



Klimastatus og –fremskrivning 2021 (KF21):

Landvind

Forudsætningsnotat nr. 4C

Opdatering juni 2021: Opdaterede værdier i tabel 1 og 7 pba. statistik

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
25-06-2021

J nr. 2020-14797

CHWO/IMRN

Indholdsfortegnelse

1. KF21 forløbet frem mod 2030	2
2. Metode og antagelser bag KF21 forløbet	3
2.1 Generelle antagelser og metode	3
2.2 Frozen policy antagelser til KF21	10
3. Kvalificering af KF21 forløbet.....	10
3.1 Sammenligning med BF20	10
3.2 Usikkerhed	11
3.3 Planlagt udvikling frem mod KF22	12
4. Kilder	13

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

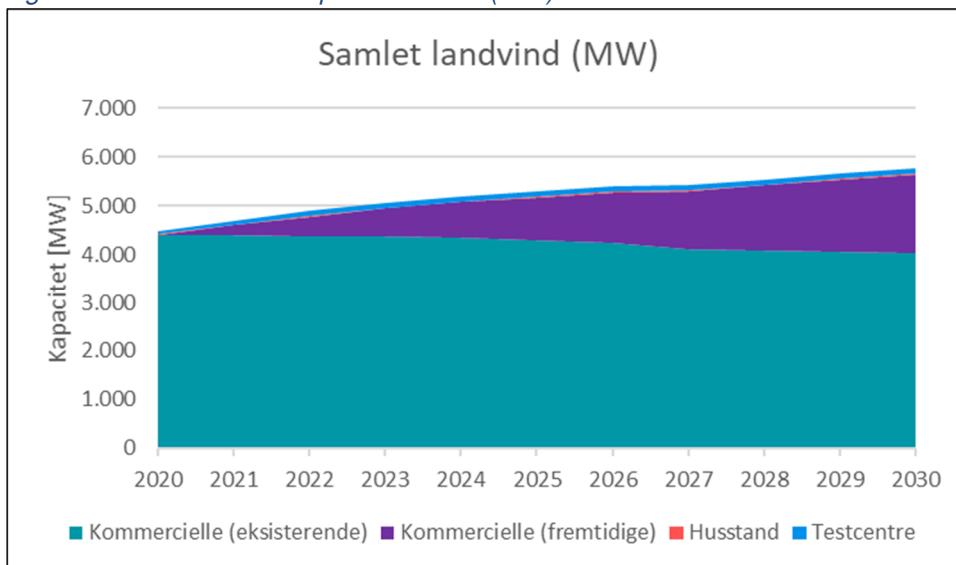
T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk

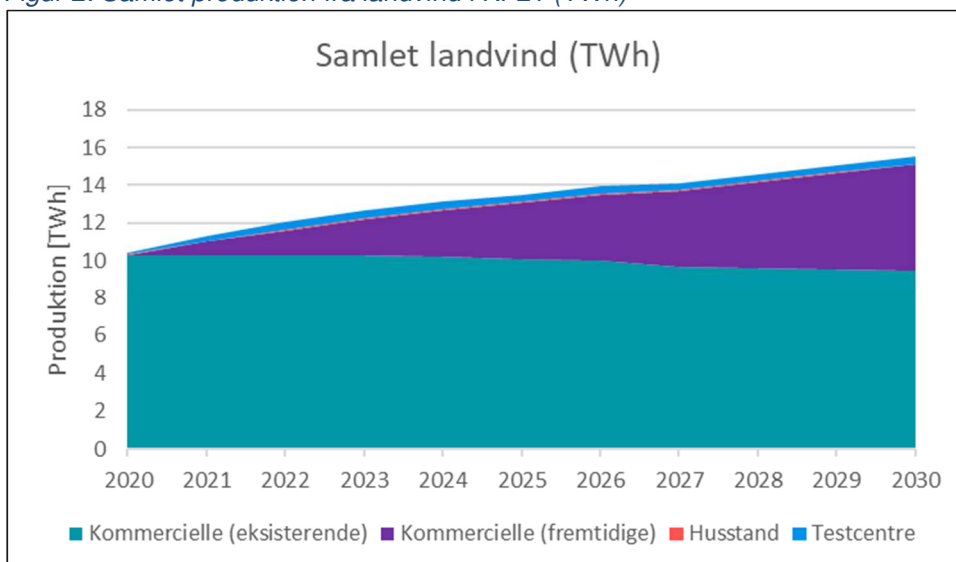
1. KF21 forløbet frem mod 2030

Figureerne herunder viser den samlede udvikling i kapacitet for og produktion fra landvind i KF21. Forudsætningerne antager en stigning i både kapacitet og produktion frem mod 2030.

Figur 1: Samlet landvindkapacitet i KF21 (MW)



Figur 2: Samlet produktion fra landvind i KF21 (TWh)





2. Metode og antagelser bag KF21 forløbet

2.1 Generelle antagelser og metode

Forudsætninger for landvind skelner mellem kommercielle møller, forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre, og husstandsmøller.

Ved eksisterende kommercielle møller forstås møller på land ekskl. forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre og husstandsmøller. Det betyder, at eksisterende 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.

Forsøgsmøller inden for de to nationale testcentre, Østerild og Høvsøre, baseres på oplysninger fra stamdataregistret. Fremskrivningen af disse baseres på antal testpladser og antaget gennemsnitlig møllestørrelse pr. testcenter.

Husstandsmøller er defineret som møller med en kapacitet på mindre end eller lig med 25 kW. Husstandsmøller udgør en meget lille del af den samlede landvindkapacitet.

Kommercielle møller

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 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 holde liv i møllen eller om det bedre kan betale sig at tage den ned. For det andet 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 (repowering).

I forbindelse med sidste års Basisfremskrivning (BF20) og Analyseforudsætninger til Energinet (AF20) bad Energistyrelsen EMD International A/S (EMD) udarbejde en analyse af forventede driftsomkostninger og levetider for eksisterende møller på land. Rapporten fokuserede på møller i størrelsen 600-1499 kW samt Vestas 225 kW, som er de kategorier, der er flest møller i drift af. Rapporten konkluderede, 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 konkluderede 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 vurderedes det dog, at man vil se en hel del blive pillet ned de kommende år, dette er dog ikke vurderet nærmere i rapporten. EMD's analyse blev desuden kvalitetstjekket af Nordic Wind Consultants (NWC), som var enig i

rapportens konklusioner, men påpegede at det ikke vil være alle møller, der lever til de bliver 50 år. NWC vurderede en gennemsnitlig levetid på lige under 40 år.

Potentialemodellen

Med Energistyrelsens potentialemodel for landvind i Danmark blev der i forbindelse med BF20 og AF20 udarbejdet en opdateret vurdering af potentielle områder for fremtidige placeringer af møller. Notat herom kan findes på Energistyrelsens hjemmeside¹.

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.

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. Antagelserne er identiske med antagelserne i BF20 og AF20 og der henvises derfor til notater herom for en uddybning af forudsætningerne². Gennemsnitsalderen, antallet af møller og kapacitet i MW angivet i tabellen herunder er baseret på oplysninger fra stamdataregistret med skæringsdatoen 31/12-2020.

¹ <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/baggrundsbilag-til-fremskrivninger>

² Fremskrivning af antal vindmøller på land:

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/udfasning_af_eksisterende_vindmoeller_paa_land.pdf

EMDs analyse: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/bilag_1_-_rapport_fra_emd_international_as.pdf

Landvind-potentialemodellen:

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/beskrivelse_af_potentialemodellen_for_landvind.pdf



Tabel 1: Antagelser om levetid for eksisterende møller.

