



Analyseforudsætninger til Energinet 2024 – Havvind

Baggrundsnotat

Høringsversion

Kontor/afdeling
Systemanalyse og
innovation

Dato
30. august 2024

J nr.
2024 - 979

CHRHN / BRP

Indholdsfortegnelse

1. Udviklingen frem mod 2050	2
1.1 Præsentation af AF24-forløbet frem mod 2050	2
1.2 Uddybning af AF24 forløbet og kvalificering ift. AF23	3
2. Metode og antagelser	6
2.1. Metode og antagelser til AF24	6
2.2 Ændringer ift. AF23	12
3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger	13
3.1 Usikkerheder ift. AF24-forløbet	14
3.2 Anbefalede følsomhedsberegninger	14
Bilag 1: Supplerende figurer	15

Dette baggrundsnotat er en del af Analyseforudsætninger til Energinet 2024 (AF24). AF24 er et målopfyldesscenarie, hvilket vil sige, at AF24 grundforløbet som udgangspunkt er kompatibelt med opfyldelse af de politiske målsætninger på klima- og energiområdet. Det er dog ikke alle målsætninger på klima- og energiområdet, der er direkte afspejlet i AF24, og AF24 specificerer endvidere ikke konkrete virkemidler til at indfri de politiske målsætninger.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

www.ens.dk



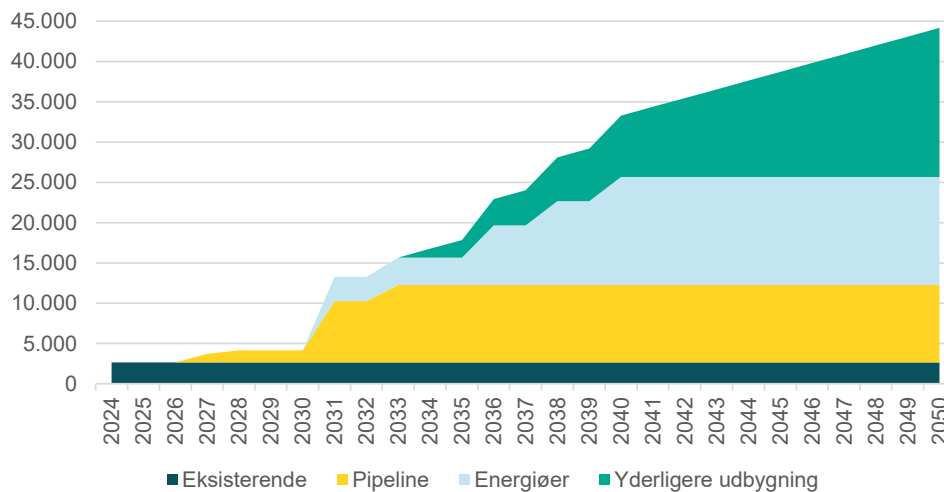
1. Udviklingen frem mod 2050

Mængden af havvind i Danmark forventes at stige frem mod 2050. Dette skyldes især igangsættelsen af udbuddet af 6 GW radial havvind i foråret 2024¹, forventning om etablering af Energiø Bornholm og Energiø Nordsøen samt *Esbjerg-erklæringen* af 18. maj 2022² og *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022* af 25. juni 2022³, der tilsigter en mulig udbygning på 35 GW havvind i den danske del af Nordsøen frem mod 2050.

1.1 Præsentation af AF24-forløbet frem mod 2050

Som det fremgår af figur 1 indebærer AF24-forløbet for havvind en udbygning fra de eksisterende havvindmølleparker på ca. 2,7 GW i 2024 til en samlet havvindskapacitet på ca. 44,2 GW havvind i Danmark i 2050. Dette inkluderer udbud af 6 GW radial havvind og etablering af 3 GW havvind ved Energiø Bornholm (samt potentiel overplanting for de enkelte parker), Thor havvindmøllepark på 1 GW, en række mindre havvindmølleparker, herunder enkelte parker fra den tidligere åben-dør ordning, etablering af 10 GW havvind ved Energiø Nordsøen samt yderligere udbygning af 18,5 GW havvind i Nordsøen frem mod 2050⁴. I AF24 forventes havvindkapaciteten i Danmark således samlet set at stige med ca. 41,5 GW fra 2024 til 2050.

Figur 1: Samlet havvind i AF24 (MW)



¹ Jf. [Danmarkshistoriens største havvindsudbud skudt i gang \(kefm.dk\)](https://kefm.dk)

Udbuddet kan potentielt stige til 10 GW havvind, såfremt markedet udnytter den mulighed, der indgår i aftalen, til at opføre mest mulig kapacitet på arealerne.

² [The Esbjerg Declaration - Regeringen.dk](https://www.regeringen.dk)

³ [Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022 \(regeringen.dk\)](https://www.regeringen.dk)

⁴ De 35 GW havvind i Nordsøen er estimeret ud fra en forventet fremtidig efterspørgsel i 2050. Den yderligere udbygning frem til 2050 på 18,5 GW er derfor beregningsteknisk fastlagt som mankoen ml. den planlagte kapacitet i Nordsøen og potentialet på 35 GW.



Fremskrivningen er opdelt i følgende fire kategorier, som gennemgås mere detaljeret i afsnit 2.1:

- Ved **Eksisterende** forstås eksisterende havvind opstillet til og med første halvår 2024
- Ved **Pipeline** forstås forventet havvindudbygning frem til og med 2030 som følge af politiske aftaler eller i forbindelse med den tidligere åben-dør ordning
- Ved **Energiøer** forstås de to energiøer på hhv. Bornholm og i Nordsøen i perioden 2030-2040
- Ved **Yderligere udbygning** forstås endnu ikke besluttet udbygning efter 2030 med ophæng i den langsigtede målsætning og ambition i *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*.

