledning til en øget udbygning med solceller på industritage. Der er ikke medregnet en konkret effekt af tiltaget i AF23.



## Markanlæg

### *Udbygning med nye anlæg*

Udbygning med nye markanlæg forventes primært at ske på markedsvilkår, herunder med aftaler om afsætning af hele eller dele af produktionen gennem såkaldte PPA'er. Information om PPA'er er dog 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, og PPA'er indgår derfor i en samlet vurdering af udbygningen med nye anlæg. Det bemærkes, at når der ses mere end et par år frem i tiden, er udbygningen forbundet med væsentlig usikkerhed.

Projektøkonomien af anlæggene på marked afhænger dels af de forventede fremtidige teknologiomkostninger samt øvrige omkostninger (eksempelvis arealomkostninger og netomkostninger og -tariffer), og dels af den forventede fremtidige indtjening, herunder elprisen i markedet eller opnået gennem PPA'er. Elprisen i markedet og især den solvægtede elpris (afregningsprisen for sol) er behæftet med stor usikkerhed.

Der er mange hensyn forbundet med at udbygge med ny solcellekapacitet, bl.a. skal der findes et egnet areal, hvortil der skal opnås kommunal godkendelse.

Udbygningen på kort sigt frem mod 2030 er baseret på viden om konkrete projekter fra Energistyrelsens og Energinets oversigt over mulige VE-projekter i forskellige planlægningsfaser (henvises herefter til som 'pipeline'). Den anvendte pipeline er fra primo maj 2023.

### *Eksisterende parker og udbygning til primo 2024*

Udbygning til primo 2023 og årene før, dvs. eksisterende projekter, baseres på oplysninger fra stamdataregistret trukket ud 21. marts 2023. Tilvæksten til primo 2024 baseres primært på forventningerne til året.

Med Klimaaftalen af 22. juni 2020 blev det besluttet at indføre lovgivning der muliggør, at netvirksomhederne og Energinet kan opkræve geografisk differentierede tilslutningsbidrag og indfødningstariffer (producentbetaling). Producentbetalingen er sat i kraft fra primo 2023. Usikkerhed omkring niveauerne for tilslutningsbidrag og indfødningstariffer forventes at medføre en midlertidig nedgang i udbygningen, således at udbygningen i løbet af 2023 (som indgår i primo 2024) ligger på ca. 700 MW. Udbygningen i løbet af 2023 forventes primært at bestå af projekter, der har indgået bilaterale PPA'er og dermed har forpligtet sig til nettilslutning uanset usikkerheden om producentbetaling. Den geografiske opdeling af projekter antages at følge den historiske udbygning på omtrent 70/30 mellem DK1 og DK2.



Tabel 2: Kapacitet, der forventes at blive nettilsluttet i løbet af 2023 og regnes med fra 2024

Projekt	Medregnes fra	Placering	MW
Forventet udbygning	2024	DK1	490
Forventet udbygning	2024	DK2	210

### Udbygning fra primo 2025 til primo 2030

I løbet af 2024 forventes en væsentlig stigning i opstillingen af nye projekter, efter en nedgang i 2023.

Tabel 3: Udbygning i løbet af 2024 og som regnes med fra primo 2025. Baseret på pipeline data.

Periode (primo)	Årlig udbygning DK (MW)	Årlig udbygning DK1 (MW)	Årlig udbygning DK2 (MW)
2025	2600	1800	800

Den efterfølgende udbygning før 2030 (produktion medregnes fra primo 2026-2030) baseres på øvrige projekter i pipelinen fratrukket udbygning i primo 2022-2025.

Ud fra de projekter i pipelinen, der enten har en godkendt lokalplan, eller hvor der foreligger et lokalplansforslag, samt de projekter der er under forbedat/idéoplæg i kommunerne (henvises herefter til som projekter i 'kommunalt spor'), er der udarbejdet et estimat for forventet udbygning af disse. I fremskrivningen antages en fordeling i hhv. DK1 og DK2 svarende til den overordnede fordeling af projekter i pipelinen. Kapaciteter bliver glattet ud over den periode, som projekterne forventes at blive nettilsluttet i. For at tage højde for den forventede etablerings- og byggetid er perioden antaget at være tre år efter niveauet for producenttarifferne er fastsat.

