



Analyse af havnekapacitet i relation til udbygning af dansk havvind

KPMG for CIP Fonden

December 2023

Indhold

Sammenfatning

• Baggrund, formål og scoping	4
• Konklusioner	5
• Metode og data	7
• Oversigt over nøgletal fra analysen	8

Havnenes rolle i værdikæden for havvind

• Forskellige roller for havnene	10
• Forskellige roller for havnene: Værdikæden	11
• Kapacitetskrav til havnene	12

Scenarier for dansk havvindudbygning

• Opbygning af scenarier	14
• Tre scenarier for dansk havvindudbygning	15
• Udenlandsk aktivitet: Scenarie 3 breakdown	16
• Oostende-erklæringen i perspektiv	17
• Muligheden for overplanting øger usikkerheden på havnenes kapacitetsbehov	18

Analyse af de danske havne

• Metode og data: Forudsætninger	20
• Udvalgte relevante havne	21
• Afstandsfølsomhed ved sejlruiter: Udslibning, service og vedligeholdelse	23
• Yderligere havne med potentiale: Service og vedligeholdelse af parker	24
• Efterspørgsel på dimensioner og mitigering af disse	25
• Overblik over havnenes dimensioner	26
• Breakdown af dimensioner	28
• Analyseresultater	31
• Opsamling på analyseresultater	37

Perspektivering

• Fremtiden for havnenes rolle for havvind	39
--	----

Tekniske bilag



01

Sammenfatning

Baggrund, formål og scoping

Baggrund for analyse

CIP Fonden har bedt KPMG om at gennemføre en analyse af de danske havnes rolle og kapacitet i relation til den accelererede udbygning af havvind. Analysen dækker perioden fra 2024 og frem til slut-året for Oostende-erklæringen i 2050.

Havnene spiller flere centrale roller i værdikæden for havvind, og formålet med analysen er at identificere, om danske havne vil være årsag til flaskehalse for udbygningen af havvind i perioden 2024-2050.

Det primære fokus for analysen – identificeret gennem interview og foranalyse – er havnens rolle som udskibnings- og/eller produktionshavn, hvorfra vindmøllerne bliver udskibet og sejlet ud til havvindmølleparken. Havnenes rolle som servicehavn er ligeledes central for udbygningen af havvind, men der vurderes ikke i samme grad at være betydelige flaskehalse.

Analysen identificerer, hvilken type af kapacitet, som danske havne udfordres på. Det kan f.eks. dreje sig om tilstrækkeligt lange og brede kajer, kajernes bæreevne, havne- og sejlrendedybde eller arealer til rådighed for installation og opbevaring af møllekomponenter.

Analysen giver et input til behovet for eventuelle udvidelser i havnene. Hvis det eksempelvis er kajernes bæreevne (i takt med at møllerne bliver større og tungere), som udgør den primære flaskehals for udbygningen af havvind, er det denne dimension, der bør prioriteres at forstærke eller mitigere.

Scoping og afgrænsning

Der anvendes tre scenarier for udbygningen af havvind, som er baseret på kendte udbygningsplaner frem mod 2050. De tre scenarier adskiller sig ved mængden af havvind (GW), der vil blive etableret. Det største scenarie målt på GW anvendes primært til at teste havnenes kapaciteter.

Analysens fokus er afgrænset til danske havne. Der tages ikke højde for konkurrence fra udenlandske havne, og derfor indgår deres kapaciteter og dimensioner ikke i analysen. Denne afgrænsning er en "kunstig" afgrænsning, men er valgt for dels at holde fokus på de danske havne, dels det forhold, at de danske havne allerede i dag vurderes at have en komparativ fordel i forhold til udenlandske havne, da danske havne i højere grad benyttes til udenlandske havvindmølleprojekter snarere end omvendt.

Af overstående årsag er der i analysens scenarier for havvindudbygning også medtaget havvindudbygning fra en andel af udenlandske projekter. Andelen af udenlandske havvindmølleprojekter, som er lagt ind i analysens scenarier, beror sig på en antagelse om, at udenlandske projekter, der ligger tættere på en relevant dansk havn, end de gør på en havn i udlandet, vil benytte sig af den danske havn.

Havnenes nuværende dimensioner sammenholdes med det fremtidige behov for dimensioner. Efterspørgslen på fremtidens havnedimensioner belyser behovet fra installations- og producentvirksomheder samt virksomheder, der opererer med maritime services i forbindelse med installation af havvind. De ser ind i en fremtid, hvor havvindmøllerne bliver både væsentligt tungere og længere, og det udfordrer dels havnenes kajer, dels installationsskibene, som fragter møllerne fra havn til park.

Konklusioner

1 Havne er centrale for udbygning og servicering af havvind i Danmark

Danske havne spiller en essentiel rolle i værdikæden for havvind. Havnene udskiber møllekomponenter, lagrer reservedele og bidrager til kontinuerlig service og drift af havvind. Havnene har opbygget en stærk værdikæde, og deres erfaringer og service er efterspurgt for projekter på både dansk og udenlandsk område. For at forsat udvikle havnenes markedsposition, skal de kunne møde behovene og kravene fra den fortsatte vækst i møllernes størrelse. Efterspørgslen består hovedsageligt af dybere sejlrender og forstærkede kajbæreevner til at kunne udskibe møllestørrelser på hhv. 15 MW i 2025 og 30 MW i 2050.

2 Der er et gap mellem installatørernes efterspørgsel på bæreevne frem til 2050 og havnenes teknisk-målte bæreevne i 2023

Figuren nedenfor aflæses som et dynamisk spektrum for dimensioner. Ligger dimensionen yderst til højre, imødekommer den efterspørgslen fra installatørerne. Størstedelen af havnene imødekommer 2023-efterspørgslen på dimensioner⁽¹⁾, men der er et gap mellem særligt den teknisk-målt bæreevne i 2023, og behovet for denne i 2050.⁽²⁾ Årsagen er, at installatører af havvind ser ind i fremtid, hvor f.eks. en 20 MW-havvindmølle forventes at have en samlet vægt på omkring 3.200 t mod omkring 950 t for en 8 MW-havvindmølle. En svag bæreevne kan mitigeres ved at lægge stålplader på kajen, som bidrager til en mere jævn vægtfordeling.

Efterspørgslen i 2023⁽¹⁾ er hovedsageligt opfyldt, men havnenes kajbæreevne i 2023 er langt fra at imødekomme efterspørgslen frem til 2050⁽²⁾

Arealplads til havvind

500.000 m²

300.000 m²

130.000 m²

50.000 m²

45.000 m²

30.000 m²

282.000 m²

250.000 m²

250.000 m²

35.000 m²

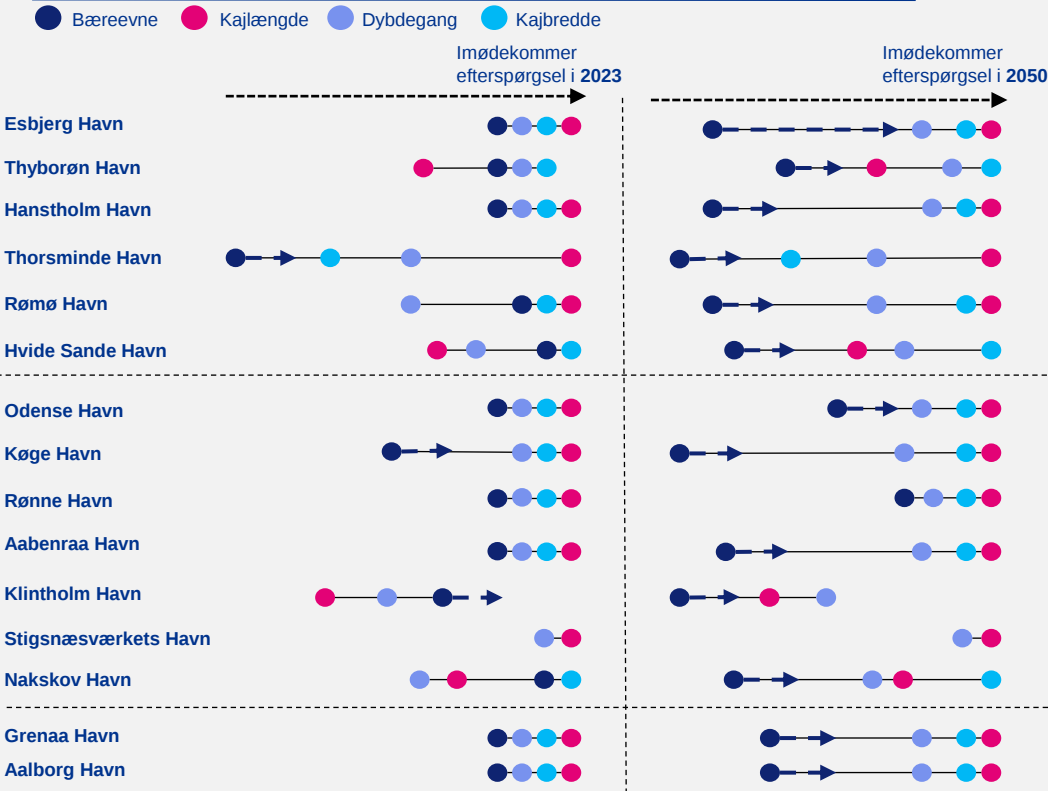
Ukendt m²

Ukendt m²

Ukendt m²

300.000 m²

75.000 m²

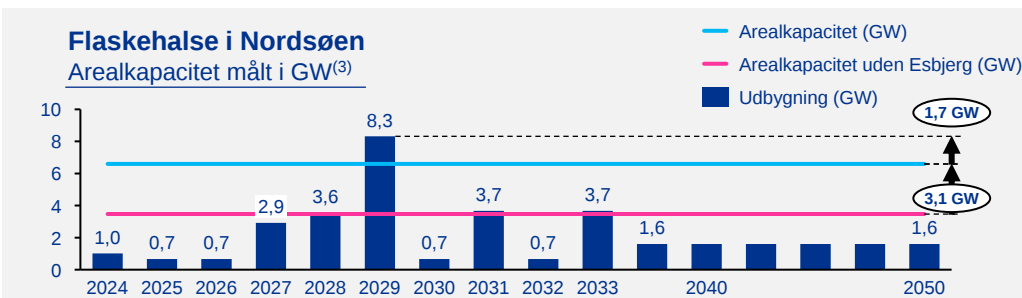


(1) Efterspørgsel på dimensioner i 2023: Bæreevne 5 t/m², kajlængde 250 m, dybdegang 10 m, kajbredde 30-60 m.
(2) Efterspørgsel på dimensioner i 2050: Bæreevne 50 t/m², kajlængde 250 m, dybdegang 12-14 m, kajbredde 30-60 m.