Væsentlige usikkerheder ift. AF24 forløbet omfatter følgende (jf. også afsnit 3):

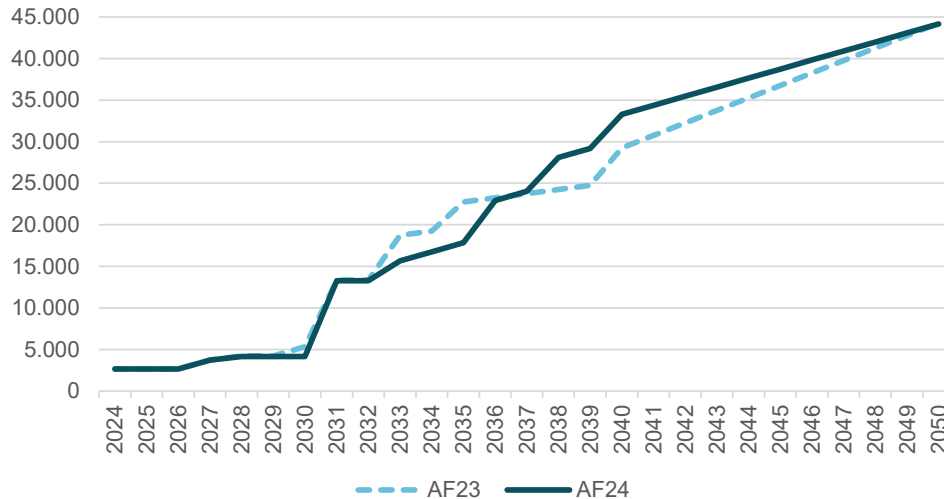
- Den samlede udbygning af dansk havvindskapacitet på lang sigt er behæftet med stor usikkerhed og vil bl.a. afhænge af teknologiudviklingen og det økonomiske potentiale for havvind og PtX, samt udbygningen og efterspørgslen af vedvarende energi på europæisk plan.
- Det er endnu uvist, hvor meget havvind der forventes nettilsluttet på lang sigt, da det vil afhænge af flere faktorer, herunder den teknologiske udvikling i PtX mv.
- Potentielle skyggeeffekter i og mellem de kommende havvindmølleparker kan medføre tabt produktion og udfordringer med at leve op til de angivne kapaciteter.

1.2. Uddybning af AF24 forløbet og kvalificering ift. AF23

Figur 2 viser forløbet for udbygning af havvind i AF24 sammenlignet med forløbet i AF23. Overordnet set ligner de to udbygningsforløb hinanden. Afvigelserne skyldes primært ændring i antagelserne om udbygningsfaserne for Energiø Nordsøen samt en yderligere udbygning af havvind fra 2033-2050, som i AF23 var lavere i den første del af fremskrivningsperioden (2033-2040) og højere i den sidste del af fremskrivningsperioden (2041-2050). Den samlede havvindskapacitet i 2050 ligger på omtrent samme niveau for henholdsvis AF23 og AF24.

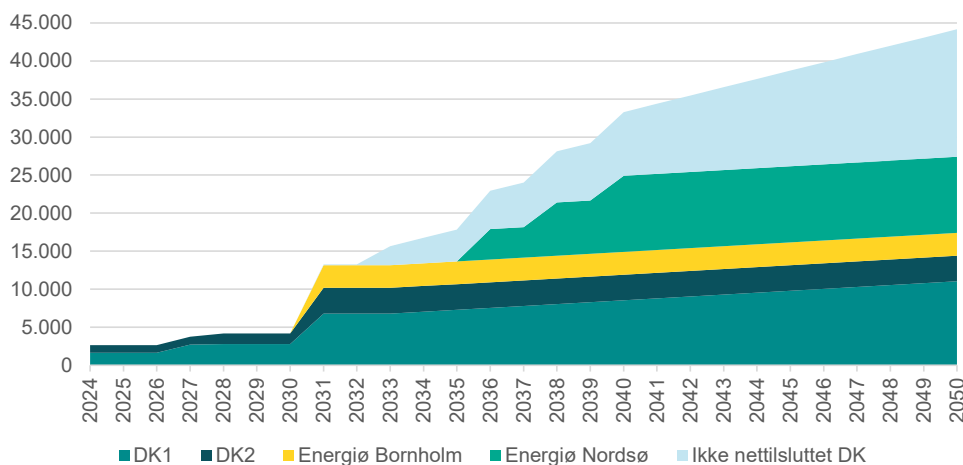


Figur 2: Samlet havvind i AF24 vs. AF23 (MW)



Det er dog ikke hele udbygningen med havvindmøller, der antages at blive tilsluttet til det kollektive elnet i Danmark. I AF24 antages en samlet nettilslutningskapacitet på ca. 17,6 GW frem mod 2050 i DK1 og DK2. I AF23 indgik en antagelse om nettilslutning af ca. 24,5 GW havvind i DK1 og DK2 frem mod 2050. Figur 3 viser en opgørelse over den forventede udvikling i den samlede havvindskapacitet i AF24 fordelt på elområder, samt kapacitet der antages ikke at blive nettilsluttet i Danmark (for yderligere beskrivelse henvises til sektion 2.2 nedenfor).