Derudover er der ud fra de projekter i pipelinen, der har en underskrevet modningsaftale, en underskrevet screeningsaftale, eller som på anden vis har henvendt sig til et netselskab (henvises herefter til som projekter i 'netspor'), udarbejdet et overordnet estimat for forventet udbygning af disse. Projekter fordeles i DK1 og DK2 efter forekomst i det overordnede estimat fra pipelinen. Kapaciteter bliver fordelt ud over den forventede periode, som projekterne vil blive nettilsluttet i. Der tages højde for den forventede udviklingstid af projekterne ved at antage en periode på seks år (2025-2030), efter niveauet for producenttarifferne er



fastsat. Den seksårige periode er baseret på historiske observationer fra netselskaberne.

Det forventes, at en større andel af projekterne fra netsporet bliver nettilsluttet senere end projekterne fra det kommunale spor. Dette gør at den samlede årlige udbygning i Danmark ender på omtrent det samme niveau for alle årene 2026-2030.

*Tabel 4: Udbygning i løbet af 2025-2029, som regnes med fra primo 2026-2030*

Periode	Årlig udbygning (MW)	Årlig udbygning DK1 (MW)	Årlig udbygning DK2 (MW)
2026-2027 (primo)	2700	1900	800
2028-2030 (primo)	2600	2000	600

#### *Udbygning efter primo 2030*

Udbygningen efter primo 2030 baseres på en antagelse om, at andelen af elforbruget fra solceller forbliver konstant i den efterfølgende fremskrivning ift. stigningen i elforbruget, som ikke direkte udgøres af de PtX-anlæg, som forventes direkte forsynet af havvind. Elforbruget i AF23 i 2050 svarer til elforbruget i Klimaprogrammets (KP22) elscenarie i 2050. Det antages at elforbrugsstigningerne (eksklusiv de elforbrugsstigninger fra PtX, som antages direkte forsynet med yderligere havvind, og som beskrevet i baggrundsnotater om havvind, og PtX) efter primo 2030 vil dækkes af tilsvarende stigende mængder elproduktion fra solceller på mark svarende til samme andelsmæssige produktion som i 2030. Solcellers produktionsstigninger fra markanlæg følger derfor elforbrugsstigningerne. Denne tilgang fører til omtrent de udbygningsrater, som vises herunder. Den geografiske opdeling af projekter antages at følge den historiske udbygning på omtrent 70/30 mellem DK1 og DK2.

*Tabel 5: Udbygningen i løbet af 2030 frem mod 2050, som regnes med fra primo 2031*

Periode	Årlig udbygning (MW)	Årlig udbygning DK1 (MW)	Årlig udbygning DK2 (MW)
2031-2040 (primo)	800	550	250
2041-2050 (primo)	500	350	150





## Landvind

Forudsætninger for landvind skelner mellem kommercielle møller, forsøgsmøller opstillet på testcentre og husstandsmøller.

Ved eksisterende kommercielle møller forstås møller på land ekskl. forsøgsmøller opstillet på testcentre og husstandsmøller. Forsøgsmøller opstillet uden for testcentre medregnes under kommercielle møller, medmindre de er nævnt specifikt i enkelte år.

Ved forsøgsmøller opstillet på testcentre forstås møller på land opstillet på et af de to nationale testcentre, Østerild og Høvsøre, samt en beregningsteknisk antagelse om møller opstillet på et tredje testcenter, som der blev lavet en aftale om på Indenrigs- og boligministeriets område den 15. december 2021. Efter aftalen gennemføres en national screening med henblik på udpegning af egnede områder til et eventuelt tredje testcenter. I juni 2023 er det besluttet at foretage en ny screeningsproces for det tredje testcenter, hvor Plan- og Landdistriktsstyrelsen på ny gennemgår arealer, der hidtil er fravalgt, fx på grund af behov for ny vejinfrastruktur, landvinding og/eller flere ekspropriationer end oprindeligt tilstræbt. Det forventes at resultaterne af en fornyet screening kan præsenteres med udgangen af 2023.

Ved husstandsmøller forstås møller på land med en kapacitet på mindre end eller lig med 25 kW. Husstandsmøller udgør en meget lille del af den samlede landvindkapacitet.

Forløbene i Analyseforudsætningerne til Energinet er opgjort i primo-kapacitet, dvs. den udvidede kapacitet indgår i det efterfølgende år, efter kapaciteten etableres.