Konklusioner

3 Arealplads til udskibning af havvind kan blive en knap ressource i fremtiden

På nuværende tidspunkt har havne beliggende i Nordsøen en samlet arealkapacitet på 1.055.000 m² til rådighed for udskibning af havvind.⁽¹⁾ Med et behov for mindst 160.000 m² pr. GW udskibning om året, kan Nordsøen tåle at udskibe 6,6 GW pr. år. Forudsætningen er dog, at denne areal står tilgængelig for udviklerne af havvind – en antagelse, der let kan brydes, da Esbjerg Havn er den største havn på denne strækning, og formentligt er booket ude i fremtiden. Mangel på arealplads ses bl.a. ved flaskehalsen på 3,1+1,7=4,8 GW i 2029, hvor Esbjerg Havns arealplads ikke tælles med. For at imødegå denne flaskehals, er der behov for 4,8 GW * 160.000 m² = 768.000 m² yderligere arealkapacitet på Nordsøen-strækningen. Arealplads til fundamenter indgår ikke heri. I takt med udbygningen af havvind vil arealplads også løbende optages til service-formål af parkerne og produktion samt opbevaring af fundamenter, som vil lede til endnu mindre tilgængelig areal for installation og udskibning. Derfor må det forventes, at mangel på arealplads vil bremse den fremtidige udbygning af havvind.⁽²⁾



4 Havnenes rolle som servicehavn giver erhvervsaktivitet - hvis faciliteterne er til stede

Efterspørgslen på havnenes dimensioner gør sig primært gældende for installation- og produktionshavne. Krav i form af bæreevne, dybdegang, arealplads mv. er mindre for en servicehavn, og vurderes ikke at udgøre en reel barriere. Installatører og udviklere af havvind efterspørger imidlertid helipads nærtliggende havnene, og generelle faciliteter til at varetage service- og vedligeholdelse af parkerne. Havne kan lukrere dels på deres lokation i forhold til parkens afstand, dels at stille attraktive faciliteter til rådighed. Med fremtidens forventede udbygningsplaner i Danmark vil der være en stigende efterspørgsel på servicehavne.

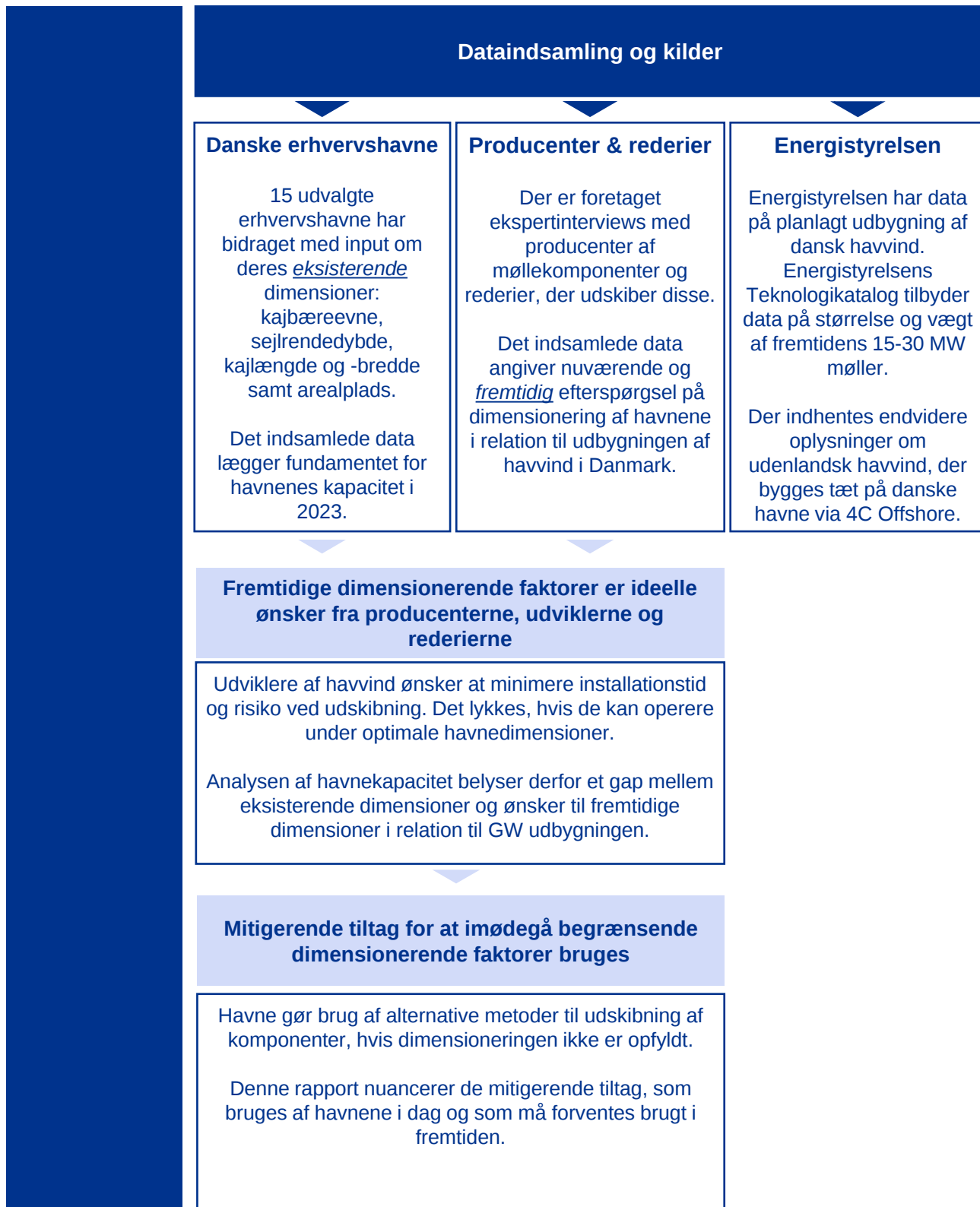
5 Analysen antager, at der ikke sker grundlæggende ændringer i værdikæden for havvind

Analysen er gennemført med udgangspunkt i den nuværende værdikæde for etablering af havvind, hvor havnene agerer service-, produktions- og/eller installationshavn. Aktører i sektoren peger imidlertid på, at en alternativ proces baseret på "offshore assembly" kan reducere behovet for havnekapacitet til installation. På trods af et mindre behov for kapacitet i havnene, kan offshore assembly være problematisk for installatører og udviklere. Der kan opstå en væsentlig højere risiko for nedetid af installation, da fartøjerne kan blive begrænset af skiftende vejrforhold og høje bølger. Der hersker derfor en vis usikkerhed over værdikæden frem til 2050, men KPMG vurderer, at klassisk installation vil være udgangspunktet for havvindudviklerne.

(1) Havne i Nordsøen: Esbjerg, Thyborøn, Høstholm, Thorsminde, Rømø og Hvide Sande.

(2) Udbygning af havvind i Østersøen, Kattegat mv. oplever også flaskehalse som grundet mangel på arealplads. Dette præsenteres i analysen.

(3) 1 GW kræver ca. 160.000 m² arealplads. Arealplads er en dynamisk størrelse, og havne med mindre end 160.000 m² kan udskibe det mindre.



Oversigt over nøgletal fra analysen

15



havne spiller en aktiv rolle
for havvind i Danmark

For at havnen kan
anvendes som
installations/produktions-
havn i dag, kræver det
typisk en:



Vanddybde på **10** m

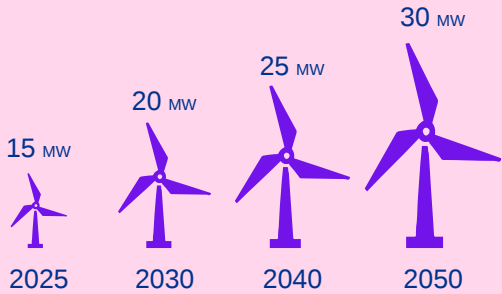
Kajlængde på **250** m

Kajbredde på **30-60** m

Bæreevne på **5** t/m²

Arealer på **160.000** m²

Forventet møllestørrelse



53 GW

Forventet udbygning
frem mod 2050 i
Nordsøen med
relevans for danske
havne

7 GW

Forventet udbygning
frem mod 2050 i
øvrige områder med
relevans for danske
havne

Forventet udbygning
frem mod 2050 i
Østersøen med
relevans for danske
havne

31 GW

Illustration af analysens scenarie 3

10x

forventet stigning i omkostning for at gå fra onshore- til offshorevind



02

Havnenes rolle i værdikæden for havvind

Forskellige roller for havnene

Havnenes roller

De danske erhvervshavne har overordnet tre forskellige roller i værdikæden for udbygning af havvind. Disse tre roller er hhv. *produktionshavn*, *installationshavn* og *servicehavn*. Hver af disse roller stiller en række krav til de faciliteter, som havnen tilbyder, og som derved gør havnen attraktiv for produktionsvirksomheder, havvindmølleparkudviklere, installatører og servicevirksomheder. Det er forskelligt fra projekt til projekt, hvem i værdikæden for parken, der vælger, hvilken havn der bliver anvendt. For nogle projekter er det udvikleren, der vælger, hvilken havn projektet udføres fra; i andre tilfælde er det komponentproducenten, der i samarbejde med udvikleren har specificeret, hvilken havn der anvendes til det konkrete projekt.



Produktionshavn

Elementerne, der produceres til havvindmøller (naceller, vinger, monopæler, fundamenter), bliver stadigt større og tungere, hvilket begrænser muligheden for at transportere komponenterne via vejnettet. Derfor foregår produktionen af havvindmøllekomponenter overvejende på havnen eller nær havnen, hvor komponenterne kan flyttes direkte fra produktionshallen og ud på fragtskibene. For at kunne agere produktionshavn kræver det store arealer og produktionshaller, stærke kajanlæg og en tilstrækkelig vanddybde i sejlrende og havnebassin. Foruden dette er produktionen af havvindmøllekomponenter en ressourcetung og kompliceret proces, som kræver en stor og kvalificeret arbejdsstyrke.



Installationshavn

Installationshavnene fungerer som pre-assembly hubs for vindmølleproducenten og -installatørerne, inden vindmøllen udskibes til installationsområdet på havet. Installationshavnen stiller arealer og kajer til rådighed for perioden, hvor havvindmølleparken udskibes og opsættes. Møller og fundamenter udskibes ikke nødvendigvis fra samme havn. Det vurderes af Trafikstyrelsen, at der skal bruges 100.000-150.000 m² i installationshavnen i en periode på 6-9 måneder for at udskibe fundamenter tilsvarende 1 GW samt 150.000-200.000 m² i installationshavnen i en periode på 1 år for at udskibe møller tilsvarende 1 GW. Nærhed til installationssite har betydning for havnes attraktivitet.