Figur 3: Samlet havvind i AF24 fordelt på elområder og ikke nettilsluttet kapacitet (MW)



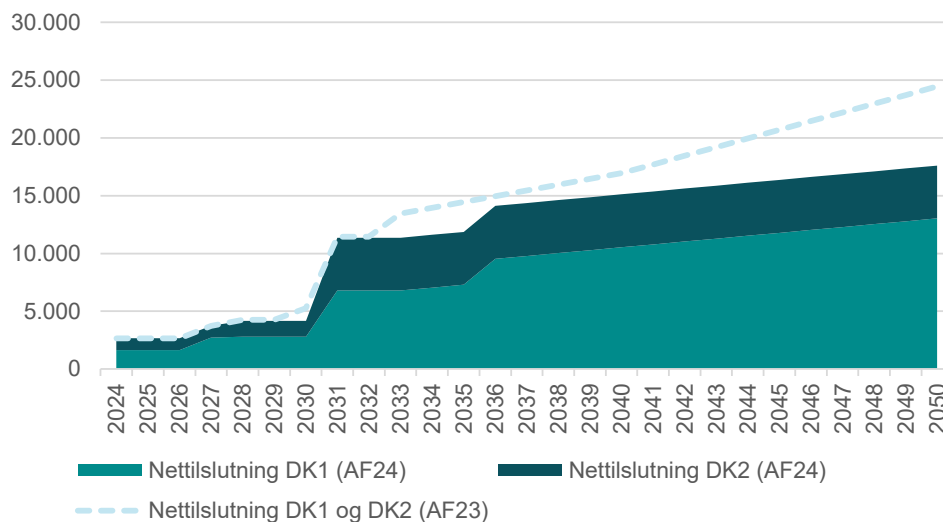
Overplanting af havvind i forbindelse med udbudsparkerne på 6 GW samt Energjø Bornholm (svarende til 2,5 GW) antages tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer og indgår således i "Ikke nettilsluttet DK" fra 2031 og frem (se yderligere beskrivelse i afsnit 2.1, "Antagelser om overplanting og nettilslutning for pipelineprojekter").



De væsentligste ændringer for den samlede havvindsudbygning i AF24 ift. AF23 omfatter således følgende (jf. også afsnit 2.2):

- Justering af antagelser om udbygningen af Energjø Nordsøen, hvilket ændrer havvindskapaciteterne for projektet i 2033-2040. I AF24 antages første fase forbundet til Tyskland i 2036 i stedet for til Belgien i 2033 (se figur 3 ovenfor).
- Justering af to projekter som var en del af åben-dør ordningen, hvilket medfører en nedjustering af den forventede havvindskapacitet på 82,5 MW.
- Justering af antagelser om nettilslutning og yderligere udbygning af havvind i Danmark på baggrund af output fra Energistyrelsens langsigtede investeringsmodel (PEERS). Dette medfører et ændret forløb for den yderligere udbygning i perioden 2033-2050 samt en nedjustering af den forventede nettilslutningskapacitet på knap 7 GW sammenlignet med AF23 (se figur 4 nedenfor).

Figur 4: Nettilsluttet kapacitet i DK1 og DK2, AF24 vs. AF23 (MW)*



Figuren inkluderer nettilslutning af 1,2 GW fra Energjø Bornholm til DK2 og 2 GW fra Energjø Nordsøen til DK1. Figuren inkluderer ikke den andel af havvind omkring energjøerne, som tilsluttes nye budzoner omkring energjøerne uden videre forbindelse til DK1 eller DK2 (svarende til 8 GW for Energjø Nordsøen og 1,8 GW for Energjø Bornholm).



2. Metode og antagelser

Analyseforudsætningerne indeholder et muligt bud for udviklingen med den aktuelle viden Energistyrelsen har, og under antagelsen om indfrielse af politiske ambitioner, mål og aftaler. AF24 indeholder både eksisterende og forventet udbygning af havvind i Danmark, herunder etablering af de to energigøer, samt potentiel udnyttelse af hele havvindspotentialet i den danske del af Nordsøen. Metode og forudsætninger i AF24 er opdateret på baggrund af output fra Energistyrelsens langsigtede investeringsmodel, PEERS. Desuden er forudsætningerne for Energiø Nordsøen opdateret på baggrund af seneste status på forhandlingerne med udlandet (se s. 12).

2.1. Metode og antagelser til AF24

Nedenfor fremgår en beskrivelse af de underliggende forudsætninger inden for de fire kategorier, som fremskrivningen er inddelt i; eksisterende havvind, havvind i pipeline, energigøer og yderligere udbygning.

Eksisterende havvind

Samtlige eksisterende havvindmølleparker forventes som udgangspunkt taget ud af drift frem mod 2050 (med undtagelse af Vesterhav Syd og Nord). Af hensyn til Energinets planlægning, herunder sikring af tilstrækkeligt net til den fremtidige udbygning med VE på land og på havet, antages det dog beregningsteknisk, at kapaciteten (svarende til ca. 2,7 GW) fastholdes i hele fremskrivningsperioden, idet det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt de eksisterende havvindmølleparker dekommissioneres eller levetidsforlænges. Forudsætningerne for de eksisterende havvindmølleparker fremgår af tabel 1 nedenfor.

Tabel 1: Forudsætninger for eksisterende havvindmølleparker

Park	Placering	År for idriftsættelse	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)*
Tunø Knob	DK1	1995	5	2.700
Middelgrunden	DK2	2000	40	2.200
HornsRev1	DK1	2002	160	3.950
Rønland (2002)	DK1	2002	4	3.800
Rønland (2003)	DK1	2003	13,2	3.800
Nysted	DK2	2003	165,6	3.300
Samsø (2003)	DK1	2003	20,7	3.550
Frederikshavn (2003)	DK1	2003	7,6	3.300
Horns Rev 2	DK1	2009	209,3	4.350
Avedøre Holme (2009)	DK2	2009	7,2	3.350
Avedøre Holme (2011)	DK2	2011	3,6	3.550
Sprogø	DK2	2009	21	3.050
Rødsand	DK2	2010	207	3.800



Park	Placering	År for idriftsættelse	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)*
Anholt (2012)	DK1	2012	50,4	4.350
Anholt (2013)	DK1	2013	349,2	4.350
Samsø (2018)	DK1	2018	2,3	4.300
Nissum Bredning (Forsøgsmøller)	DK1	2018	28	4.200
Horns Rev 3	DK1	2019	406,7	4.550
Kriegers Flak	DK2	2021	605	4.250
Vesterhav Syd	DK1	2024	170	4.600
Vesterhav Nord	DK1	2024	180	4.650

* Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fuldlasttimer. For eksisterende møller anvendes observerede årlige fuldlasttimer, der er normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50.