## Kommercielle møller

### *Levetider for eksisterende og nye møller*

Tidspunktet for hvornår en mølle tages ned afhænger af den økonomiske levetid. Når en mølle er ude af en given tilskudsordning er der to forhold, der afgør, om den nedtages. For det første vil forholdet mellem den forventede fremtidige markedspris på el og de forventede fremtidige omkostninger til drift og vedligehold afgøre, hvorvidt det kan betale sig at fortsætte mølledriften. For det andet afhænger det af, hvorvidt en mølle "står i vejen" for et fremtidigt mølleprojekt, da en del af møllerne netop tages ned for at gøre plads til nye møller. Historisk har det givet mening at nedtage møller tidligere end deres tekniske levetid, da man har kunnet erstatte dem med nyere og større møller med højere kapacitet. Tendensen forventes dog at flade ud på lang sigt, da der er begrænsninger for vindmøllestørrelsen på land. For så vidt angår antagelser om levetider for eksisterende møller skelnes der derfor mellem møller opstillet inden for og uden for et område, hvor der potentielt kan opstilles nye møller.



Antagelser om levetider for eksisterende møller baseres i lighed med AF22 og tidligere fremskrivninger på analysen udarbejdet i forbindelse med Basisfremskrivningen 2020, og der henvises derfor til notater herom for en uddybning af forudsætningerne (Energistyrelsen, Landvindanalyser, 2020). Antagelserne fremgår af tabellen herunder og anvendes for møller opstillet til og med 2021 (svarende til og med primo 2022 i fremskrivningen).

*Tabel 6: Antagelser om levetider for møller opstillet til og med 2021.*

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

Levetider for nye møller opstillet fra primo 2023 og frem baseres på data fra Energistyrelsens Teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2022), jf. tabellen herunder. Levetiden for nye møller kan afvige fra levetiden for eksisterende møller. Det skyldes primært, at teknologien nu er mere moden og der derfor findes større viden om levetiden af de forskellige komponenter. Modsat bliver moderne møllers design til stadighed optimeret med hensyn til vægt og materialer, hvilket kan øge risikoen for nedbrud og forkorte levetiden, hvilket gør at der er noget usikkerhed i levetidsantagelserne. Generelt forventes der dog en længere levetid for nye møller sammenlignet med eksisterende.

*Tabel 7: Antagelser om levetider for møller opstillet fra primo 2022 og frem.*

Periode	Levetid (år)
2022-2030 (primo)	27
2031-2050 (primo)	30

#### *Produktion fra eksisterende og nye møller*

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fuldlasttimer.

#### *Eksisterende møller opstillet frem til 2020*

For møller opstillet frem til primo 2020 anvendes observerede årlige fuldlasttimer, der er normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50. Vindåret er valgt



til 2008 i overensstemmelse med KF. Så vidt muligt er der anvendt et gennemsnit over 10 år (2012-2021)<sup>1</sup>. Fulldlasttimerne er beregnet for de 8 kategorier anvendt ift. antagelser om levetid, men med en yderligere opdeling på Østdanmark (DK2) og Vestdanmark (DK1), altså 16 kategorier i alt. Fulldlasttimerne fremgår af tabellen herunder.

*Tabel 8: Antagelser om fulldlasttimer for møller opstillet til og med 2019.*

Nr.	Størrelse	Placering ift. levetid	Placering ift. geografi	Fulldlasttimer (MWh/MW)
1	<= 599 kW – Vestas	Inden for potentielt område	DK1	2.350
			DK2	2.300
2	225 kW	Uden for potentielt område	DK1	2.250
			DK2	1.750
3	<= 599 kW – Øvrige	Inden for potentielt område	DK1	1.750
			DK2	1.700
4	møller	Uden for potentielt område	DK1	1.750
			DK2	1.600
5	600-1.499 kW	Inden for potentielt område	DK1	1.800
			DK2	1.950
6		Uden for potentielt område	DK1	1.950
			DK2	1.800
7	>= 1.500 kW	Inden for potentielt område	DK1	2.700
			DK2	2.950
8		Uden for potentielt område	DK1	2.450
			DK2	2.800

#### *Nye møller opstillet fra primo 2020 og frem*

For møller opstillet fra primo 2020 og frem baseres årlige fulldlasttimer på Energistyrelsens Teknologikatalog. Der skelnes ikke mellem møller i Østdanmark og Vestdanmark, da der ikke indgår data herom i teknologikataloget.

Fulldlasttimerne fremgår af tabellen herunder.

*Tabel 9: Antagelser om fulldlasttimer for nye kommercielle møller opstillet fra primo 2020 og frem.*

Periode (primo år)	Fulldlasttimer (MWh/MW)
2020-2025	3.400
2026-2030	3.500 <sup>2</sup>
2031-2040	3.600
2041-2050	3.700

<sup>1</sup> Kun år med fuld produktion anvendes.