Servicehavn

Når havvindmølleparkerne er i drift, spiller havnene fortsat en væsentlig rolle i drift og service af møllerne. For servicehavnene er det primært mandskab og mindre reservedele, der skal fragtes fra havnen og ud til havvindmølleparken. Den væsentligste faktor for servicehavnen er nærhed til havvindmølleparken, hvor de nuværende servicevirksomheder typisk arbejder med en afstand fra havn til park på op til 90 km. Desuden er areal til helipads og helikoptere vigtig, da der forekommer en stigende tendens for udvikleren at benytte disse til fragt af mandskab, når havfartøjerne er begrænsede af uvejr og for høje bølger.

Forskellige roller for havnene: Værdikæden

Værdikæden for havvind

I nedenstående oversigt er havnens roller og placering i værdikæden for havvind illustreret. Som det fremgår, er det de samme færdige komponenter, der håndteres i hhv. en produktionshavn og en installationshavn, hvorfor de dimensionerende faktorer for havnens faciliteter ikke adskiller sig. En produktionshavn kan således agere installationshavn, hvis der er tilstrækkelig arealkapacitet til at facilitere både produktionen og den pre-assembly, der ellers ville foretages i en installationshavn. Ligeledes kan produktions- og/eller installationshavne agere servicehavn.

Værdikæden for havnens rolle i udbygning af havvind

Installationshavn

Installationshavnen modtager møllekomponenterne fra produktionshavnen. I installationshavnen foretages pre-assembly af møllerne, inden de udskibes til installationsområdet. Et 1 GW havvindmøllepark-projekt vil typisk tage 9-12 måneder.

Entreprenøren udskiber og installerer de færdige møller.

Produktionshavn og installationshavn kan godt være én og samme havn.

Servicehavn

Havnen indgår aftale med en servicevirksomhed om, at den konkrete havvindmøllepark skal drives, serviceres og vedligeholdes ud fra havnen. Typisk har parkerne en levetid på omkring 35 år, hvor de i hele perioden skal serviceres ud fra den givne havn

Produktionshavn

Mølleproducent har produktionsfaciliteter på/i nærheden af havnen. Samme producent kan have produktionsfaciliteter i flere forskellige havne.

Færdige møllekomponenter (vinger, tårne, naceller mv.) udskibes fra produktionshavnen til den installationshavn, der anvendes til udskibning af den specifikke havvindmøllepark. Udskibning kan også ske direkte til installationsområdet for parken.

Havvindmøllepark & vindmølleparkudvikler

Havvindmølleparken udvikles af vindmølleudvikleren, der indgår en aftale med hhv. servicevirksomheden, mølleproducenten, installationshavnen samt entreprenøren.

(1) Med entreprenøren menes der virksomheden, der installerer havvindmølleparken, som f.eks. Cadelar, Mærsk mv.

Kapacitetskrav til havnene

Dimensionerende faktorer for havnekapacitet i de forskellige roller

Kravene til de faciliteter, som havne tilbyder til havvindindustrien, vil stige i takt med, at de vindmøllekomponenter, der udvikles, bliver større og tungere og dermed også vil kræve større fartøjer til at håndtere komponenterne. Kravene er dog forskellige, og afhænger af, hvilken rolle, som havnen spiller i værdikæden.

Servicehavne

Da servicehavnens hovedformål er at transportere mandskab og reservedele ud til parken, er den vigtigste faktor for servicehavnene kort afstand til den havvindmøllepark, der laves drift og service på. Derudover kræver servicevirksomhederne lagerfaciliteter til reservedelene, hvor service af de nuværende parker på 1 GW kræver ca. 8.000 m².⁽¹⁾ Forventeligt vil dette krav ikke stige i fremtiden, da håndteringen af reservedele typisk ikke vil kræve mere plads trods møllernes stigning i størrelse og vægt. Reservedele er typisk af mindre størrelse, herunder skruer, bolte og smørelse.

Produktionshavne

For at havnen kan fungere som produktionshavn, er den væsentligste faktor, at der er store arealer til rådighed for de producerende virksomheder, at kajen har en tilstrækkelig bæreevne, og at vanddybden i sejlbassinet og havnebassinet er tilstrækkelig dyb til de transportskibe, der afhenter møllekomponenterne. De dimensionerende faktorer for en produktionshavn og en installationshavn adskiller sig ikke væsentligt, da begge havne skal kunne håndtere de samme komponenter. Den væsentligste faktor, der adskiller produktionshavnen fra installationshavnen, er de arealer og produktionsfaciliteter, der kræves for at kunne håndtere processen fra råmaterialer til færdige vindmøllekomponenter. En produktionshavn kan således agere installationshavn, da kapacitetskravene til en installationshavn som minimum også vil skulle imødekommes af en produktionshavn.

Installationshavne

Når vindmøllekomponenterne er produceret og skal samles i en installationshavn, stiller det væsentlige krav til havnens kapacitet. Følgende dimensioner efterspørges for en installationshavn:

Dimensionerende faktorer for havnekapacitet i en installationshavn⁽²⁾

Krav til havnens dimensioner	Krav i 2023	Enhed
Vanddybde	10	[m]
Kajlængder (installationsskibe)	250	[m]
Kajlængder (LOLO & Heavy duty RORO)	200	[m]
Bæreevne på kajen	5	[t/m ²]
Arealer (pre-assembly og oplagring)	160.000	[m ² /GW]
Kajbredde	30	[m]

(1) Kilde: Interview med Thorsminde Havn.
(2) Kilde: Ekspertinterview



03

Scenarier for dansk havvindudbygning

Opbygning af scenarier

Metode og data for analysens tre scenarier

Analysen tager udgangspunkt i tre scenarier, der beskriver det varierende behov for kapacitetsudbygning i danske erhvervshavne. Der hersker usikkerhed om udbygningshastigheden – udtrykt ved mængden af GW - og det giver anledning til at teste havnekapaciteten ved forskellige scenarier af GW på tværs af tidsperioder.

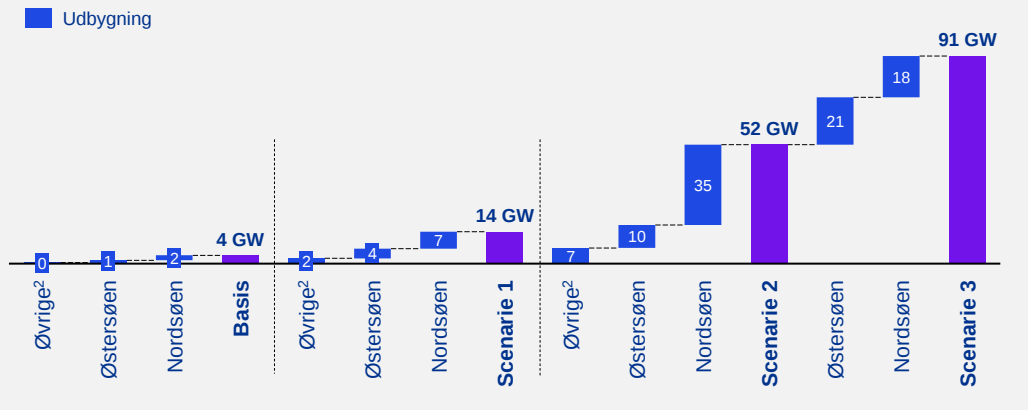
Der indsamles relevant data for eksisterende og fremtidig planlagt kapacitet for danske havvindmølleparker fra bl.a. Energistyrelsens oversigt over etablerede og ansøgte havvindmølleparker samt oversigten over estimerede kapacitetsudvidelser i havvindmølleparker ansøgt gennem Energistyrelsens åben dør-ordning pr. 1.12.2023. I tilfælde, hvor ansøgningerne angiver et spænd af kapacitetsudbygning, anvender analysen den højst angivne kapacitet. Ved fremtidige parker, hvor antallet af møller endnu ikke er specificeret, beregnes antallet af møller ud fra parkens samlede kapacitet på det givne tidspunkt og som angivet i Energistyrelsens Teknologikatalog. Afviste projekter igennem åben dør-ordningen medtages ikke, medmindre de har genansøgt tilladelse om at opføre parken.

Endvidere medtages data fra Oostende-erklæringen for at inkorporere potentiel udbygning frem mod 2050. Desuden medtages en række af udenlandske havvindmølleparker, der forventeligt vil gøre brug af en dansk havn som udskibningshavn.

Nedenfor præsenteres detaljer om de udvalgte scenarier.

Basis	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Udbygget havvind i DK⁽¹⁾	2024-2033 - Eksisterende og udbudt havvind i DK	2024-2050 - Eksisterende og udbudt havvind i DK +Oostende-erklæring på 35 GW	2024-2050 - Eksisterende og udbudt havvind i DK +Oostende-erklæring på 35 GW +udenlandsk udbygning nær danske havne

3 scenarier for udbygning af havvind GW-udbygning i perioden 2024-2050



(1) Inkluderer udbygning i Tunø Knob (1995), Middelgrunden (2000), Horns Rev I (2002), Frederikshavn (2003), Nysted (2003), Rønland (2003), Samsø (2003), Horns Rev II (2009), Sprogø (2009), Avedøre Holme (2010), Rødsand II (2010), Anholt (2013), Nissum Bredning forsøgsmøller (2018), Horns Rev III (2019), Krigers Flak (2021), Vesterhav Nord (2024), Vesterhav Syd (2024), Thor Havvindmøllepark (2028).

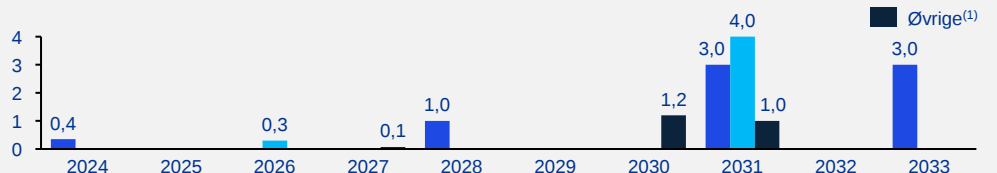
(2) Øvrige omfatter områderne Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.