Havvind i pipeline

Ud over de eksisterende havvindmølleparker indgår den forventede udbygning af havvind frem til og med 2030 som følge af politiske aftaler eller i forbindelse med åben-dør ordningen, hvoraf fremskrivningen kun tager højde for projekter med forundersøgelsestilladelse. Udbygningen inkluderer overplanting for de projekter, hvor dette er muligt i forhold til politiske aftaler. Udbygningen frem mod 2030 er baseret på følgende politiske aftaler og ordninger:

- A. *Energiaftale* af 29. juni 2018⁵
- B. *Klimaaf tale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020⁶
- C. Aftaler om Finansloven for 2022, *Delaftale om Investeringer i et fortsat grønnere Danmark* af 4. december 2021⁷
- D. *Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022* af 25. juni 2022⁸
- E. *Marienburg-erklæringen* af 30. august 2022⁹
- F. *Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energiø Bornholm* af 30. maj 2023¹⁰
- G. Åben-Dør-ordningen for vedvarende energianlæg på havet¹¹

I tabel 2 nedenfor fremgår de havvindmølleparker, der forudsættes idriftsat frem til og med 2030. Kolonnen "Ophæng" refererer til ovenstående liste med aftaler. Alle havvindmølleparker antages at have en levetid på 30 år baseret på det seneste udbud af Thor havvindmøllepark og Energistyrelsens Teknologikatalog.

⁵ Jf. [energi aftale 2018.pdf](#) (kefm.dk)

⁶ Jf. [https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf taleenergi-og-industri%20\(1\).pdf](https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf taleenergi-og-industri%20(1).pdf)

⁷ Jf. [Delaftale om investeringer i et fortsat grønnere Danmark](#) (regeringen.dk)

⁸ Jf. [Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022](#) (regeringen.dk)

⁹ Jf. [Declaration of Energy Ministers 310822.pdf](#) (kefm.dk)

¹⁰ Jf.

<https://kefm.dk/Media/638211994684127079/Till%C3%A6gsaftale%20om%20udbudsrammer%20for%2006%20GW%20havvind%20og%20Energi%C3%B8%20Bornholm%20FINAL.pdf>

¹¹ Jf. [Åben dør-ordningen for vedvarende energi-anlæg på havet](#) | Energistyrelsen (ens.dk)

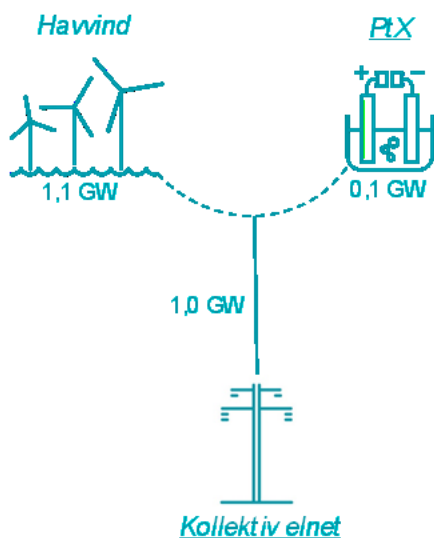


Antagelser om overplanting og nettilslutning for pipelineprojekter

Antagelserne om den nettilsluttet kapacitet i 2050 defineres af Energistyrelsens langsigtede investeringsmodel, PEERS, og følger samme metode som antagelserne om nettilslutning af PtX-kapacitet (se baggrundsnotat om PtX). I AF24 differentieres mellem tre grader af nettilslutning for havvind:

- **Fuld nettilslutning**, hvor havvinden er fuldt tilsluttet det kollektive elnet og dermed leverer hele el-inputtet til det kollektive elnet i Danmark
- **Ingen nettilslutning**, hvor havvinden ikke er tilsluttet det kollektive elnet i Danmark.
- **Delvis nettilslutning**, hvor havvinden både er tilsluttet et elektrolyseanlæg og det kollektive elnet i Danmark. Delvis nettilslutning er illustreret i figur 5 med udgangspunkt i Hesselø havvindmøllepark. Med en samlet kapacitet på 1,1 GW (heraf 0,1 GW overplanting) antages 1,0 GW fuldt nettilsluttet det kollektive net i Danmark. De resterende 0,1 GW overplanting antages tilsluttet elektrolyseanlæg med en tilsvarende kapacitet på 1 GW via en direkte linje:

Figur 5: Delvis nettilslutning (illustration af Hesselø havvindmøllepark)



Havvindmølleparker ved Hesselø, Krigers Flak II, Kattegat og Nordsøen I (tre individuelle parker) udgør tilsammen havvindsudbuddet på 6 GW, som blev igangsat d. 22. april 2024¹². Det er endnu uvist hvor meget havvind, herunder graden af overplanting, der kan forventes udnyttet på de seks områder. Tilsvarende

¹² Jf. [Danmarkshistoriens største havvindsudbud er i gang | Energistyrelsen](#)



AF23 antages beregningsteknisk, at 50 pct. af den estimerede potentielle overplantingskapacitet udnyttes på alle områder, således at de 6 GW opjusteres til 8,1 GW. F.eks. er der i udbuddet af Hesselø havvindmøllepark mulighed for overplanting op til 200 MW, hvoraf de 100 MW medtages i AF24. For alle områder på nær Hesselø antages den overplantede kapacitet etableret to år efter idriftsættelse af minimumskapaciteterne for de enkelte parker. For Hesselø antages kapacitet inkl. overplanting etableret samme år (ultimo 2030)

Minimumskapaciteten for de seks havvindmølleparker (6 GW) antages fuldt nettilsluttet i Danmark. Den øvrige kapacitet fra overplanting (2,1 GW) antages tilsluttet via direkte linjer til elektrolyseanlæg med en samlet kapacitet på 2,1 GW. Under de givne forudsætninger skal det kollektive elnet i Danmark således kunne håndtere tilslutning af 6 GW ekstra havvind. Tabel 2 nedenfor angiver et overblik over forudsætningerne for projekterne i pipeline.

