



Analyseforudsætninger til Energinet 2023 – Havvind

Baggrundsnotat

Kontor/afdeling
Systemanalyse og
Innovation

Dato
13. oktober 2023

J nr. 2023 – 2106

IMRN / BRP

Indholdsfortegnelse

Udvikling frem mod 2050	2
Metode og antagelser	2
Generelt	2
Eksisterende møller	3
Pipeline	4
Energijøer	5
Yderligere udbygning	7
Usikkerhed	8
Ændringer ift. AF22	8
Bilag 1: Supplerende figurer	10
Bilag 2: Links til politiske aftaler og ordninger	12

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

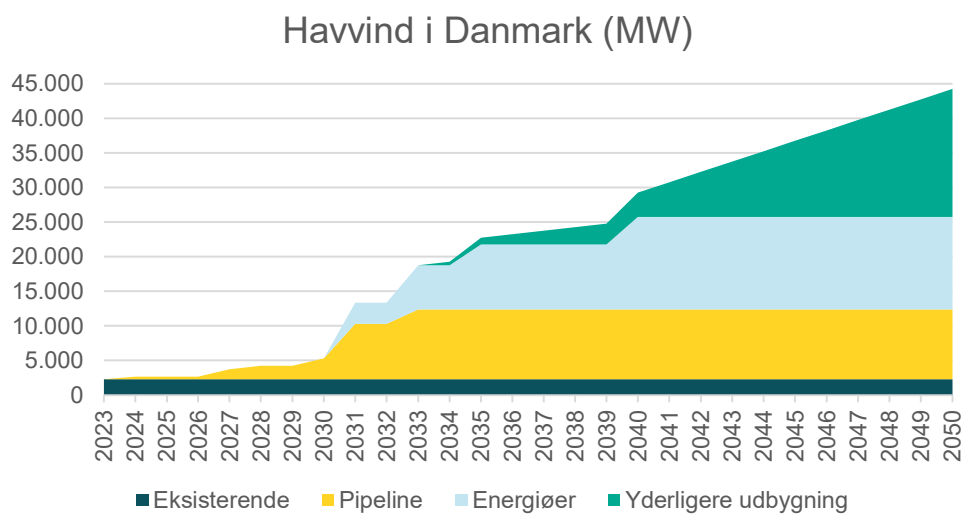
T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk



Udvikling frem mod 2050

Figuren herunder viser den samlede udvikling i kapacitet for havvind i AF23. Fremskrivningen antager en stigning i hele perioden frem mod 2050. Det skyldes især udbuddet af 6 GW radial havvind og 3 GW i relation til Energiø Bornholm til etablering inden udgangen af 2030¹, etableringen af Energiø Nordsøen samt det langsigtede ønske om at høste Danmarks fulde havvindspotentiale. De forskellige kategorier, der fremgår af figuren, beskrives nærmere i det følgende. I bilag 1 findes supplerende figurer, hvor fremskrivningen er opdelt på andre kategorier.



Figur 1: Samlet havvind i AF23 (MW).

Metode og antagelser

Generelt

Fremskrivningen er opdelt i følgende fire kategorier:

- Ved **Eksisterende** forstås eksisterende havvind opstillet til og med 2022.
- Ved **Pipeline** forstås udbygning 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.
- Ved **Energiøer** forstås de to energiøer ved Bornholm og i Nordsøen.
- Ved **Yderligere udbygning** forstås endnu ikke besluttet udbygning efter 2030 med ophæng i langsigtede mål.

¹ Udbuddet kan potentielt blive til 14 GW eller mere, såfremt havvindsoptillerne udnytter den frihed, der indgår i aftalen, til at opføre mest mulig kapacitet på arealerne.