Tre scenarier for havvindudbygning

Scenarie 1: Scenarie 1 er en lav grad af udbygning af dansk havvind. Scenariet tager udgangspunkt i kapaciteten fra eksisterende havvindmølleparker, udbudt havvind, Energi Ø Bornholm og Nordsøen samt fremtidige havvindmølleprojekter, der er godkendt til etablering under Energistyrelsens åben dør-ordning. Scenarie 1 udgør i alt 14 GW udbygning i perioden 2024-2033 som angivet i nedenstående figur:

Udbygning af havvind: Scenarie 1

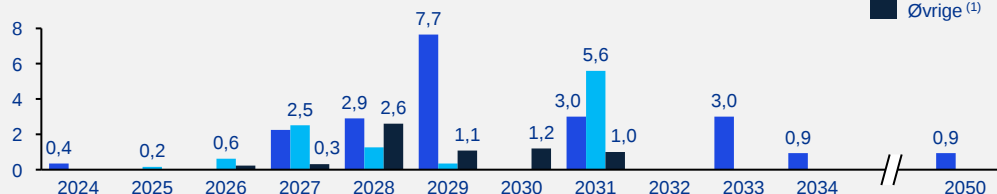
GW-udbygning pr. år



Scenarie 2: Foruden det nævnte i scenarie 1, inkluderer scenarie 2 kapacitetsudbygningerne fra alle projekter i Energistyrelsens Åben dør-ordning. Endvidere inkluderes udbygningen af dansk havvind fra Oostende-erklæringen. Scenarie 2 udgør i alt 52 GW udbygning i perioden 2024-2050. Udbygningen ses i nedenstående figur. Udbygningen på 7,7 GW i Nordsøen i 2029 består af bl.a. Thybo I, Thybo II og Vikinge Banke med en kapacitet på hhv. 4 GW, 1,76 GW og 1,1 GW.

Udbygning af havvind: Scenarie 2*

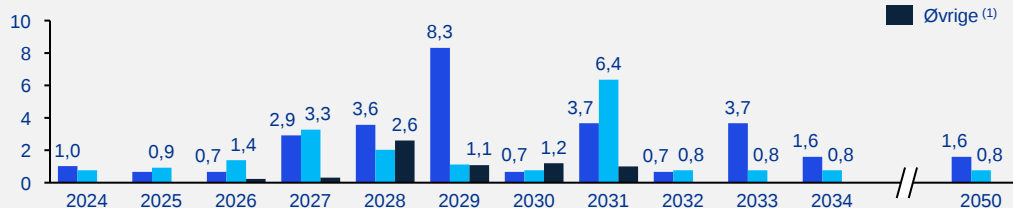
GW-udbygning pr. år



Scenarie 3: Scenarie 3 indeholder samme udbygningsplaner som scenarie 2, men inkluderer yderligere 39 GW udenlandsk havvind i perioden 2024-2050. Den udenlandske udbygning er identificeret under antagelsen, at afstanden fra udenlandsk park til nærmeste danske havn er mindre end/lig afstanden til en havn i udviklerens land. COD for de udenlandske parker kan ikke identificeres, hvorfor disse er antaget ligeligt fordelt i årene 2024-2050. Scenarie 3 udgør knap 91 GW udbygning i perioden 2024-2050. Udbygningen ses i nedenstående figur:

Udbygning af havvind: Scenarie 3*

GW-udbygning pr. år



(1) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.

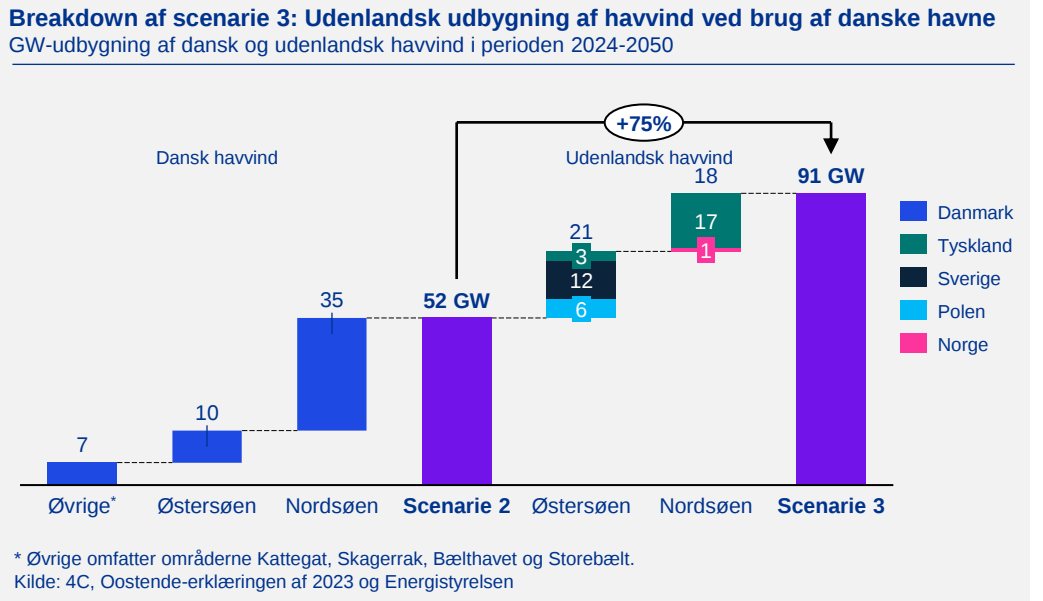
* Udbygningen i perioden 2034-2050 er konstant, og derfor udelades visualiseringen af dette i årene 2035-2049.

Udenlandsk aktivitet: Scenarie 3 breakdown

Udenlandsk aktivitet af havvind nær danske havne

Danmark har gennem de seneste 30 år opbygget en stærk forsyningskæde, som vurderes at kunne stå for op til 40% af det samlede europæiske marked for havvind.⁽¹⁾ Erfaringerne er attraktive for udenlandske udviklere af havvind, og det ses bl.a. ved, at Esbjerg Havn på nuværende tidspunkt er delvist booket af udenlandske havvindsudviklere. I kølvandet på Oostende-erklæringen må det antages, at udenlandske udviklere i Nordsøen (og Østersøen) vil finde danske havne attraktive til både at agere installationshavn for udskibningen af møller, men også til at agere servicehavn til generel vedligeholdelse og drift i parkernes levetid.

Nedenstående figur angiver potentiel udbygning af udenlandsk havvind i Nordsøen og Østersøen for udbudte eller planlagte udbud af udenlandsk havvind. Parkerne er udvalgt under antagelsen, at hvis afstanden fra udenlandsk park til nærmeste danske havn er mindre end eller lig afstanden til en havn i udviklerens land, vil udvikleren vælge en dansk havn som base, for at udnytte knowhow og erfaringer. Udbygningen er ligeligt fordelt i perioden 2024-2050, da COD er ukendt for parkerne. Den faktiske anvendelse af danske havne kan både blive større og mindre.



Scenarie 3 er 75% højere i GW-udbygning end scenarie 2. Begge scenarier rækker frem til 2050. Installation og service af udenlandsk havvind i danske havne kan bringe erhvervsaktivitet til Danmark og danske havne, såfremt havnene har kapacitet til at møde efterspørgslen. Der kan opstå behov for arealudvidelser til opbevaring af møllekomponenter. Desuden kan ind- og udsejlingstrængsel blive en realitet i havnene. Dels foregår udskibning, installation og servicekampagner typisk i månederne marts-oktober, hvor vejrforholdene er bedre (lavere bølger og mere lys), dels vil der i takt med den accelererede udbygning også være et stigende behov for plads til generel service og vedligeholdelse, som involverer daglige sejlture fra havn til park med mandskab ombord.

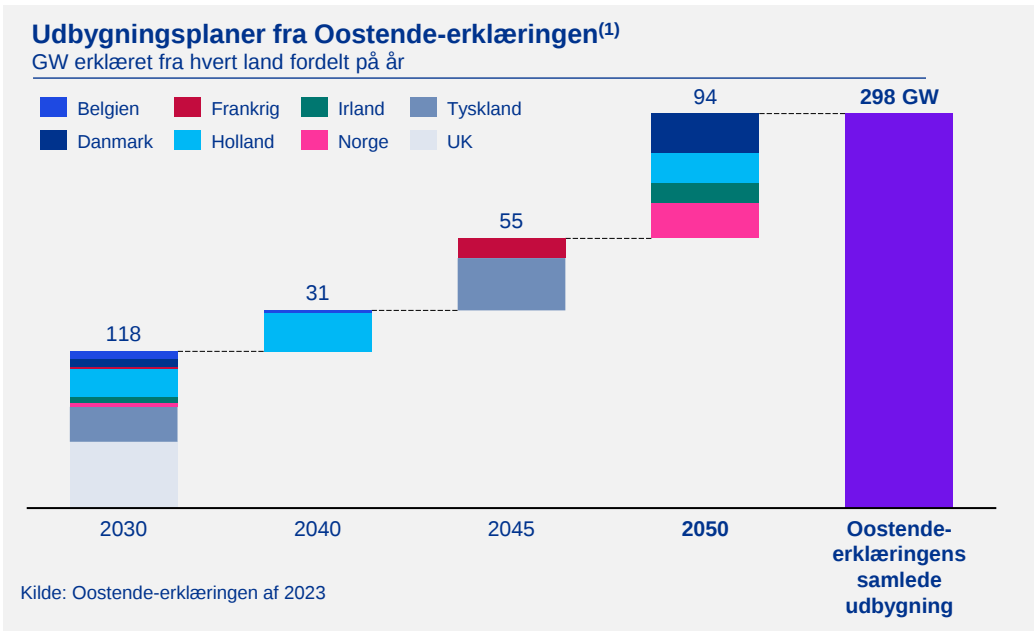
(1) Kilde: [Erhvervspolitisk redegørelse for Vind-CCUS-og-PtX.pdf \(danskehavne.dk\)](#)

Oostende-erklæringen i perspektiv

Oostende-erklæringen og planer for udbygning af havvind

Danmark underskrev den 24. april 2023 Oostende-erklæringen sammen med otte andre lande i Europa (Belgien, Frankrig, Irland, Tyskland, Holland, Norge, UK og Luxembourg). I erklæringen har alle ni landes klimaministre skrevet under på, at de vil arbejde for at gøre Nordsøen til en "green power plant" ved at levere tværnationale havvindsprojekter og forankre produktion af bæredygtig vindenergi i Europa. Erklæringen lægger op til, at de ni nationer skal etablere ca. 120 GW havvindskapacitet i 2030, og vil til og med 2050 have mere end fordoblet dette til knap 300 GW. Udbygningsplanerne i Oostende-erklæringen beror sig ikke på konkrete projekter, men snarere en erklæring om, at man vil arbejde for at opnå det samlede GW-mål.