Tabel 1: Forudsætninger for pipeline udbygning

Park	Placering	År for idriftsættelse	Første år med fuld produktion*	Kapacitet (MW)	Fuldstimer (MWh/MW)***	Ophæng
Thor	DK1	Medio 2026	2027	1.008	4.875	A
Frederikshavn	DK1	Primo 2027	2027	72	4.325	G
Hesselø	DK2	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.100 inkl. overplanting)	4.450	A, B, E, F
Kriegers Flak II	DK2	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.400 inkl. overplanting fra 2033)	4.750	C, E, F
Kattegat	DK1	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.100 inkl. overplanting fra 2033)	4.550	D, F
Nordsøen I (del 1)	DK1	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.500 inkl. overplanting fra 2033)	4.800	D, F
Nordsøen I (del 2)	DK1	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.500 inkl. overplanting fra 2033)	4.800	D, F
Nordsøen I (del 3)	DK1	Ultimo 2030	2031	1.000 (1.500 inkl. overplanting fra 2033))	4.800	D, F
Åben-dør (DK1, 2028)**	DK1	Primo 2028	2028	82,5	4.325	G
Åben-dør (DK2, 2028)**	DK2	Primo 2028	2028	350	4.325	G

* Det år kapaciteten medregnes i Energinets modeller. Overplantingskapaciteten medregnes fra 2033 og antages ikke nettilsluttet.

** For de projekter, hvor der er givet en forundersøgelsestilladelse, er der udarbejdet et overordnet estimat for udbygning i hhv. Vestdanmark (DK1) og Østdanmark (DK2). Der anvendes en sandsynlighedsvægtning på 50% af den gennemsnitlige kapacitet pr. projekt, for at illustrere usikkerheden om, hvorvidt projekterne vil blive realiseret, dog uden at tage stilling til sandsynligheden



for det enkelte projekt. Kapaciteten antages idriftsat primo 2028 baseret på ansøgernes indmeldte tidsplan.

*** Fuldstimer for nye havvindmølleparker er så vidt muligt baseret på sitespecifikke antagelser fra opstiller, konsulentrapporter udarbejdet for Energistyrelsen eller Energistyrelsens Teknologikatalog.

Energijøer

I tillæg til havvindmølleparkerne i pipeline antager AF24 også etablering af Energjø Bornholm og Energjø Nordsøen. Udbygning med energijøerne hviler på følgende politiske aftaler:

- H. *Energiaftale* af 29. juni 2018
- I. *Klimaaftale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020
- J. *Tillæg til klimaaftale om energi og industri af 22. juni 2020 vedr. Ejerskab og konstruktion af energijøer mv.* af 4. februar 2021¹³
- K. *Tillægsaftale om Energjø Bornholm 2022* af 29. august 2022¹⁴
- L. *Marienburg-erklæringen* af 30. august 2022¹⁵
- M. *Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energjø Bornholm* af 30. maj 2023

Antagelser om Energjø Nordsøen

I sommeren 2023 blev det besluttet, at udskyde beslutningen om igangsættelse af udbuddet for Energjø Nordsøen med henblik på at afsøge alternativer mhp. at reducere omkostningerne. Der foreligger endnu ikke en ny politisk aftale for første fase af udbygningen tilknyttet Energjø Nordsøen, ligesom at der heller ikke er taget politisk beslutning til den efterfølgende faseudbygning, der skal realisere ambitionen om 10 GW havvind. I fremskrivningen antages Energjø Nordsøen etableret med 4 GW havvind i 2036 i sin første fase og med efterfølgende udbygning til i alt 10 GW havvind frem mod 2040, herunder 3 GW i 2038 og yderligere 3 GW i 2040. Det skal bemærkes, at idriftsættelsesår og de eksakte kapaciteter ikke har ophæng i konkrete politiske beslutninger, men i stedet udgør antagelser til brug for beregningerne.

Ændringerne i forudsætningerne for Energjø Nordsøen i AF24 ift. AF23 afspejler en pausering af TritonLink-projektet, som i AF23 omfattede ilandføring af 2 GW havvind i 2033 til Belgien. Pauseringen skyldes, at det ikke har været muligt at opnå enighed med Belgien om fordelingen af projektets omkostninger inden det belgiske parlamentsvalg den 9. juni 2024. Forhandlinger om TritonLink kan dog genoptages og indgå i Analyseforudsætningerne på senere tidspunkt, såfremt betingelserne herfor ændres. Ambitionerne for Energjø Nordsøen er imidlertid

¹³ Jf.