Fulldlastimer

Forventet elproduktion beregnes på baggrund af antagelser om årlige fulldlastimer. For eksisterende møller anvendes observerede årlige fulldlastimer, der er normeret ift. et normalt vindår og afrundet til nærmeste 50. For nye møller anvendes så vidt muligt sitespecifikke antagelser fra opstillere, konsulentrapporter udarbejdet for Energistyrelsen eller Energistyrelsens Teknologikatalog.

Eksisterende møller

Af tabellen herunder fremgår forudsætninger for eksisterende møller. Samtlige eksisterende havvindmølleparker forventes som udgangspunkt taget ud af drift i analyseforudsætningernes fremskrivningsperiode (frem mod 2050). Af hensyn til Energinets planlægning, herunder sikring af tilstrækkeligt net til den store fremtidige udbygning med VE på land og på havet, antages det dog beregningsteknisk, at kapaciteten fastholdes i hele fremskrivningsperioden.

Tabel 1: Forudsætninger for eksisterende møller.

Park	Placering	År for idrift-sættelse	Kapacitet (MW)	Fulldlastimer (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
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

Pipeline

Udbygningen frem mod 2030 er styret af følgende politiske aftaler og ordninger:

- A. *Aftale om den danske energipolitik 2012-2020* af 22. marts 2012
- B. *Energiaftale* af 29. juni 2018
- C. *Klimaaftale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020
- D. *Aftaler om Finansloven for 2022, Delaftale om Investeringer i et fortsat grønnere Danmark* af 4. december 2021
- E. *Klimaaftale for grøn strøm og varme* af 25. juni 2022
- F. *Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energiø Bornholm* af 30. maj 2023
- G. Åben-Dør-ordningen for havvindmøller

Udbygningen fremgår af tabellen herunder, hvor kolonnen "Ophæng" refererer til listen med aftaler og ordninger herover. Der regnes med en levetid på 30 år baseret på seneste udbud (Thor) samt Energistyrelsens Teknologikatalog.

Det er endnu uvist hvor stor en grad af overplanting, der kan forventes udnyttet på de seks sites ved Hesselø, Kriegers Flak II, Kattegat II og Nordsøen I (tre sites). Beregningsteknisk antages det, at 50% af den forventede mulige overplanting udnyttes på alle sites, således at de 6 GW bliver til 8,1 GW. Overplanting antages beregningsteknisk etableret to år efter den nettilsluttede kapacitet med undtagelse af Hesselø, hvor der er krav om at hele kapaciteten inkl. overplanting skal være opstillet inden udgangen af 2029. Den overplantede kapacitet antages tilsluttet (via direkte linjer) til elektrolyseanlæg med tilsvarende elkapacitet, hvorfor overplanting og antagelserne herom ikke har betydning for udbygningen af det kollektive elnet.

Tablet 2: Forudsætninger for pipeline udbygning.

Park	Place- ring	År for idrifsæt- telse ²	Første år med fuld produk- tion ³	Kapacitet (MW)	Fuldlast- timer (MWh/MW)	Ophæng
Vesterhav Syd	DK1	Ultimo 2023	2024	170	4.600	A
Vesterhav Nord	DK1	Ultimo 2023	2024	180	4.650	A
Thor	DK1	Medio 2026	2027	1.008	4.875	B
Frederikshavn	DK1	Primo 2027	2027	72	4.325	G
Hesselø	DK2	Medio 2029	2030	1.100	4.450	B, C, F
Kriegers Flak II	DK2	Medio 2030	2031	1.000 (1.400 fra	4.750	D, F

² Elproduktionen fra de kommende udbudte parker kan begynde tidligere end året for idriftsættelse. Nettilslutningsvinduet åbner 1,5-2,5 år før fristen for, at parkerne skal være fuldt idriftsat, og hvis der tilsluttes via direkte linjer kan produktionen muligvis begynde før.