<sup>2</sup> Data for 2025 er ikke en del af teknologikataloget, hvorfor gennemsnittet af 2020 og 2030 er anvendt.



## Udbygning med nye møller

### *Eksisterende parker og udbygning til primo 2030 ekskl. forsøgsmøller uden for testcentre*

Udbygningen på kort sigt er baseret på viden om konkrete projekter fra Energistyrelsens og Energinets oversigt over mulige VE-projekter i forskellige planlægningsfaser (henvises herefter til som 'pipeline'). Den anvendte pipeline er fra primo maj 2023.

Udbygning i løbet af 2023 (til primo 2024) baseres på allerede nettilsluttede projekter, som indgår i stamdataregistret, og øvrige projekter i pipelinen, der har indgået aftale om nettilslutning. De konkrete projekter fremgår af tabellen herunder.

*Tablet 10: Udbygning i løbet af 2023, som regnes med fra primo 2024, med de projekter, der har indgået aftale om nettilslutning.*

Projekt	Antagelser	Udvikler	Placering	MW
Nr. Økse Sø	Konstruktion er igangsat i 2023 og forventes i drift til primo 2024	Vattenfall	Jammerbugt (DK1)	40

Udbygning i årene 2024-2026 (medregnes fra primo 2025 - primo 2027) baseres på øvrige projekter i pipeline med en vedtaget lokalplan eller lokalplansforslag og et overordnet estimat af de projekter, der er under fordebat/idéoplæg i kommunerne (henvises herefter som projekter i 'kommunalt spor'). Projekterne fordeles mellem årene på baggrund af, hvor langt projekterne er i planlægningsprocessen. Projekter, der er længst i planlægningsprocessen, etableres først. Antaget fordeling mellem etablering samt geografisk fordeling mellem Vest- (DK1) og Østdanmark (DK2) fremgår af tabellen herunder.

Derudover er der ud fra de projekter i pipelinen, der har en underskrevet modningsaftale, en underskrevet screeningsaftale, eller som på anden vis har henvendt sig til et netselskab (henvises herefter som projekter i 'netspor'), udarbejdet et overordnet estimat for forventet udbygning af disse. Projekter fordeles i DK1 og DK2 efter forekomst i det overordnede estimat fra pipelinen. Kapaciteter bliver fordelt ud over den forventede periode, som projekterne vil blive nettilsluttet i, som er de efterfølgende seks år (2025-2030), efter niveauet for producenttarifferne blev fastsat ved at tage højde for den forventede udviklingstid af projekterne i sporet, og som er baseret på historiske observationer fra netselskaberne.

Den samlede udbygning af nye kommercielle møller er præsenteret i tabellen nedenfor.

*Tabel 11: Udbygning i løbet af 2023-2029, som regnes med fra primo 2024-2030*

År	Placering	MW (afrundet til nærmeste 5)
2024 (primo)	DK1	40
2024 (primo)	DK2	0
2025 (primo)	DK1	270
2025 (primo)	DK2	40
2026 (primo)	DK1	410
2026 (primo)	DK2	60
2027 (primo)	DK1	395
2027 (primo)	DK2	75
2028 (primo)	DK1	370
2028 (primo)	DK2	80
2029 (primo)	DK1	370
2029 (primo)	DK2	80
2030 (primo)	DK1	300
2030 (primo)	DK2	60

### *Udbygning efter primo 2030*

Udbygningen efter primo 2030 baseres på en antagelse om, at andelen af elforbruget, der dækkes fra nye kommercielle møller forbliver konstant i den efterfølgende fremskrivning under hensyntagen til den stigning i elforbruget, som ikke udgøres af PtX-anlæg, som forventes direkte forsynet af havvind. Efter 2030 baseres fremskrivningen ikke på konkrete pipeline projekter. Møllestørrelser af de mængder, som ikke tilknyttes konkrete projekter, baseres på data fra Energistyrelsens Teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog, 2020).

Elforbruget i AF23 i 2050 svarer til elforbruget i Klimaprogrammets (KP22) elscenarie i 2050. Landvindens produktionsstigninger fra nye kommercielle møller følger derfor disse elforbrugsstigninger tilsvarende. Denne tilgang fører til de udbygningsrater, som vises herunder. Den geografiske opdeling af projekter antages at følge den historiske udbygning på omtrent 80 pct. i DK1 og 20 pct. i DK2. Møllestørrelser baseres på data fra Energistyrelsens Teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog, 2020), hvilket giver en udbygning målt i antal som angivet i tabellen herunder.