<https://kefm.dk/Media/637661840231461613/Udbudsforberedende%20delaftale%20om%20langsigtede%20rammer%20-%20energi%C3%B8%20Nords%C3%B8.pdf>

¹⁴ Jf. <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/aug/bredt-flertal-energie-bornholm-udvides-og-forbindes-til-tyskland>

¹⁵ Jf. [Declaration of Energy Ministers 310822.pdf \(kefm.dk\)](#)



intakte og der pågår aktuelt dialog med andre lande om realisering af projektet. Der foreligger imidlertid ikke konkrete politiske beslutninger, hvorfor idriftsættelsesår, kapaciteter og potentielle udlandsforbindelser kan ændre sig. I AF24 antages første fase af Energiø Nordsøen at omfatte 4 GW havvind i 2036, hvoraf 2 GW forbindes til Tyskland og 2 GW tilsluttes det kollektive elnet i Danmark (DK1). Forbindelsen til Tyskland i 2036 følger af Energinet og Amprions indmelding til ENTSO-Es *Ten Year Network Development Plan 2024* (TYNDP24), som værende et projekt under overvejelse. Da der ikke forelægger politiske beslutninger vedrørende den efterfølgende faseudbygning af Energiø Nordsøen fra 4 til 10 GW i 2040, antages de yderligere 6 GW anvendt til elektrolyse med tilslutning til en offshore budzone omkring Energiø Nordsøen. Det bemærkes, at forudsætningerne i AF24 udgør ét muligt scenarie for Energiø Nordsøen, og udelukker ikke at Energinet kan analysere andre alternativer af kapaciteter og udlandsforbindelser.

Antagelser om overplanting og nettilslutning for Energiø Bornholm

Tilsvarende havvindmølleparkerne i *pipeline* vides endnu ikke, hvor stor en grad af overplanting, der kan forventes udnyttet omkring Energiø Bornholm. Som i AF23 antages derfor, at 50 pct. af den estimerede potentielle overplanting omkring Energiø Bornholm udnyttes, hvormed de 3 GW havvind for Energiø Bornholm opjusteres til 3,4 GW. Energiø Bornholm antages at være delvist nettilsluttet, hvoraf 3 GW havvind tilsluttes priszonen omkring Energiø Bornholm og de resterende 400 MW (overplanting) antages tilsluttet til elektrolyseanlæg på 400 MW via direkte linjer. Fra Energiø Bornholm antages en forbindelse på 2 GW til Tyskland samt tilslutning af 1,2 GW til det kollektive elnet i Danmark (DK2).

Overplantingskapaciteten på 400 MW antages først etableret to år efter idriftsættelsen af de 3 GW havvind. Tabel 3 nedenfor angiver et overblik over forudsætningerne for energierne.

Tabel 3: Forudsætninger for energier

Park	Placering	År for idriftsættelse	Første år med fuld produktion*	Kapacitet (MW)	Fuldlasttimer (MWh/MW)	Ophæng
Energiø Bornholm	EØB	2030	2031	3.000 (3.400 inkl. overplanting fra medio 2032)	4.550	G, H, J, K, L
Energiø Nordsø (Fase 1)	EØN	2036	2036	4.000	4.750	H, I
Energiø Nordsø (Fase 2)	EØN	2038	2038	3.000	4.750	H, I
Energiø Nordsø (Fase 3)	EØN	2040	2040	3.000	4.750	H, I

* Det år kapaciteten medregnes i Energinets modeller. Overplantingskapaciteten for Energiø Bornholm medregnes fra 2033 og antages ikke nettilsluttet.



Yderligere udbygning

For at være i overensstemmelse med de langsigtede ambitioner fra *Esbjerg-erklæringen* og *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*, antager AF24 en yderligere udbygning af havvind i Nordsøen. Ud over energiøerne og havvindmølleparkerne i pipeline antages udbygning af yderligere 18,5 GW havvind frem mod 2050. Den yderligere udbygning af havvind forudsættes at foregå i Nordsøen baseret på output fra Energistyrelsens PEERS-model. Omfanget af den yderligere udbygning frem til 2050 på 18,5 GW er beregningsteknisk fastlagt som mankoen ml. den planlagte kapacitet i Nordsøen (jf. ovenstående afsnit om eksisterende havvind, pipeline samt energiøer) og Danmarks havvindsambition om 35 GW i Nordsøen frem mod 2050. AF forholder sig ikke til hvilke konkrete tiltag, der foranlediger havvindudbygningen.

Antagelser om nettilslutning for den yderligere udbygning af havvind

Graden af nettilslutning i forbindelse med udbygningen på lang sigt mod 2050 er behæftet med betydelige usikkerheder. I AF24 antages udbygning af knap 1,1 GW om året i perioden 2034-2050 svarende til i alt 18,5 GW over perioden. Hvorvidt denne kapacitet anvendes til brintproduktion onshore eller offshore, tilsluttes det kollektive elnet i Danmark eller nabolande er forbundet med stor usikkerhed. I AF24 antages ca. 4,2 GW nettilsluttet i DK1, svarende til ca. 250 MW om året i perioden 2034-2050. De resterende 14,3 GW af den yderligere udbygning antages ikke tilsluttet det kollektive elnet i Danmark, svarende til ca. 839 GW om året i 2034-2050. Heraf antages 9 GW tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer. Antagelserne er baseret på output fra Energistyrelsens PEERS-model.

2.2 Ændringer ift. AF23

Energiø Nordsøen

I AF23 indgik antagelser om udbygning af 3 GW havvind omkring Energiø Nordsøen med forbindelse til hhv. Danmark (1,4 GW) og Belgien (2 GW) i 2033. Endvidere blev der beregningsteknisk antages yderligere udbygning med 4 GW havvind i 2035 og 3 GW havvind i 2040. I AF24 antages udbygning af 4 GW havvind med forbindelse fra Energiø Nordsøen til hhv. Danmark (2 GW) og Tyskland (2 GW) i 2036. Derudover er den første udbygningsfase tilsvarende skubbet, hvorfor der beregningsteknisk antages udbygning af yderligere 3 GW havvind i 2038 (i stedet for 4 GW havvind i 2035) samt 3 GW havvind i 2040. Ændringerne skyldtes pauseringen af TritonLink (jf. afsnit 2.1). Det bemærkes, at de konkrete idriftsættelsesår, kapaciteter og udlandsforbindelser er behæftet med betydelig usikkerhed, og at forudsætningerne i AF24 blot udgør ét muligt scenarie for Energiø Nordsøen.