³ Det år kapaciteten medregnes i Energinets modeller.

				medio 2032)		
Kattegat II	DK1	Medio 2030	2031	1.000 (1.100 fra medio 2032)	4.550	E, F
Nordsøen I (del 1)	DK1	Medio 2030	2031	1.000 (1.500 fra medio 2032)	4.800	E, F
Nordsøen I (del 2)	DK1	Medio 2030	2031	1.000 (1.500 fra medio 2032)	4.800	E, F
Nordsøen I (del 3)	DK1	Medio 2030	2031	1.000 (1.500 fra medio 2032)	4.800	E, F
Åbendør (DK1, 20287)	DK1	Primo 2028	2028	65*	4.325	G
Åbendør (DK2, 2028)	DK2	Primo 2028	2028	450*	4.325	G

* 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 vægtning på 50% af den gennemsnitlige kapacitet pr. projekt, for at illustrere usikkerheden om, hvorvidt alle projekterne vil blive realiseret, dog uden at tage stilling til sandsynligheden for det enkelte projekt. Kapaciteten antages idriftsat primo 2028. Tre åben dør-ansøgninger kandiderer til en evt. justeret åben dør-ordning, da arealet allerede er udlagt til VE, jf. Aftale om Danmarks Havplan 7. juni 2023. Disse tre projekter indgår ikke i fremskrivningen, da de endnu ikke har fået tilladelse til forundersøgelse.

Energijøer

Den udbygning, der tilsluttes energijøerne ved Bornholm og i Nordsøen, er styret af følgende politiske aftaler:

- H. *Energiaftale* af 29. juni 2018
- I. *Klimaaf tale for energi og industri mv.* af 22. juni 2020
- J. *Tillæg til klimaaf tale om energi og industri af 22. juni 2020 vedr. Ejerskab og konstruktion af energijøer mv.* fra 4. februar 2021
- K. *Tillægsaftale om Energiø Bornholm 2022* af den 29. august 2022
- L. *Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energiø Bornholm* af 30. maj 2023

Senest blev det 28. juni 2023 udmeldt at beslutning om igangsættelse af udbud for Energiø Nordsøen udskydes, så alternativer, som kan gøre projektet rentabelt, analyseres til bunds. Ambitionen om at realisere en energiø for at indfri havvindspotentialet i Nordsøen er fortsat intakt.

Udbygningen af havvind der tilsluttes energiøerne fremgår af tabellen herunder, hvor kolonnen "Ophæng" refererer til listen med aftaler og ordninger herover. Det er endnu uvist hvor stor en grad af overplanting, der kan forventes udnyttet for Energiø Bornholm. Beregningsteknisk antages det, at 50% af den forventede mulige overplanting udnyttes, således at de 3 GW bliver til 3,4 GW. Overplanting antages beregningsteknisk etableret to år efter den nettilsluttede kapacitet. Den overplantede kapacitet antages tilsluttet (via direkte linjer) til elektrolyseanlæg med tilsvarende elkapacitet, hvorfor overplanting og antagelserne herom ikke har betydning for udbygningen af det kollektive elnet.

I fremskrivningen antages Energiø Nordsø etableret med 3 GW havvind i 2033 i sin første fase og med efterfølgende udbygning til i alt 10 GW havvind snarest muligt og med 2040 som sigtepunkt under iagttagelse af de nødvendige udlandsforbindelser. Der er ikke taget yderligere politisk beslutning til faseudbygningen for Energiø Nordsøen, men der er i forbindelse med denne fremskrivning beregningsteknisk er lagt til grund, at udbygningen i faser antages at være med yderligere 3 GW i 2035 og 4 GW i 2040. Beregningsteknisk antages der ikke overplanting ved Energiø Nordsøen, da der ikke er truffet beslutning herom.

Tabel 3: Forudsætninger for energiøer.