Tabel 12: Antagelser om årlig udbygning fra 2030 og frem (medregnes fra primo 2031 og frem).

Periode	Årlig udbygning (MW)	Møllestørrelse (MW/mølle)	Årlig udbygning, afrundet til nærmest 5 (stk.)
2031-2040	150	5,0	30
2041-2050	150	5,5	25

#### Udbygning med forsøgsmøller uden for testcentre

Udbygning med forsøgsmøller uden for testcentre baseres på de aftalte puljer for årene 2020-2022. Da Energistyrelsen ingen ansøgninger modtog til puljer i 2021 og 2022 antages ingen udbygning på baggrund af disse.

Tabel 13: Udbygning med forsøgsmøller uden for testcentre (drift medregnes efter en toårig etableringsfase fra primo 2023-2025).

Pulje	Placering	Kapacitet (MW)
2020 (medregnes primo 2023)	DK1	30
2021 (medregnes primo 2024)	DK1	0 <sup>3</sup>
2022 (medregnes primo 2025)	DK1	0 <sup>4</sup>

Med klimaaftalen af 22. juni 2020 blev det besluttet at reservere midler til støtte til forsøgsmøller i 2022-24 for at styrke forskning- og udviklingsaktiviteter inden for vindenergi. Med Klimaaftalen om grøn strøm og varme af 25. juni 2022 blev det aftalt at omlægge de nuværende to driftsstøtteordninger henholdsvis inden for og uden for de nationale testcentre til én samlet investeringsordning for forsøgsmøller på land. Hjemlen er udmøntet med en bekendtgørelse for investeringsstøtte til forsøgsmøller på land, der er udstedt, og som trådte i kraft d. 2. juni 2023. Bekendtgørelsen omfatter både forsøgsvindmøller på land inden for de nationale testcentre og forsøgsmøller uden for de nationale testcentre. Metoden er uændret ift. AF22.

<sup>3</sup> Puljen var på 30 MW men Energistyrelsen modtog ingen ansøgninger.

<sup>4</sup> Puljen var på 30 MW men Energistyrelsen modtog ingen ansøgninger.



## Forsøgsmøller på testcentre

### *Produktion fra eksisterende og nye møller*

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fuldlasttimer. Møller på testcentre driftes ikke som almindelige kommercielle møller, og der vil bl.a. også være kortere eller længere perioder, hvor der foretages udskiftninger af vindmøller på testpladserne. Der anvendes en simpel antagelse om 3.400 årlige fuldlasttimer for møller på testcentrene, svarende til den antagelse, der ligger til grund for beregninger relateret til tilskudspuljen (2018-2022) for forsøgsmøller på testcentre.

### *Udbygning med nye møller*

For så vidt angår forsøgsmøller på testcentrene, Østerild og Høvsøre, blev det med Klimaaftalen af 22. juni 2020 besluttet at reservere midler til støtte til forsøgsmøller i 2022-24 for at styrke forskning- og udviklingsaktiviteter inden for vindenergi. I 2022 blev der etableret en pulje på 60 MW, hvori der kom projektansøgninger for 25,4 MW. I fremskrivningen, får det ikke en effekt da det antages at de nuværende forsøgsmøller på testcentrene vil fortsætte i drift. Med aftalen blev det som nævnt i afsnittet ovenfor om udbygning af forsøgsmøller uden for de nationale testcentre aftalt at omlægge de nuværende to driftsstøtteordninger henholdsvis indenfor og uden for de nationale testcentre til én samlet investeringsordning for forsøgsmøller på land. Der er afsat midler til ordningen på 81 mio. kr. hvert af årene 2023 og i 2024.

Ifm. aftale på Indenrigs- og boligministeriets område om gode rammevilkår for forsøgsmøller d. 15. december 2021 blev derudover aftalt, at der skal screenes for et eventuelt tredje testcenter og egnede områder til test af serie-0 vindmøller<sup>5</sup>. Arbejdet omkring screeningen for et evt. tredje testcenter, pågår pt. i regi af Kirkeministeriet. I screeningen er der set på mulighederne for at finde egnede placeringer til op til otte standpladser.