Åben-dør ordningen

Der er foretaget enkelte justeringer i antagelserne om åben dør-ordningen, da to projekter har ændret sig siden AF23. Et enkelt projekt er således lukket, mens et andet projekt har hævet den forventede kapacitet, hvilket samlet set nedjusterer den forventede kapacitet i 2028 med 82,5 MW ift. AF23.

Nettilslutning og yderligere udbygning af havvind

Antagelser om nettilslutning af havvind til det kollektive net i Danmark er i AF24 baseret på output fra Energistyrelsens PEERS-model. I AF24 antages nettilslutning af knap 17,6 GW havvind frem mod 2050. Dette inkluderer nettilslutning af knap 13 GW havvind i DK1 og ca. 4,6 GW havvind i DK2, herunder 2 GW til DK1 fra budzonen omkring Energiø Nordsøen og 1,2 GW til DK2 fra budzonen omkring Energiø Bornholm.¹⁶ Den resterende kapacitet, som tilsluttes budzonerne omkring energiøerne (8 GW på Energiø Nordsøen og 1,8 GW fra Energiø Bornholm), antages videretilsluttet Tyskland og til elektrolyseanlæg via direkte linjer. Den øvrige havvindsudbygning på ca. 16,8 GW i 2050 antages ikke at blive nettilsluttet i Danmark. Denne kapacitet inkluderer overplanting fra udbudsparkerne på 6 GW og Energiø Bornholm (svarende til 2,5 GW) samt yderligere udbygning af havvind i Nordsøen (svarende til ca. 14,3 GW). Heraf antages overplanting på 2,5 GW samt yderligere 9 GW tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer.

I AF23 indgik en samlet nettilslutningskapacitet på ca. 24,5 GW i DK1 og DK2 frem mod 2050. Forskellen i AF24 kan henføres til udbygningen af yderligere 18,5 GW havvind i perioden 2034-2050, hvoraf ca. 4,2 GW antages nettilsluttet i DK1 frem mod 2050 jf. Energistyrelsens PEERS-model. I AF23 indgik en tilsvarende udbygning af 18,5 GW, hvoraf 11 GW blev antaget nettilsluttet i DK1. Desuden er forløbet for den yderligere udbygning af havvind i perioden 2033-2050 blevet opdateret på baggrund af output fra PEERS-modellen. Dette medfører en højere årlig udbygning af havvind i den første del af fremskrivningsperioden (2033-2040) samt en lavere årlig udbygning i den sidste del af fremskrivningsperioden (2041-2050) sammenlignet med AF23.

3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger

Den fremtidige udbygning af havvind i Danmark frem mod 2050 er behæftet med stor usikkerhed. Energistyrelsen anbefaler, at Energinet foretager følsomhedsanalyser, der belyser værdien af forskellige udbygningsscenarier, herunder nye udlandsforbindelser og forskellige niveauer for den europæiske energiefterspørgsel.

¹⁶ For Energiø Bornholm antages etablering af en ny priszone (DK3) med tilkobling til DK2 og Tyskland. For Energiø Nordsøen antages etablering af en offshore budzone med tilkobling til DK1, Tyskland samt til elektrolyseanlæg.



3.1 Usikkerheder ift. AF24-forløbet

Det er vanskeligt at estimere havvindsudbygningen i Danmark frem mod 2050. Dette gælder både den generelle kapacitetsudbygning, graden af tilslutning til det kollektive net samt potentialet for eksport af el og brint til andre lande. Den fremtidige udbygning vil i høj grad afhænge af potentialerne for eksport af el og brint, under den forudsætning at Danmark på lang sigt forventer at få dækket alt indenlandsk forbrug og blive nettoeksportør af vedvarende energi. Udbygningen med havvind efter 2030 er derfor i høj grad betinget af den europæiske efterspørgsel efter vedvarende energi samt forventningerne til det fremtidige potentiale for PtX, herunder den teknologiske udvikling i brintproduktion mv.

I takt med udbygningen af havvind i stor skala, kan der potentielt opstå skyggeeffekter i og mellem de kommende havvindmølleparker. Dette indebærer, at de enkelte havvindmølleparker "skygger" for vinden og potentielt kan medføre tabt produktion og udfordringer med at opfylde den lovede kapacitet. Dette kan særligt blive en udfordring, såfremt forskellige havvindsopstillere opererer på havarealer, der ligger tæt op af hinanden. Det er dog vanskeligt at forudsige omfanget heraf. I Energistyrelsens PEERS-model forsøges til en vis grad at tage højde for potentielle skyggeeffekter i forbindelse med den langsigtede udbygning af havvind frem mod 2050. Dette er et område, der bør analyseres yderligere fremadrettet.