Nr.	Størrelse	Placering	Gennemsnitsalder (år)	Antal	MW	Antaget levetid (år)
1	<= 599 kW – Vestas 225 kW	Inden for potentielt område (repower)	26,8	13	3	35
2		Uden for potentielt område	27,0	145	33	40
3	<= 599 kW – Øvrige møller	Inden for potentielt område (repower)	27,2	151	52	30
4		Uden for potentielt område	29,0	572	155	35
5	600-1499 kW	Inden for potentielt område (repower)	22,2	756	575	35
6		Uden for potentielt område	22,1	1.673	1.210	40
7	>= 1500 kW	Inden for potentielt område (repower)	8,5	563	1.553	25
8		Uden for potentielt område	9,9	263	720	25

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.

Udbygning på kort sigt (2021-2024)

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 med mindre der findes tilgængelige oplysninger, der tilsiger noget andet. De konkrete projekter fremgår af tabellen herunder og er dels baseret på faktaark offentliggjort i forbindelse med afgørelsen af de to udbud³ samt nyeste vurdering af forventet realiseret kapacitet (realiseret kapacitet kan afvige fra vundet kapacitet).

³ <https://ens.dk/service/aktuelle-udbud/teknologineutrale-udbud>



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

Udbud	Medregnes fra	Udvikler	Placering	MW	Bemærkning
2018	2020	NRGi Wind V A/S	Thisted (DK1)	28,8	Nettilslutning i andet halvår 2020. Indgår dermed under eksisterende møller.
2018	2020	K/S Thorup-Sletten	Jammerbugt og Vesthimmerland (DK1)	77,4	Nettilsluttet første halvår 2020.
2018	2020	Eurowind Energy A/S	Randers (DK1)	59,3	Nettilsluttet andet halvår 2020.
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	

Kilde: (Energistyrelsen, Teknologineutrale udbud, 2019)

Udbygning i årene 2022-2024 baseres på øvrige projekter i pipeline med en bankgaranti, nettilslutningsaftale, vedtaget lokalplan eller lokalplansforslag. Ultimo november 2020 svarer det til ca. 465 MW. Projekter, der er længst i planlægningsprocessen, etableres først. Der antages en nogenlunde ligelig fordeling mellem årene. Antaget fordeling mellem etablering i 2022, 2023 og 2024 samt geografisk fordeling mellem Vest- (DK1) og Østdanmark (DK2) fremgår af tabellen herunder.



Tabel 3: Projekter i pipeline, der antages etableret i 2022-2024.

År	Placering	Antaget MW
2022	DK1	153
2022	DK2	1,5
2023	DK1	155
2023	DK2	0
2024	DK1	135
2024	DK2	20

Udbygning på længere sigt (fra 2025 og frem)

På længere sigt antages en gennemsnitlig udbygning på 150 MW årligt, hvilket flugter med de to afholdte udbud i 2018 og 2019 samt med den forventede årlige udbygning på kort sigt ud fra projekter i pipeline. Møllestørrelser baseres på data fra Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog (Energistyrelsen, Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2020), hvilket giver en udbygning målt i antal som angivet i tabellen herunder.

Tabel 4: Antagelser om årlig udbygning fra 2025 og frem.

Periode	Årlig udbygning (MW)	Møllestørrelse (MW/mølle)	Årlig udbygning, afrundet til nærmest 5 (stk.)
2025-2030	150	4,5	35

Den geografiske placering er forbundet med stor usikkerhed. Der antages en fordeling med 90 pct. i Vestdanmark (DK1) og 10 pct. i Østdanmark (DK2).

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 2018-2021. Møllerne regnes med fra hhv. 2020-2023. Antagelserne fremgår af tabellen herunder og er baseret på de projekter, der har fået tilsagn, i årene 2018-2019. For puljerne fra 2020-2021 er det ikke afklaret, om placeringen vil være i DK1 eller DK2, men projekterne antages at blive opstillet i DK1.

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

Pulje	Medregnes fra	Placering	MW
2018	2020	DK1	10
2019	2021	DK1	16,2
2020	2022	DK1	30
2021	2023	DK1	30

Med klimaaftalen af 22. juni blev det besluttet, at reservere midler til støtte til forsøgsmøller i 2022-24 for at styrke forskning- og udviklingsaktiviteter inden for

vindenergi. Det er endnu ikke fastlagt hvordan test af vindmøller skal støttes fra 2022. Fra 2022 antages udbygningen derfor at være en del af den generelle udbygning af de kommercielle møller.