Park	Place-ring	År for idriftsæt-telse	Første år med fuld produktion ⁴	Kapacitet (MW)	Fuldlast timer (MWh/MW)	Ophæng
Energiø Bornholm	EØB	Medio 2030	2031	3.000 (3.400 fra medio 2032)	4.550	H, I, K, L
Energiø Nordsø (Fase 1)	EØN	Primo 2033	2033	3.000	4.750	I, J
Energiø Nordsø (Fase 2)	EØN	Primo 2035	2035	3.000	4.750	I, J
Energiø Nordsø (Fase 3)	EØN	Primo 2040	2040	4.000	4.750	I, J

⁴ Det år kapaciteten medregnes i Energinets modeller.



Yderligere udbygning

Udbygningen efter 2030 er styret af følgende politiske mål:

- M. *Esbjerg-erklæringen*. Regeringen ønsker at høste Nordsøens fulde havvindpotentiale. Det vurderes foreløbigt, at der er et potentiale for at Danmark kan nyttiggøre op til 35 GW havvind frem mod 2050.
- N. *Marienburg-erklæringen*. Otte lande fra Østersø-regionen ønsker at indgå et tættere samarbejde om energi og udbygningen af vedvarende energi – og satte med erklæringen en fælles ambition om at syvdoble havvindskapaciteten i 2030. Målet er at bygge 19,6 GW havvind i Østersøen i 2030, hvoraf Danmark har ønske om at bidrage med 6,3 GW.
- O. *Oostende-erklæringen*. Ni lande har sat fælles mål for udbygningen af vedvarende energi i Nordsøen med en ambition om kapacitet til sammen at kunne levere ca. 120 GW havvind i 2030 og mindst 300 GW havvind i 2050.
- P. *Havplan*. Med Aftale om Danmarks Havplan fra 7. juni 2023 er der aftalt en fordobling af arealudlæg til vedvarende energi, så der nu udlægges ca. 30 pct. af det danske havareal til vedvarende energi mod tidligere ca. 15 pct. Størstedelen af de nye udlæg til VE findes i områder i Nordsøen.
- Q. *Klimaneutralitet*. Udbygningen er koblet til elforbruget, ikke mindst udbygningen med elektrolysekapacitet, således at det sikres, at det danske elforbrug kan forsynes med danskproduceret grøn strøm baseret på solceller, landvind eller havvind. Det betyder, at der sker en stor udbygning med vindmøller på havet.

Analyseforudsætningerne forholder sig ikke til, hvordan der gives tilladelse til havvindsudbygningen.

Der antages følgende yderligere udbygning efter 2030 og frem mod 2050:

- 2034-2040: 3,5 GW
- 2041-2050: 15 GW

Hele udbygningen antages at finde sted i Nordsøen, som følge af det langsigtede mål om at udnytte Nordsøens potentiale for havvind.

Graden af nettilslutning i forbindelse med udbygningen på lang sigt er behæftet med betydelige usikkerheder, da møllerne har mulighed for direkte tilslutning til elnettet, at udnytte strømmen til elektrolyse via offshore brintmøller eller direkte linjer eller som en kombination heraf.

På lang sigt efter 2040 antages halvdelen af udbygningen med havvind at blive tilkoblet det kollektive elnet, svarende til 7,5 GW. Den anden halvdel antages beregningsteknisk etableret som offshore brintmøller med en brintproduktion svarende til



havvindens fuldlasttimer. Brinten antages som følge heraf beregningsteknisk indført i et europæisk offshore brintnet.

Usikkerhed

Udbygningen efter 2030 og især på lang sigt efter 2040 er behæftet med stor usikkerhed. Dette gælder både den samlede udbygning, ligesom det gælder antagelserne om tilkobling til det kollektive net. AF23 antager, at den del af dansk havvind, der tilkobles det kollektive net, tilkobles i Danmark. I Energinets anvendelse af AF23 kan disse antagelser tilpasses afhængig af analysens formål, så der eksempelvis kan belyses værdien af nye udlandsforbindelser eller af tilkobling af dansk havvind til det kollektive net i andre lande. Herudover er der væsentlig usikkerhed forbundet med udviklingen i brintmølleteknologien.