Erklæringen indeholder yderligere en opdeling af, hvor mange GW hvert land har intentioner om at udbygge. For Danmark gælder det, at man i 2030 vil have udbygget minimum 5,3 GW havvind i Nordsøen, og at man i 2050 vil have hævet denne kapacitet til 35 GW. Nedenstående figur præsenterer udbygningsplanerne fra alle ni nationer:



Danmarks mål udgør 12% af Oostende-erklæringens samlede udbygningsplan. Det antages, at de danske udbygningsplaner fra Oostende-erklæringen vil blive udskibet og etableret fra danske havne, og de samlede 35 GW er således inkluderet i analysens scenarie 2 og 3. Dele af den udenlandske havvindsudbygningen er indirekte medtaget i scenarie 3 efter de anvendte antagelser om afstand fra (udenlandsk) havn til park.

(1) Luxembourg har ikke konkrete udbygningsplaner i Nordsøområdet, men vil i stedet bidrage til materialiseringen af det samlede Oostendemål for de øvrige medunderskrivere.

Muligheden for overplanting øger usikkerheden på havnenes kapacitetsbehov

Overplanting er for usikkert til at inddrages direkte i analysen

"Overplanting" betyder, at den vindende udvikler af en udbudt havvindmøllepark vælger at installere flere MW, end der er angivet i udbuddet. Denne analyse lægger ikke systematisk overplanting ind i scenarierne.

Beskrivelse af overplanting

Der kan være flere årsager til at lave overplanting. Dels vil overplanting give mulighed for en samlet større el-produktion fra den samme havvindmøllepark, dels give flere "fuldlasttimer", hvor havvindmølleparken producerer og kan ilandføre den mængde strøm, som søkablet til ilandføring tillader. Dette kan forklares med følgende eksempel:

Såfremt der er udbudt en havvindmøllepark på 1 GW, og søkablet ind til land er på 1 GW, kan havvindmølleparken kun producere og ilandføre 1 GW ved den optimale – relativt høje – vindhastighed, hvilket giver relativt få "fuldlasttimer".

Såfremt udvikleren i stedet laver overplanting, altså installerer mere end 1 GW havvindmøllekapacitet i havvindmølleparken, kan der stadigvæk produceres og ilandføres 1 GW ved relativt lavere vind og dermed i flere timer pr. år. På den måde kan havvindmølleparken og søkablet i kombination udnytte søkablets fulde kapacitet i flere timer om året og dermed give både havvindmølleparken og søkablet flere fuldlasttimer.

Ved at lave overplanting, og deraf afledt flere fuldlasttimer af ilandført strøm, kan havvindmølleparken dermed opnå en gennemsnitlig højere KWh afregningspris for den samlede produktion, da søkablets fulde kapacitet kan udnyttes ved lavere vindhastighed og dermed – alt andet lige – højere elpriser.

Grundet overplantings usikre natur medtages det ikke i denne analyse.



04

Analyse af de danske havne

Metode og data: Forudsætninger

Møllekomponenter inkluderet i analysen

Denne analyse inkluderer nuværende og forventet fremtidig størrelse og vægt på møllevinger, mølletårne og naceller. For fremtidige værdier af disse tages der udgangspunkt i Energistyrelsens Teknologikatalog. Øvrige komponenter til brug for udbygningen af havvind inkluderer bl.a. fundamenter. Fundamenter medtages ikke i analysen sammen med øvrige møllekomponenter. Fundamenter bliver produceret og udskibet i Aalborg og Odense Havn. Fra ultimo 2023 forventes også produktion og udskibning af fundamenter fra Esbjerg Havn.⁽¹⁾ Udskibning og installation af fundamenter sker selvstændigt, og tidligere i værdikæden end udskibning af møllekomponenterne.

Havnedimensioner: efterspørgsel og mitigering

Møllernes fremtidige dimensioner lægger grundlag for behovet af dimensionering i havnene. Tungere og større møller vil udfordre bæreevne, dybdegang, kajlængde og –bredde samt arealplads i havnene. Installatører, producenter og udviklere af havvind efterspørger af den grund forstærket bæreevne, udvidede sejlrender mv., for at imødekomme fremtidens møllers størrelse, når disse skal udskibes. Den efterspørgsel, som vil finde sted frem til 2050, bruges som baseline og sammenholdes med havnenes nuværende dimensionering. Dimensionerende faktorer er dermed et udtryk for, hvad installatører og producenter af møllekomponenter vurderer som ideelle krav for udskibning. Hertil er det vigtigt at understrege, at havnenes faktiske dimensioner også er en indikator for, hvor attraktive og konkurrencedygtige havnene er på et internationalt marked.

Den nøjagtige størrelse på dimensionerne er derfor ikke nødvendigvis en forudsætning for, om møllekomponenterne kan udskibes fra havnene. I havne, hvor ideelle krav til dimensionering ikke er opfyldt, kan der bruges mitigerende tiltag. Hvis sejlrendedybden ikke kan håndtere heavy-lift jack-ups, kan møllekomponenterne i stedet fragtes fra havn til park via en pram, hvorfra møllekomponenterne flyttes til en jack-up. Af hensyn til omkostningerne og risici forbundet med en mere kompleks produktionskæde, ønsker installatørerne, producenterne og udviklerne i stedet udvidede sejlrender. Da mitigerende tiltag er hyppigt brugt i dag, må det også forventes hyppigt brugt i fremtiden. Denne analyse belyser dels størrelsen på gap mellem havnenes dimensioner og efterspørgslen på disse, dels nuanceringen om, at dimensionerne kan mitigeres, såfremt de ikke er opfyldt.

Havnenes nuværende dimensioner

15 udvalgte havne er kontaktet med formålet om at oplyse deres dimensioner. I bilag Havnenes dimensioner findes en liste over havnene, herunder anvendte datakilder, havnedimensioner, kommentarer og forbehold.

Analyse i perioden fra 2024 til 2050

Desto længere ud i fremtiden der kigges, desto større usikkerhed hersker sig omkring møllernes størrelse, mængden af GW-udbygning, og hvornår parkerne installeres. Ændringer i installationsmetoder og værdikæden for havvind kan forekomme, og kan have direkte effekt på havnenes anvendelse og antagelserne i denne rapport. Analysen laves med forbehold for ændringer heri.

(1) [Esbjerg - Denmark - Bladt Industries A/S](#)

Udvalgte relevante havne : Kriterier

Relevante danske havne for udbygningen af havvind

Danske Havne har vurderet, at særligt 13 danske erhvervshavne spiller en aktiv rolle for havvind⁽¹⁾. Disse havne har hidtil fungeret som installations-, produktions- og/eller servicehavne, og af den årsag må det vurderes, at havnene har en attraktiv geografisk placering i relation til udbygningen, at de har haft faciliteter og kapaciteter til at håndtere udskibning og service, samt at de har potentiale for fremtidig udvikling. Dermed kategoriseres disse havne på baggrund af følgende kriterier:



- 1 Den geografiske placering af havnene er en afgørende strategisk og økonomisk faktor for havvind. Korte sejlruiter sikrer lavere driftsomkostninger i forbindelse med installation og vedligeholdelse, mere tidseffektiv udnyttelse af teknisk arbejdskraft og minimerer desuden nedetid af produktion.
- 2 Udbygning af havvind kræver store arealer til installation, produktion og opbevaring af møllekomponenter. Jf. bilag Tekniske Mølledata forventes en mølle af 20 MW kapacitet at være 200 m lang med en samlet vægt på omkring 3.200 t. Disse mål kan udfordre havnekajernes bæreevne, længde og bredde.
- 3 I takt med, at vindmøllerne bliver både større og tungere, vil der være behov for havne, som har potentiale for at udvikle sig på nogle af de dimensioner, som udfordres af møllernes størrelse.

Udvalgte relevante havne til analysen

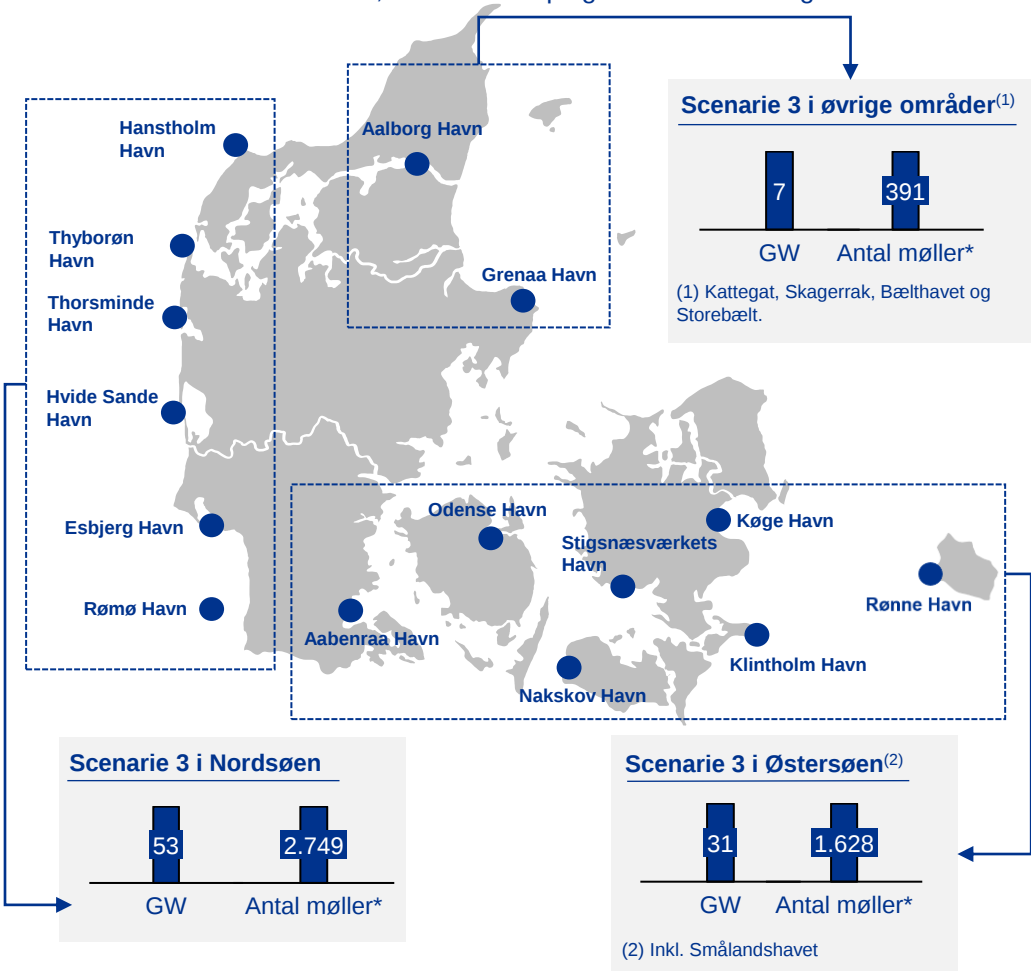
Havn	Formål*	Område
Aalborg Havn	Installation/produktion	Øvrige områder ⁽³⁾
Odense Havn	Installation/produktion	Østersøen
Nakskov Havn	Installation/produktion	Østersøen
Esbjerg Havn	Installation/produktion	Nordsøen
Aabenraa Havn	Installation/produktion	Østersøen
Grenaa Havn	Installation/produktion	Øvrige områder ⁽³⁾
Rønne Havn	Installation/produktion	Østersøen
Køge Havn	Installation/produktion	Østersøen
Thyborøn Havn	Installation/produktion	Nordsøen
Hvide Sande Havn	Service	Nordsøen
Thorsminde Havn	Service	Nordsøen
Rømø Havn	Service	Nordsøen
Klintholm Havn	Service	Østersøen
Hanstholm Havn ⁽²⁾	Service	Nordsøen
Stignæsværkets Havn ⁽²⁾	Ukendt	Østersøen