Beregningsteknisk baseres fremskrivningen på antal testpladser og antaget gennemsnitlig møllestørrelse pr. testcenter. På Østerild testes fortrinsvis havmøller, mens der på Høvsøre fortrinsvis testes landmøller. Den gennemsnitlige møllestørrelse er derfor lavere på Høvsøre end på Østerild. Højdebegrænsningen på Høvsøre er i dag 200 m. Bolig- og Planstyrelsen (BPST) arbejder på tilpasning af Høvsøre testcentret med henblik på at kunne teste vindmøller op til 275 m samtidig med, at to af de nuværende syv pladser nedlægges. D. 22 juni 2023 er et udkast til lovforslag vedr. tilpasning af Høvsøre Testcenter for vindmøller sendt i

---

<sup>5</sup> Nærmere information: Indenrigsministeriet, *Udmøntning af delelementer i aftale om Gode rammevilkår for forsøgsmøller af 15. december 2021*. 2022:

<https://im.dk/Media/637913235129072843/Aftale%20om%20udm%3%b8ntning%20af%20delelementer%20i%20aftale%20om%20Gode%20rammevilk%3%a5r%20for%20fors%3%b8gsm%3%b8ller%20af%2015.%20dec.%202021.pdf>



offentlig høring. Det antages her, at en tilpasning af Høvsøre med reduceret pladser fra 7 til 5 i givet fald tidligst sker i primo 2025.

I AF23 er der antaget, at der i et evt. tredje testcenter primært testes havmøller, da affaleteksten lægger op til, at der screenes for møller med en højdebegrænsning på 450m, hvorimod fx Østerilds højdebegrænsning, hvor både havmøller og landmøller testes, i dag er 330m for standpladserne 2-8, samt 250m for standplads 1 og 9. Det antages i fremskrivningen, at driften i et evt. tredje testcenter starter primo 2028. Arbejdet omkring screeningen er dog blevet forsinket og arbejdet pågår fortsat.

Det bemærkes, at selv med en tidshorisont, der strækker sig ganske få år frem i tiden, er udbygningen forbundet med væsentlig usikkerhed. På testcentrene antages der en gradvis indfasning af større møller. Antagelserne, der skeler til udviklingen i møllestørrelser i Energistyrelsens Teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog, 2022), fremgår af tabellen herunder. Der skal bemærkes, at møllerne installeret i testcentrene forventes at være større end de samtidig tilgængelige kommercielle møller. Da der på testcentrene vil være kortere og længere perioder, hvor der skiftes ud i møllerne på standene, vil kapacitetsudnyttelse være behæftet med betydelig usikkerhed.

*Tabel 14: Antagelser om forsøgsmøller på testcentre.*

Testcenter og år (primo)	Antal pladser (stk.)	Gennemsnitlig møllestørrelse (MW/mølle)	Kapacitet (MW, afrundet til nærmeste 10)
Østerild (2023-2025)	9	8	70
Østerild (2026-2030)	9	12	110
Østerild (2031 og frem)	9	16	140
Høvsøre (2023-2024)	7	5,0	40
Høvsøre (2025-2030)	5	8	40
Høvsøre (2031 og frem)	5	8	40
Testcenter 3 (2028-2030)	8	20	160
Testcenter 3 (2031-2040)	8	25	200
Testcenter 3 (2041-2050)	8	30	240

### Husstandsmøller

#### *Produktion fra eksisterende og nye møller*

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fuldlasttimer. Produktionen fra husstandsmøllerne baseres på en antagelse om 2.385 årlige fuldlasttimer baseret på observerede fuldlasttimer. Disse antagelser er uændret ift. KF23.





### *Udbygning med nye møller*

Husstandsmøller udgør en meget lille del af den samlede landvindkapacitet. Der er i dag ca. 22 MW installeret, hvilket antages at stige med ca. 0,1 MW årligt i hele fremskrivningsperioden.

## **Energiparker**

I fremskrivningen af land VE kapacitet er der inkluderet en forventning om en firedobling af elproduktionen fra landvind og sol frem mod 2030 jf. den politiske ambition i klimaaftalen om grøn strøm og varme dateret 25. juni 2022. De mulige energiparker indgår i den samlede fremskrivning af VE på land og dermed i firedoblingen frem mod 2030.

VE kapaciteter som følge af energiparker tages med i AF fremskrivningen. Dog med det forbehold at det på nuværende tidspunkt, givet det tidlige stadie af arbejdet med energiparker på land, er en udfordring at kvantificere den specifikke effekt isoleret i AF23. Derfor bør vurderingen i AF23 betragtes i lyset af den samlede antagne kapacitetsudvidelse og ikke som en uafhængig vurdering.

I den nuværende fordeling antages 80% produktion i Vestdanmark (DK1) og 20% i Østdanmark (DK2), baseret på historiske data. Det er endnu ikke fastlagt, hvor de mulige energiparker vil blive placeret.