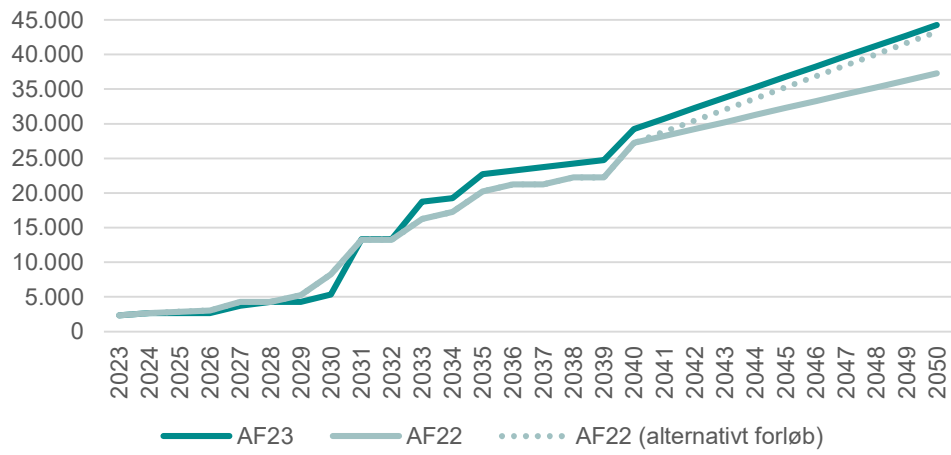
Ændringer ift. AF22

Metoden i AF23 er grundlæggende den samme som i AF22, dog med en større udnyttelse af potentialet i Nordsøen for at understøtte præmissen om, at AF23 er et målopfyldelsesscenarie. AF23 ligger derfor tættere på det alternative forløb end på grundforløbet i AF22.

Forskellene skyldes følgende:

- *Energiø Bornholm* er skubbet fra etablering primo 2030 til medio (i løbet af) 2030, hvorfor den i figuren herunder først fremgår fra 2031 i AF23. Det giver en forskel på 3 GW i 2030.
- *Indregning af overplanting* i forbindelse med udbuddet af 6 GW og Energiø Bornholm. Det giver en forskel på 0,1 GW fra 2030 som stiger til en forskel på 2,5 GW fra 2033 og frem.
- *Opfyldelse af langsigtede mål* om at udnytte Nordsøens potentiale for havvind. Det giver en stigende forskel over perioden efter 2040 endende med en forskel på 4,5 GW i 2050 for så vidt angår yderligere udbygning.

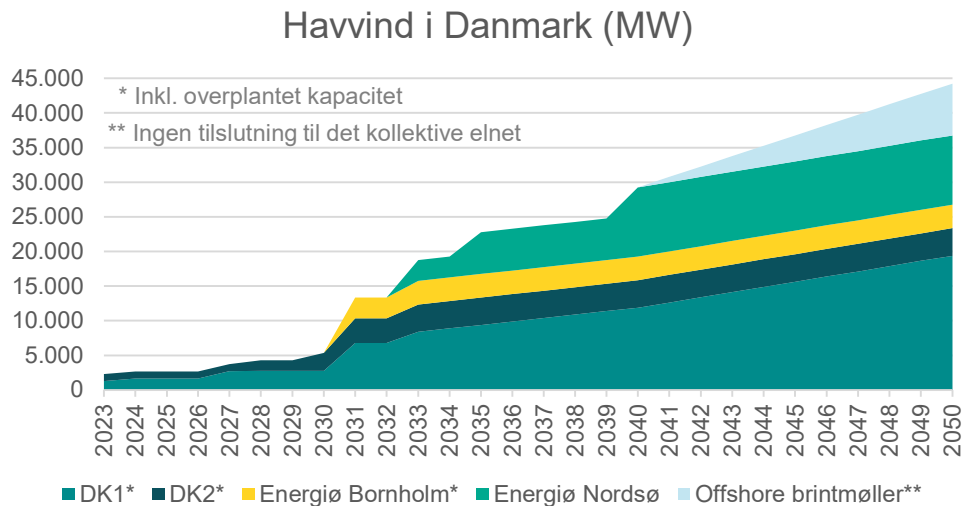
Havvind i Danmark (MW)