Levetid for nye møller

Levetid for nye møller baseres på data fra Energistyrelsen og Energinets Teknologikatalog, jf. tabellen herunder. Levetiden for nye møller kan afvige fra levetiden fra eksisterende møller, da mølleteknologien er anderledes.

Tabel 6: Antagelser om levetid for nye møller.

Periode	Levetid (år)
2020-2030	27

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 der anvendt et gennemsnit af de seneste 10 år (2011-2020). 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.



Tabel 7: Antagelser om fuldlasttimer for eksisterende møller.

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	2.300
2		Uden for potentielt område	DK1	2.200
			DK2	1.700
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	1.800
			DK2	2.000
6		Uden for potentielt område	DK1	1.950
			DK2	1.800
7	>= 1.500 kW	Inden for potentielt område (repower)	DK1	2.750
			DK2	3.000
8		Uden for potentielt område	DK1	2.650
			DK2	2.800

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.

Tabel 8: Antagelser om fuldlasttimer for nye møller.

Periode	Fuldlasttimer (MWh/MW)
2021-2024	3.400
2025-2030	3.500 ⁴

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 ultimo november 2020 har kun 8 ud af 9 pladser været 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 ultimo november 2020 er de nye pladser endnu ikke blevet taget i brug. Der antages en fremtidig

⁴ Data for 2025 er ikke en del af teknologikataloget, hvorfor gennemsnittet af 2020 og 2030 er anvendt.



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 2019. 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. herunder.

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

	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)
Østerild (2020)	41	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

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. Antagelser om kapacitet og produktion er uændret ift. BF20.

2.2 Frozen policy antagelser til KF21

Udbygningen antages i høj grad at ske på markedsvilkår. Puljen fra det teknologineutrale udbud 2020 og 2021 indgår i fremskrivningen af nye kommercielle møller som én af flere finansieringsmuligheder for projekterne, som nævnt under afsnit 2.1. Det forventes, at de projekter, der vil deltage i de teknologineutrale udbud 2020 og 2021, allerede befinder sig i pipelinen, og derfor indgår i den samlede fremskrivning af kommercielle møller.

3. Kvalificering af KF21 forløbet

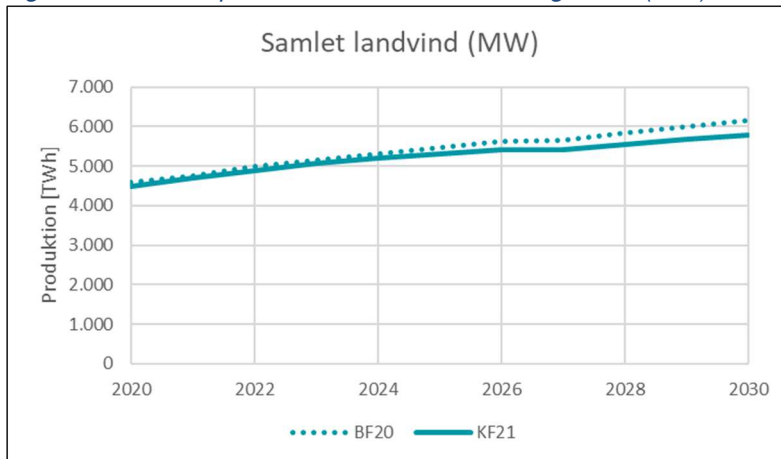
3.1 Sammenligning med BF20

Figureerne herunder viser den samlede kapacitet og produktion fra landvind i hhv. KF21 og BF20 i MW og TWh. Forløbene er opgjort i ultimo kapacitet, dvs. den udvidede kapacitet indgår i det år, det udvides.