3.2 Anbefalede følsomhedsberegninger

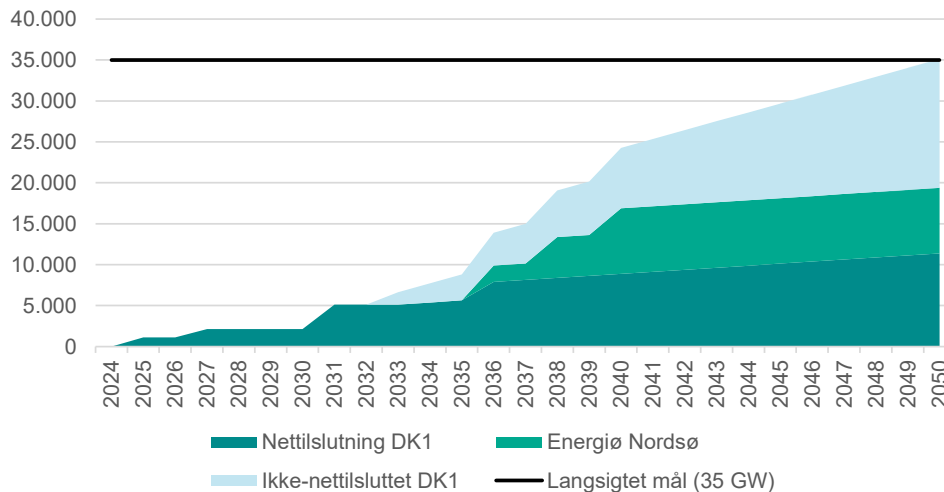
Den langsigtede udbygning af havvind i Danmark er behæftet med stor usikkerhed og vil afhænge af mange faktorer. I Energinets anvendelse af AF24 anbefales det, at der foretages følsomhedsberegninger på forskellige scenarier, herunder variationer i den europæiske energiefterspørgsel og nye udlandsforbindelser (jf. baggrundsnotat om eltransmissionsforbindelser til udlandet). Da der endnu ikke er indgået endelige aftaler om udlandsforbindelser fra energiøen i Nordsøen vil Energinet i den videre anvendelse af AF24 også kunne analysere forskellige scenarier for bl.a. årstal for etablering, kapacitetsfordeling og tilslutningslande.



Bilag 1: Supplerende figurer

Figur 6 viser et isoleret billede af den forventede havvindskapacitet i Nordsøen frem mod 2050. Tilsvarende figur 2 inddeler kapaciteten i de enkelte elområder samt en andel, som antages ikke at blive tilsluttet det kollektive elnet i Danmark. Samlet set antages det langsigtede mål om 35 GW havvind i Nordsøen, jf. *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*, at blive opfyldt under de givne forudsætninger i AF24.

Figur 6: Samlet havvind i Nordsøen i AF24 fordelt på elområder og nettilslutning (MW)

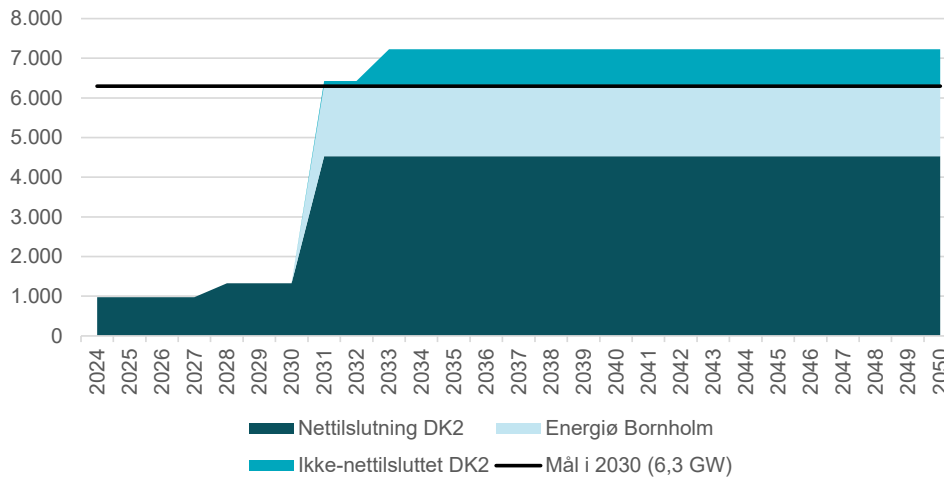


DK1 angiver havvind i Nordsøen tilsluttet i DK1. Havvindmølleparkerne Kattegat og Frederikshavn samt potentielle Åben-dør-projekter indgår ikke i figuren, selvom disse på sigt forventes tilsluttet DK1, idet disse ikke forventes at blive placeret i Nordsøen. Nettilslutning på 2 GW fra Energiø Nordsøen til DK1 indgår i "Nettilslutning DK1". Overplantning af havvind i forbindelse med udbudsparkerne Nordsø 1-3 (svarende til 1,5 GW) antages tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer og indgår således i "Ikke nettilsluttet DK1" fra 2033 og frem.

Tilsvarende viser figur 7 et isoleret billede af den forventede havvindskapacitet i Østersøen frem mod 2050 inddelt i enkelte elområder og nettilslutning. Det langsigtede mål om 6,3 GW havvind er baseret på *Marienburg-erklæringen*, som indeholder en ambition om udnyttelse af 6,3 GW havvind i den danske del af Østersøregionen frem mod 2030. Det fremgår af figur 7, at målet om udnyttelse af 6,3 GW havvind i Østersøregionen opnås i 2031 under de givne forudsætninger.



Figur 7: Samlet havvind i Østersøen i AF24 fordelt på elområder og nettilslutning (MW)



DK2 angiver havvind i Østersøen tilsluttet i DK2. Udbudsparken Hesselø indgår i figuren, selvom denne forventes at blive placeret i Kattegat og ikke i Østersøen, idet denne indgår i den politiske ambition om udnyttelse af 6,3 GW i Østersøregionen frem mod 2030. Nettilslutning på 1,2 GW fra Energiø Bornholm til DK2 indgår i "Nettilslutning DK2". Overplanting af havvind i forbindelse med Hesselø og Krigers Flak 2 samt Energiø Bornholm (svarende til 0,9 GW) antages tilsluttet elektrolyseanlæg via direkte linjer og indgår således i "Ikke nettilsluttet DK2" fra 2031 og frem for Hesselø og fra 2033 og frem for Krigers Flak 2 samt Energiø Bornholm.