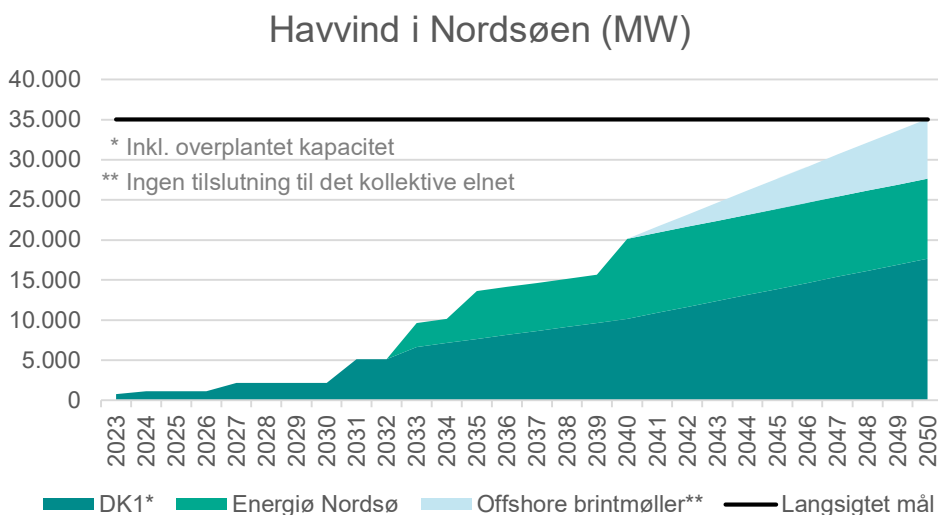
Figur 2: Samlet havvind i AF23 sammenlignet med AF22.

Bilag 1: Supplerende figurer

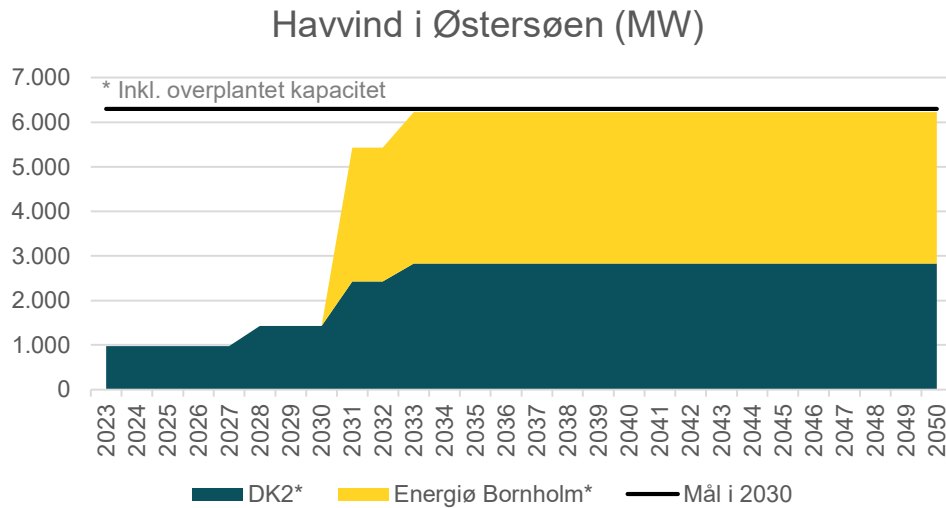
Dette bilag viser fremskrivningen opdelt på forskellige kategorier som supplement til Figur 1 i notatet.