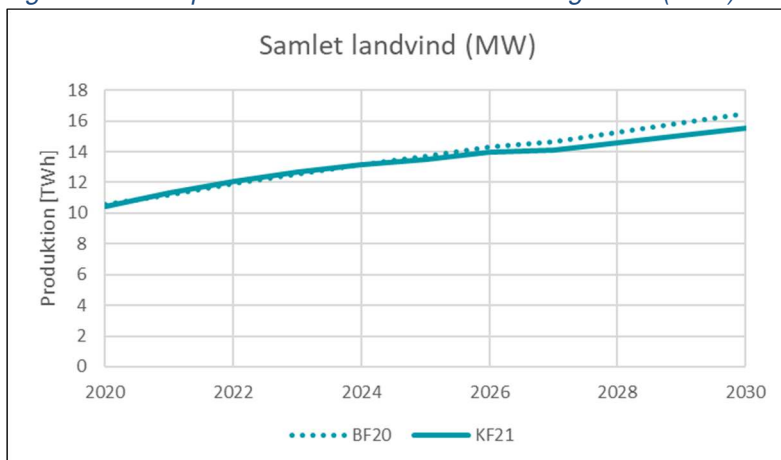
Forskellen mellem BF20 og KF21 skyldes hovedsageligt en nedjustering af forventet udbygning med ny kapacitet. I BF20 blev denne fastsat ud fra den

historiske udbygning de seneste 10 år, mens den i KF21 er fastsat ud fra projekter, der allerede har vundet udbud, samt projekter i pipeline.

Figur 3: Samlet kapacitet fra landvind i BF20 og KF21 (MW)



Figur 4: Samlet produktion fra landvind i BF20 og KF21 (TWh)



3.2 Usikkerhed

Levetiden for eksisterende kommercielle møller er forbundet med stor usikkerhed og har samtidig stor betydning for udfasningen af disse møller. Energistyrelsens bud på parametervariationer af levetiden, som er uændret ift. BF20 og AF20, fremgår af tabel 10 herunder.

*Tabel 10: Parametervariationer af levetiden for eksisterende kommercielle møller.*

Nr.	Størrelse	Placering	Lavere levetid	KF21	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

Udbygningen på længere sigt er forbundet med stor usikkerhed og er blevet nedjusteret med 25% ift. BF20 og AF20. Som skrevet ovenfor, blev udbygningen i BF20 fastsat ud fra den historiske udbygning de seneste 10 år, mens den i KF21 er fastsat ud fra projekter, der allerede har vundet udbud, samt projekter i pipeline. Det er ikke alle projekter fra den kommunale behandlingsproces, som bliver realiseret, men det kan forventes, at andre projekter fra pipelinen eller nye projekter vil komme ind i det kommunale spor, som erstatter de projekter, der i sidste ende ikke godkendes eller realiseres. Den øgede bevågenhed om klimadagsorden har også en positiv effekt helt ned på kommuneniveauet, hvor det kan opleves, at der afsættes flere midler til at behandle flere processer og projektansøgninger.

På den anden side har den faktiske udbygning i løbet af de sidste få år vist, at udviklerne under et skift af støtteordninger har reageret ved en lavere udbygning end forventet. Tiltag såsom nye indfødningsstariffer og i mindre grad den grønne pulje og VE-bonus udgør nogle nye udgifter for projektudviklere, som kan påvirke risikoafdækningen af projekterne. Men også politisk uafhængige faktorer som øget modstand i lokalområdet i takt med flere etablerede landvindmøller, eller lavere markedsværdier på elmarkedet bl.a. grundet en øget udbygning af havvindenergi, kan have en negativ effekt på, hvor mange udviklere der kan realisere deres projektportefølje og i hvilket omfang.

3.3 Planlagt udvikling frem mod KF22

Der er på nuværende tidspunkt ikke planer om at udarbejde en ny metode frem mod KF22.

4. Kilder

Energistyrelsen. (2019). *Teknologineutrale udbud*. Hentet fra <https://ens.dk/service/aktuelle-udbud/teknologineutrale-udbud>

Energistyrelsen. (2020). *Stamdataregister for vindkraftanlæg*. Hentet fra <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/data-oversigt-over-energisektoren>

Energistyrelsen. (2020). *Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme*. Hentet fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh.pdf