(1) Kilde [Erhvervspolitisk redegørelse for Vind-CCUS og PtX.pdf \(danskehavne.dk\)](#)
(2) Stignæsværkets Havn er privatejet men udvalgt af KPMG, da den opfylder vigtige dimensionerende faktorer. Hanstholm Havn er udvalgt af KPMG, da de har erfaring med O&M af havvind og har potentiale for udvidelse til installationshavn.
(3) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt. Østersøen indeholder Smålandshavet.
* "Formål" angiver havnens formål i relation til havvind i 2023. I denne analyse medtages alle 15 havne – også havne hvis formål er service – i beregninger for kapaciteter og dimensioner, som primært vil gøre sig gældende for installationshavne.

Udvalgte relevante havne: Scenarie 3

Relevante danske havne for udbygningen af havvind

Nedenstående kort angiver placeringen af de udvalgte havne. Nedenfor er scenarie 3 fordelt på udbygningen i Nordsøen, Østersøen og øvrige områder⁽¹⁾, og udbygningen hertil er markeret til de havne, der er mest oplagte til installation og service.



Udbygningen af havvind i Nordsøen og Østersøen udgør 92%. Havnene beliggende nærmest de farvande anses derfor for strategisk vigtige spillere til varetagelse af installation af møllekomponenterne samt kontinuerlig service og vedligeholdelse af møllerne i parkernes levetid. Strækningen for havnene er bestemt ud fra en afstandsfølsomhed på 120-200 sømil for sejlroute fra havn til park. Antagelsen er i overensstemmelse med havnenes erfaring. Afstandsfølsomheden bestemmes dog i høj grad af udvikleren, som skal dække omkostningerne i forbindelse med installation og udskibning.

Disse strækninger er lavet for at simplificere forståelsen af analysen. Forudsætningen for, at Odense Havn kan udskibe til Østersøen er, at installationsskibene kan passere under Storebæltsbroen. Her kan tænkes i mitigerende tiltag, hvor f.eks. mølletårne fragtes horisontalt på pramme. Strækningerne skal ikke ses som endegyldige, da Odense Havn også er en oplagt havn at bruge til udskibning i øvrige områder.

* Antal møller er estimeret ved brug af forventet møllestørrelse for en referencemølle. Se bilag teknisk mølledata.

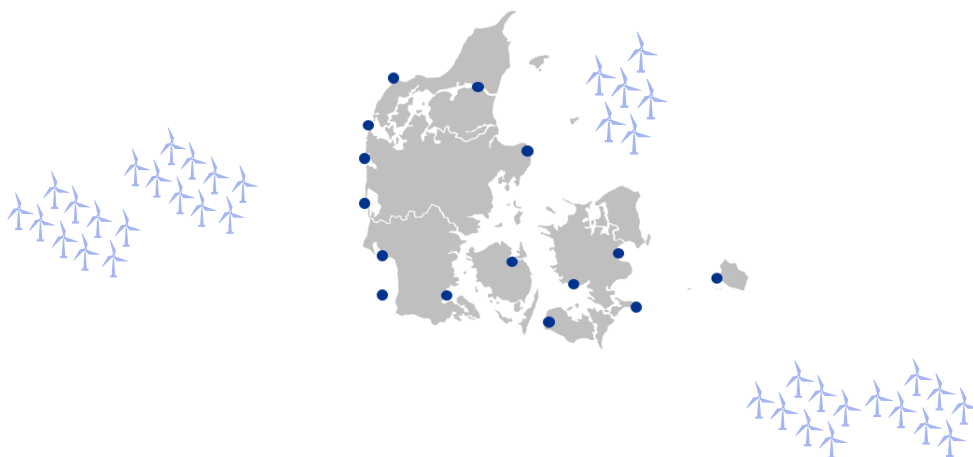
Afstandsfølsomhed ved sejlruiter: Udskibning, service og vedligeholdelse

Smertegrænsen for sejlroute i forbindelse med udskibning eller service

Strækningen for havnene er bestemt ud fra en afstandsfølsomhed på 120-200 sømil for sejlroute fra havn til park i forbindelse med udskibning og installation, men denne afstandsfølsomhed gælder typisk ikke, når der er tale om service og vedligeholdelse af parker, der er i kommercielt brug.

Udviklere af havvind servicere typisk parker ved brug af crew transfer vessels (CTV). CTV'er er mindre fartøjer, som dagligt fragter op til 12 teknikere og mindre reservedele fra havn til park i forbindelse med almindelig service og drift. CTV'er har en smertegrænse på omkring 50-60 sømil, og for en park svarende til 1 GW, der har 60 møller, vil der være behov for 1 CTV. Er afstanden fra havn til park mere end 50-60 sømil, er der behov for en service operational vessel (SOV). SOV'er fragter op til 40 teknikere fra havn til park, og forbliver til havs i typisk to uger ad gangen. SOV'er har en daglig charterpris, der er 6-7 gange højere end for en CTV, en smertegrænse på op til 200 sømil, og kan håndtere service af omkring 200 møller. Eftersom parkernes levetid typisk er på 35+ år, vil det medføre en væsentlig stigning i operationelle omkostninger for udvikleren, der driver parkens vedligeholdelse og service. SOV'er anvendes derfor typisk med formålet om at skabe synergier, hvis udvikleren har flere nærliggende parker eller forventer at vinde udbud i nærliggende områder.⁽¹⁾

Udvikleren har mindre afstandsfølsomhed ved installation og udskibning end for service og vedligeholdelse. Installation og udskibning af 1 GW tager omkring 9-12 måneder, og der er behov for en havn med store kapaciteter, hvorfor udvikleren vil være mere villig til at betale for en højere charterpris. Fra et operationelt og økonomisk perspektiv ville det dog ikke være fordelagtigt ved service i 35+ år, og udvikleren vil med stor sandsynlighed i stedet udvælge en havn, der er tæt på parken.



Service vil ændre karakter, når møllerne kommer til at ligge længere fra land

I takt med, at parkerne bliver større og placeres længere væk fra land, da vil service af møllerne også ændre karakter. Der vil i højere grad være behov for at servicere møllerne ved brug af SOV'er, som har en væsentlig højere smertegrænse for sejlafstand og kan samtidigt servicere flere møller.

- (1) SOV'er tåler højere bølger end CTV'er, og udviklere vil i nogle situationer vælge en SOV alene for at minimere down-time som følge af vejrforholdene ved parken. En kombination af CTV og helikopter bruges også, og dette tilsammen er typisk billigere i drift end én SOV, men en helikopter kan kun fragte 3 teknikere ad gangen, og udfordres på vægten af reservedele.
- (2) Øvrige omfatter områderne Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.

Kilde: Ekspertinterview

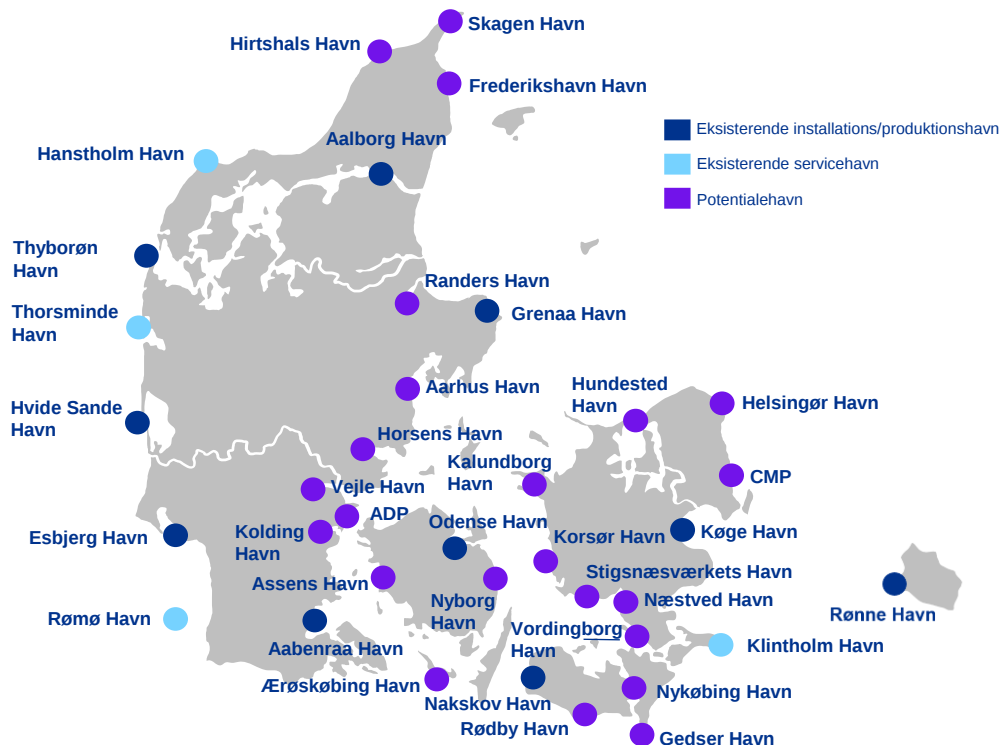
Yderligere havne med potentiale: Service og vedligeholdelse af parker

Danske havne med potentiale

Danske Havne rapporterer om en lang række havne, som har et potentiale for at udgøre en rolle i havvindindustrien.⁽¹⁾ Nedenstående kort illustrerer alle erhvervshavne, der de seneste år har haft en godsomsætning på +100.000 t, og dermed kan antages at have en tilstrækkelig størrelse til at agere servicehavne for havvindmølleparker.