## **Usikkerhed**

### **Udbygning af vind og sol på land**

Udbygningen af både solcelleanlæg og kommercielle landvindmøller er forbundet med usikkerhed, både på kort og lang sigt. Udbygningen med markanlæg har derudover stigende betydning for sammensætningen af elproduktionen i Danmark.

Der er i forbindelse med Klimaafale om grøn strøm og varme fra juni 2022 truffet beslutning om en række nye tiltag, som forventes at fremme VE-udbygningen på sigt. Disse initiativer er imidlertid fortsat på et stadie, at det er vanskeligt at kvantificere tiltagenes individuelle effekter i AF23. Tiltagene indgår derfor i den samlede vurdering af udbygningen med nye anlæg.

Faktorer som modstand i lokalområder, eller lavere afregningspriser og markedsværdi på elmarkedet ved en øget udbygning af solceller kan have en negativ effekt på, hvor mange udviklere, der kan realisere deres projektportefølje, og dermed i hvilket omfang det overordnede estimat fra pipelinen vil blive etableret. På den anden side er pipelinen vokset i de sidste år som udtryk for en stigende interesse på området og en forventning fra udviklerne om, at flere projekter kan realiseres end tidligere.



Derudover kan den øgede bevågenhed om klimadagsordenen have en fremmende effekt på udbygningen.

For solceller kan arealomkostninger fremover spille en større rolle i økonomien, og dermed udbygningen af markanlæg, idet der kan observeres priser for lejeaftaler af arealer der er flere gange højere for solcelleanlæg, sammenlignet med landbrugsaktiviteter og øget kommercialisering af arealforpagtninger og lignende. Dette kan føre til højere udgifter til udvikler i takt med evt. genplaceringer af anlæg, bl.a. i forbindelse med de geografisk differentierede tilslutningsbidrag og indfødningsstariffer.

En anden påvirkning af prisen på areal gælder for trackeranlæg, hvis elproduktionsomkostninger ifølge Energistyrelsens LCoE-beregner<sup>6</sup> er på overordnet samme niveau som for fastmonterede fikserede markanlæg. Trackeranlæg er til gengæld mere følsomme over for arealprisændringer, da trackeranlæg har et højere arealforbrug per opstillet kapacitet. Med en højere andel af trackeranlæg i den samlede udbygning af markanlæg kan der dog opnås andre gevinster, f.eks. gennem en mere effektiv udnyttelse af elnettet pga. flere fuldlasttimer.

Flere eller alternative indtægtsstrømme ud over salget af produktionen på elmarkedet kan også være med til at forbedre økonomien i store solcelleanlæg. Baseret på de hidtidige indgåede PPA'er i Danmark ser det ud til, at solcellemarkanlæg er mere attraktive for PPA'er end kommercielle vindmøller, bl.a. grundet deres gennemsnitligt kortere etableringstid, men der er usikkerhed om, hvor stort potentialet for PPA-markedet bliver på længere sigt.

Udbygningen på lang sigt er behæftet med betydelig usikkerhed, hvilket bl.a. skyldes, at udbygningen metodisk direkte afhænger af de antagne elforbrugsstigninger. Alternative antagne forbrugsstigninger vil metodisk medføre alternative udbygningsforløb af solcellemarkanlæg, hvorfor fremskrivningen i denne analyse skal ses som et centralt bud, som vil skulle suppleres med følsomheder af alternative udbygningsrater afhængigt af de udfaldsrum, som bl.a. store elforbrugere giver anledning til, og som er beskrevet i de øvrige baggrundsnotater.

Det er observeret, at udbygningen af taganlæg i det seneste stykke tid har fået en stigende efterspørgsel, som metodisk indgår som delelement i den samlede vurdering af udbygningen af solceller på tage. Det er usikkert, om denne øgede efterspørgsel bliver ved på længere sigt, men i så fald vil det give sig udslag i højere udbygningsrater.

---

<sup>6</sup> Energistyrelsen, LCoE-beregner: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/analyser/analyse-af-elproduktionsomkostninger>. Teknoøkonomiske data er baseret på Energistyrelsens Teknologikatalog.



### Levetid af vindmøller

Levetiden for eksisterende kommercielle møller er forbundet med usikkerhed og har samtidig stor betydning for udfasningen af disse møller. Energistyrelsens bud på parametervariationer af levetiden, som er uændret ift. AF22, fremgår af tabellen herunder.