Figur 3: Samlet havvind (MW) i AF23 fordelt på elområder samt kapacitet, der ikke er tilkøbet det kollektive elnet (beregningsteknisk antaget etableret som Offshore brintmøller). Overplantet kapacitet er placeret under de enkelte elområder sammen med den nettilsluttede del af kapaciteten.



Figur 4: Samlet havvind i Nordsøen (MW) i AF23 fordelt på elområder samt kapacitet, der ikke er tilkøbet det kollektive elnet (beregningsteknisk antaget etableret som Offshore brintmøller). Med DK1 menes havvind i Nordsøen tilsluttet i DK1.



Figur 5: Samlet havvind i Østersøen (MW) i AF23 fordelt på elområder. Med DK2 menes havvind i Østersøen tilsluttet i DK2. Bemærk at kapaciteten er opgjort primo året. Det betyder fx, at Energjø Bornholm, der antages etableret i løbet af 2030, først fremgår fra 2031 på figuren. Samtidig antages overplanting i forbindelse med Energjø Bornholm og Kriegers Flak II beregningsteknisk etableret to år efter den nettilsluttede kapacitet. Derfor ser det på figuren ud til at målet for Østersøen først nås i 2033. Det skyldes alene de beregningstekniske antagelser bag fremskrivningen.



Bilag 2: Links til politiske aftaler og ordninger

Energiaftale 2012: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/aftale_22-03-2012_final_ren.doc.pdf

Energiaftale 2018: <https://kefm.dk/media/6646/energiaftale2018.pdf>

Klimaaf tale af 22. juni 2020: [https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf-tale-energi-og-industri%20\(1\).pdf](https://kefm.dk/Media/8/8/aftaletekst-klimaaf-tale-energi-og-industri%20(1).pdf)

Tillæg til klimaaf tale om energi og industri af 22. juni 2020 vedr. Ejerskab og konstruktion af energioer mv. fra 4. februar 2021: <https://kefm.dk/Media/5/E/Aftaletekst%20-%20Energi%C3%B8er%20-%20Ejerskab%20og%20konstruktion%20af%20energi%C3%B8er%20mv.pdf>

Finansloven 2022, Delaftale om Investeringer i et fortsat grønnere Danmark af 4. december 2021: <https://www.regeringen.dk/media/10930/delaftale-om-investeringer-i-et-fortsat-groennere-danmark.pdf>

Esbjerg-erklæringen: <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/maj/historisk-erklæring-skal-sikre-groen-stroem-til-230-mio-europæiske-husstande>

Klimaaf tale for grøn strøm og varme af 25. juni 2022: <https://kefm.dk/Media/637920977082432693/Klimaaf-tale%20om%20gr%C3%B8n%20str%C3%B8m%20og%20varme%202022.pdf>

Tillægsaftale om Energio Bornholm 2022 af den 29. august 2022: <https://kefm.dk/Media/637973611483004267/Aftaletekst%20till%C3%A6gsaftale%20Energi%C3%B8%20Bornholm.pdf>

Marienburg-erklæring af den 30. august 2022: <https://www.regeringen.dk/media/11544/the-marienburg-declaration-300822.pdf>

Oostende-erklæringen af den 24. april 2023: <https://kefm.dk/Media/638179241161947530/7.%20Declaration%20LEADER.pdf>

Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energio Bornholm af den 30. maj 2023: <https://kefm.dk/Media/638211994684127079/Till%C3%A6gsaftale%20om%20udbudsrammer%20for%206%20GW%20havvind%20og%20Energi%C3%B8%20Bornholm%20FINAL.pdf>

Aftale om Danmarks Havplan af den 7. juni 2023: <https://em.dk/media/19628/aftaletekst-danmarks-havplan.pdf>

Åben-Dør-ordningen for havvindmøller: <https://ens.dk/ansvarsomraader/vindmoeller-paa-hav/aaben-doer-ordningen-havvindmoeller>