Opgradering af havnens faciliteter til at agere installations/produktionshavn vil for en lang række af disse havne være alt for omfattende, men som servicehavn er der potentiale for lange kontrakter med servicevirksomheder, hvor havnene kan lukrere på deres placering tæt på havvindmølleparkerne. I et service- og vedligeholdelsesperspektiv af havvind er det vigtigt, at havnen formår at gøre sig attraktive ved at tilbyde efterspurgte faciliteter til servicevirksomhederne. Tendensen peger særligt på, at helikopterlandingsplads er et krav for at kunne følge med den udvikling, der sker inden for service af havvindmølleparker. Selvom der ikke er knaphed på antallet af havne, der kan modtage serviceskibe, præsenterer helikopterlandingspladsen altså en mulig udfordring for servicehavnene.

Andre havne har potentiale for også at kunne agere installationshavn, hvor særligt Hirtshals Havn, Skagen Havn og Frederikshavn Havn vurderes at have en strategisk fordel i deres placering, da de både kan udskibe til Nordsøen og øvrige områder.⁽²⁾ Ligeledes for f.eks. Rødby Havn og Gedser Havn, som kan servicere Østersøen, hvor der både er danske og udenlandske udbygningsplaner for havvind. Havnene skal dog vurdere, om de udvidelser, der skal foretages, også vil være efterspurgte, når offshorepuklen evt. er overstået, så der ikke foretages unødige kapacitetsudvidelser.



(1) Kilde: [Erhvervspolitisk redegørelse for Vind-CCUS og PtX.pdf \(danskehavne.dk\)](#)
 (2) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.

Efterspørgsel på dimensioner og mitigering af disse

Havnenes tekniske dimensioner er vigtige i relation til møllekomponenternes størrelse og fartøjerne, der skal udskibe disse fra havnene. Møllerne og tilhørende komponenter bliver større og tungere i fremtiden, som angivet i bilag Tekniske Mølledata. Udviklingen i vægt og længde på disse kan risikere at udfordre særligt havnekajernes sejlrendedybde og bæreevne, idet større fartøjer vil blive anvendt til installation af havvind. Nedenfor præsenteres nuværende og fremtidig efterspørgsel på dimensioner:

Nuværende og fremtidig efterspørgsel på havnedimensioner					
	Dybde (m)	Kajbæreevne (t/m ²)	Kajlængde (m)	Kajbredde (m)	Areal ⁽¹⁾ (m ² /GW/år)
2023	10	5	250	30-60	160.000
2050	12-14	50	250	30-60	160.000-200.000

Kilde: Ekspertinterview
(1) Inkluderer ikke plads til fundamenter. Disse produceres og udskibes særskilt fra selve møllekomponenterne.

Efterspørgslen på dimensioner er baseret på, hvad installatører, producenter og udviklere af havvind vurderer som ideelle krav for udskibning af møllekomponenter. Det bemærkes, at særligt dybdegang i sejlrenden ønskes udvidet fra 10 til 12-14 meter, mens bæreevnen ønskes forstærket fra 5 til 50 t/m². I denne analyse anvendes 12 m dybdegang og 30 m kajbredde som baseline for dimensionerne. Kajlængde og –bredde forbliver uændret. Arealplads på 160.000-200.000 m²/GW/år er en dynamisk størrelse. Arealplads kan bruges til opbevaring af reservedele og større komponenter, herunder møllevinger, naceller og mølletårne. Ved udskibning af 1 GW i 2023 vurderes et behov for areal på ca. 160.000 m² i installationsperioden, som varer 9-12 måneder. Det inkluderer alle nødvendige dele (ekskl. fundament) for en havvindmøllepark med 1 GW kapacitet. For mindre havvindmølleparker skaleres behovet. Frem til 2050 forventes et behov på 160.000-200.000 m²/GW/år. Baseline er 160.000 m² i denne analyse.

Dimensioner mitigeres

Danske havne har erfaring med at lave mitigerende tiltag ift. mindre end ønskede kapaciteter, for at imødegå f.eks. en for svag bæreevne eller for smal dybdegang. Heavy-lift jack-ups kan have svært ved at operere til kajs grundet for lave dybder, og af den grund kan slæbebåde og pramme bruges til at fragte store og tunge møllekomponenter fra havn til park, hvorfra en heavy-lift jack-up tager over.

Verdens største udskibningshavn: Esbjerg

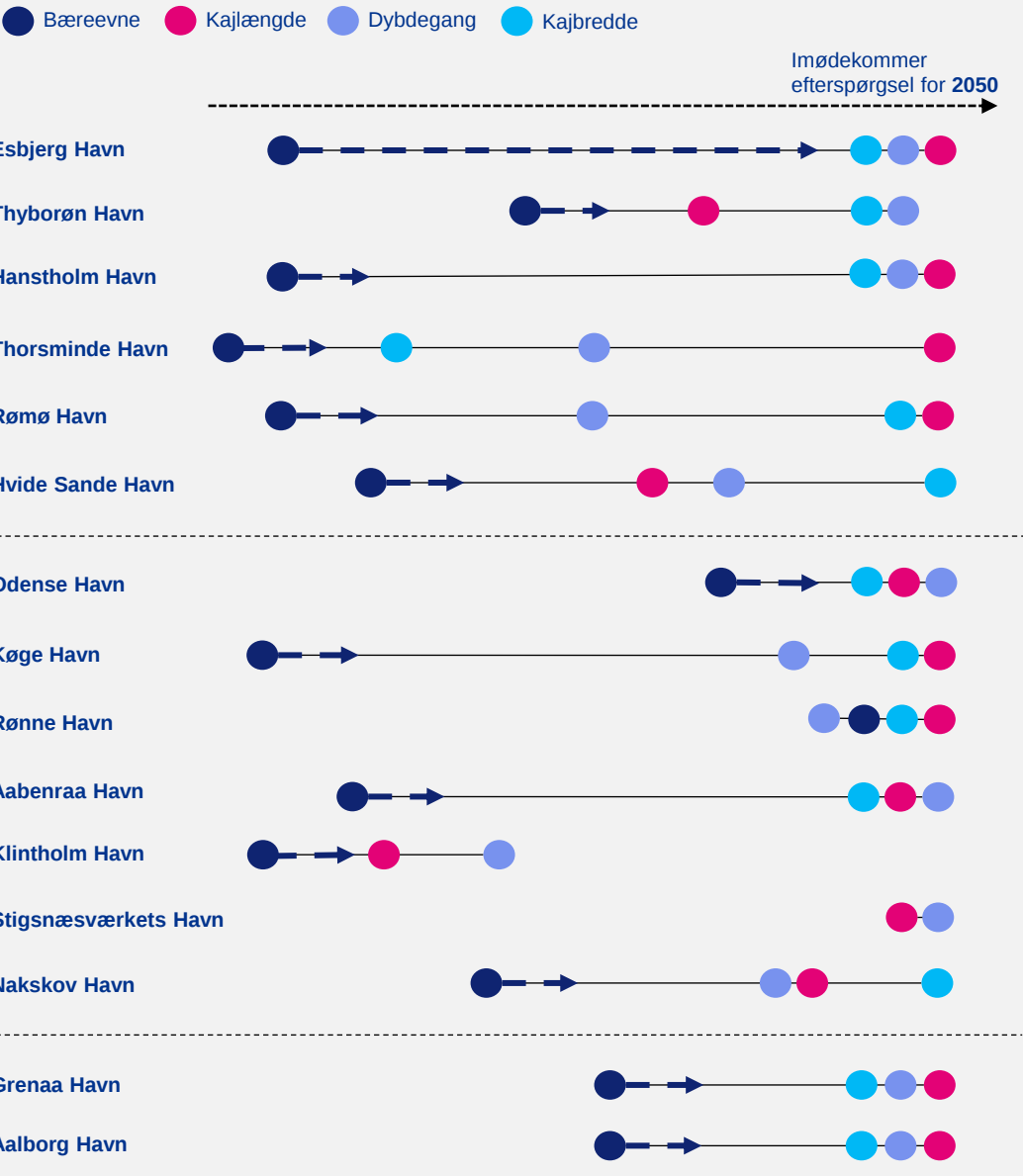
Esbjerg Havn er verdens største udskibningshavn, og har på nuværende tidspunkt en teknisk-målt kajbæreevne på 5 t/m². Esbjerg havn udvikler løbende havnens kapaciteter således, at de kan håndtere skibe og komponenter, der skal operere med fremtidens havvindmølleparker. Udvikling af kapaciteter bør derfor betragtes dynamisk, som illustreret i nedenstående figur med en pil for bæreevnen.



Overblik over havnenes dimensioner i relation til behovet frem til 2050

Figuren nedenfor aflæses som et dynamisk spektrum for dimensioner. Ligger dimensionen yderst til højre, imødekommer den efterspørgslen fra installatørerne.⁽¹⁾ Havne, der udskiber til Østersøen og øvrige områder, har en relativ høj koncentration af dimensioner, der enten opfylder efterspørgslen eller er tæt på, hvorimod havnene i Nordsøen har en stor spredning i dimensioner.⁽²⁾ Kajlængde og –bredde er opfyldt, dybdegang delvist opfyldt, mens bæreevne er langt fra at imødekomme efterspørgselsbehovet. Bæreevne kan dog mitigeres ved brug af stålplader, der fordeler vægten på kajen mere jævnt. Bæreevnen bør derfor vurderes dynamisk.