*Tabel 15: Parametervariationer af levetiden for eksisterende kommercielle møller.*

Nr.	Størrelse	Placering	Lavere levetid	KF22	Højere levetid
1	<= 599 kW – Vestas 225 kW	Inden for potentielt område	30	35	40
2		Uden for potentielt område	35	40	45
3	<= 599 kW – Øvrige møller	Inden for potentielt område	30	30	35
4		Uden for potentielt område	30	35	40
5	600-1499 kW	Inden for potentielt område	30	35	40
6		Uden for potentielt område	35	40	45
7	>= 1500 kW	Inden for potentielt område	25	25	30
8		Uden for potentielt område	25	25	30

### Usikkerhed i produktion

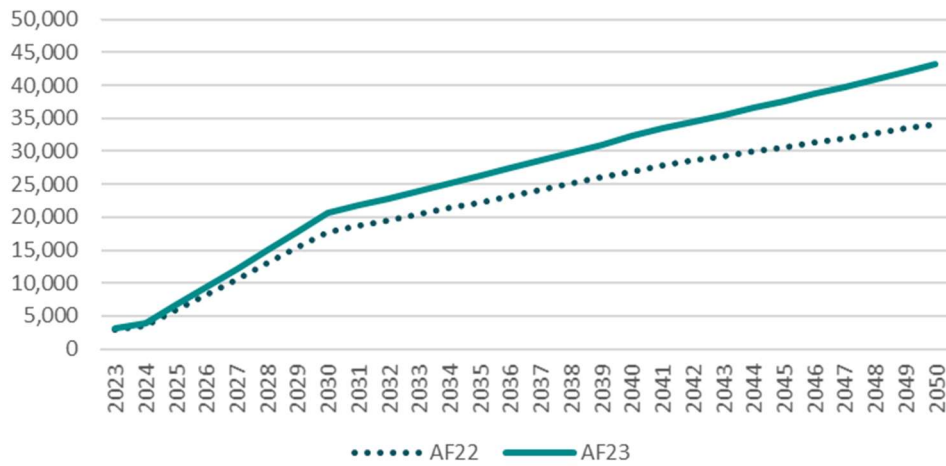
Produktionen fra eksisterende møller er også behæftet med usikkerhed, da beregningen af fuldlasttimer baseres på en historisk opgørelse og observationer. En stigende faktor i produktionen af eksisterende møller er den nedregulering, som er forbundet med den modhandel der i dag finder sted mellem Energinet og den tyske TSO TenneT ved specialregulering. Den nye markedsmodel for modhandel, som fremover kan ske på intraday-markedet, vil formentligt betyde en mindre nedregulering af danske vindmøller og dermed højere fuldlasttimer end observeret de seneste år.

### Ændringer ift. AF22

Figureerne herunder viser den samlede solcellekapacitet i hhv. AF23 og AF22 ift. kapacitet (MW). Der er opjusteringer på den forventede solcelleudbygning, blandt andet på baggrund af øget udbygning af taganlæg.

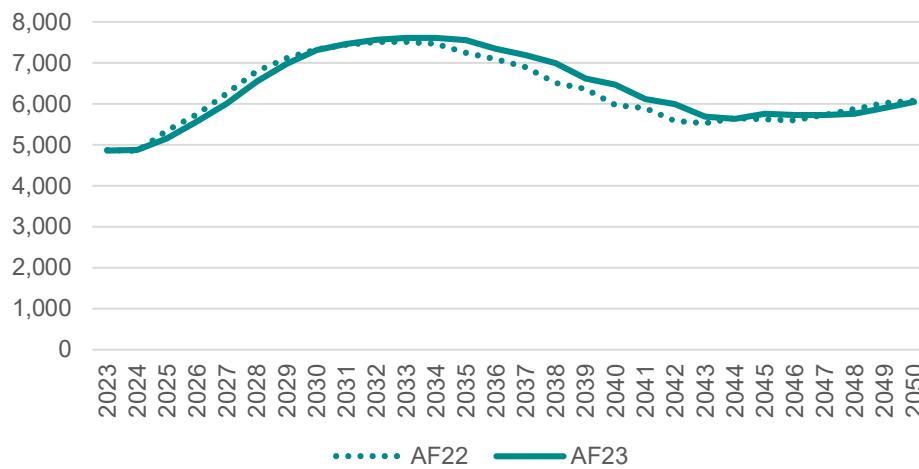


### Samlet solcellekapacitet (MW, primo året)



Figur 5: Samlet solcellekapacitet i AF22 og AF23 (MW, primo året)

### Samlet landvindkapacitet (MW, primo året)



Figur 6: Samlet landvindkapacitet i AF22 og AF23 (MW, primo året)