Havne i Østersøen-området og øvrige områder ⁽¹⁾ imødekommer mere konsekvent efterspørgslen på dimensioner, mens havne i Nordsøen-området har en stor spredning

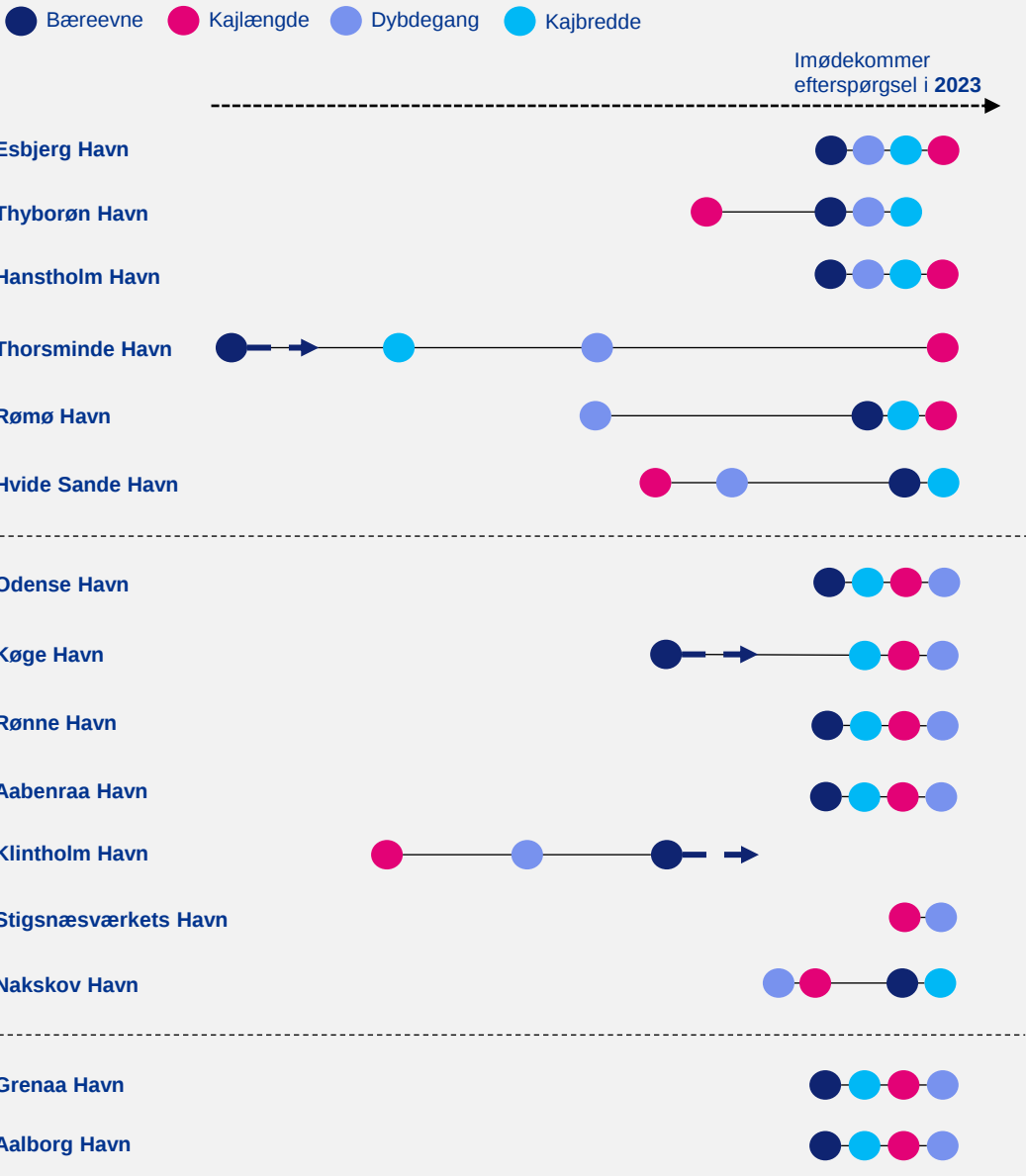


(1) Efterspørgsel på dimensioner frem til 2050: Bæreevne 50 t/m², kajlængde 250 m, dybdegang 12-14 m, kajbredde 30-60 m.
(2) Øvrige områder omfatter Grenaa Havn og Aalborg Havn.

Overblik over havnenes dimensioner i relation til behovet i 2023

Havnene opfylder i højere grad efterspørgslen på havnedimensioner i 2023 i skrivende stund. Efterspørgslen på dybdegang er 10 meter, mens den er på 5 t/m² for kajbæreevnen. Thorsminde Havn, Hvide Sande Havn og Klintholm Havn opfylder ikke det nuværende behov for dimensioner. Dette illustrerer, at der er et stort gap mellem efterspørgslen på dimensioner i 2023 og 2050. Årsagen til det store gap er, at installatører og udviklere af havvind ser ind i en fremtid, hvor f.eks. en 20 MW mølle forventes at veje omkring 3.200 ton mod omkring 950 ton for en 8 MW mølle.⁽¹⁾

Efterspørgslen⁽²⁾ på dybdegang (10 m) og kajbæreevne (5 t/m²) er i 2023 opfyldt af størstedelen af havnene



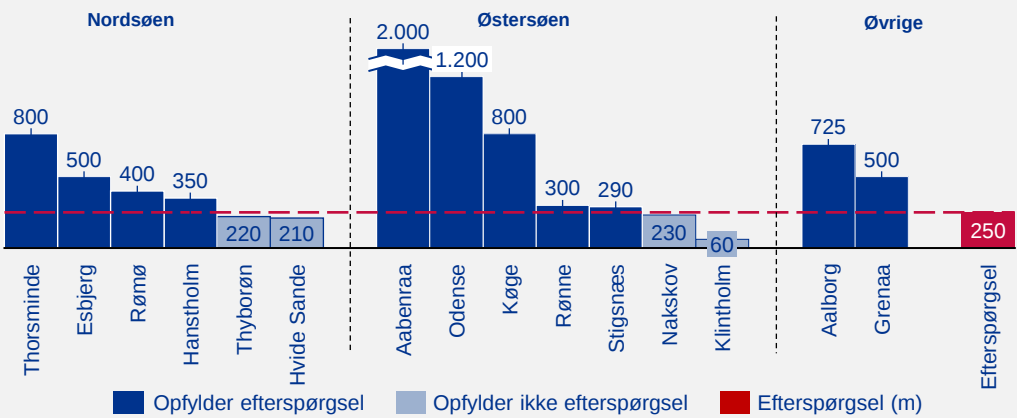
(1) Se bilag Tekniske Mølledata.
(2) Efterspørgsel på dimensioner i 2023: Bæreevne 5 t/m², kajlængde 250 m, dybdegang 10 m, kajbredde 30-60 m.

Breakdown af dimensioner i 2050⁽¹⁾: Kajlængde og kajbredde

Nedenstående figurer angiver havnenes kajlængde og –bredde samt efterspørgselsbehovet på disse.

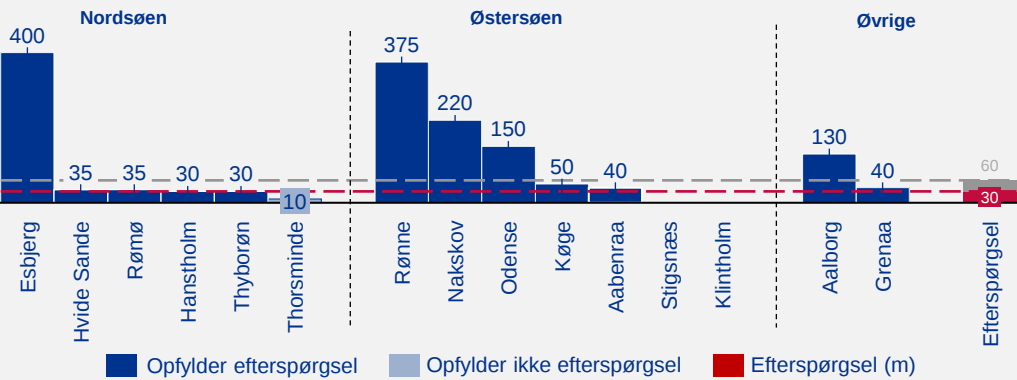
Størstedelen af havnene opfylder behovet for kajlængde på 250m. Kajlængde er essentiel for de installationsskibe, som ligger til kajs. Disse fragter bl.a. vinger og mølletårne fra havn til park. Enkelte havne, herunder Thyborøn, Hvide Sande, Nakskov og Klintholm opfylder ikke behovet, men anvendes dog fortsat til havvind. Dette er et eksempel på, at dimensionerne ikke altid er en nødvendig forudsætning for, om havnene kan agere enten installationshavn eller servicehavn.

Størstedelen af havnene opfylder efterspørgslen på 250 m kajlængde
 Kajlængde angivet i meter



Efterspørgselsbehovet for kajbredde er 30 m. Kajbredde er en vigtig parameter, da praksis for f.eks. møllevinger er at placere disse liggende på tværs. Desuden skal møllekomponenterne kunne løftes vha. enten en skibskran eller landkran. Under forudsætningen, at f.eks. et mølletårn har en diameter på 8-10 m, da vil der være behov for minimum 30 m kajbredde, såfremt der anvendes en landkran, som også optager noget af kajens areal. Størstedelen af havnene opfylder kravet på 30 m med undtagelse af Thorsminde Havn. Behovet kan være op til 60 m afhængigt af forholdene.

Størstedelen af havnene opfylder efterspørgslen på 30 m kajbredde
 Kajbredde angivet i meter

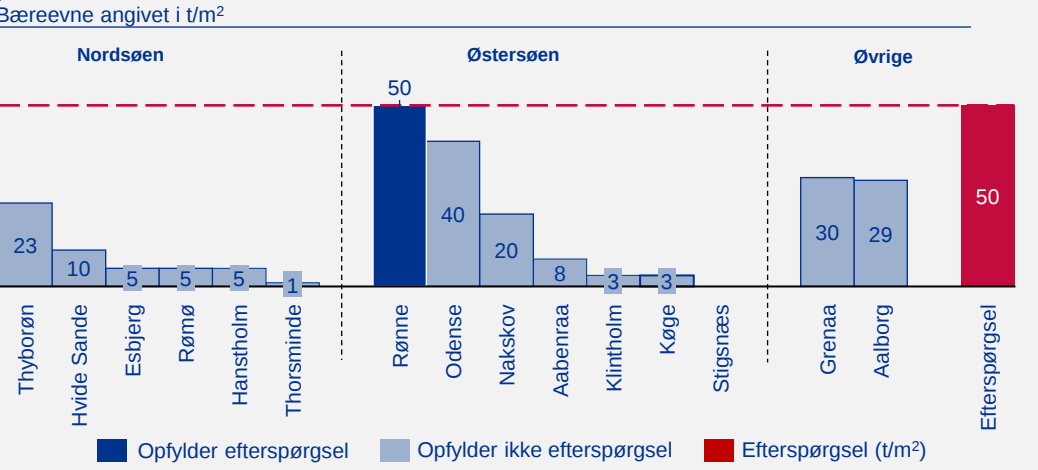


(1) Dimensionerne præsenterer havnenes maksimale dimensionsværdi. Havnene kan have flere kajer, der alle har forskellige dimensionsværdier. Se bilag Havnenes dimensioner. Der foreligger ikke data på Stigsnæs og Klintholm.

Breakdown af dimensioner i 2050: Bæreevne og dybdegang

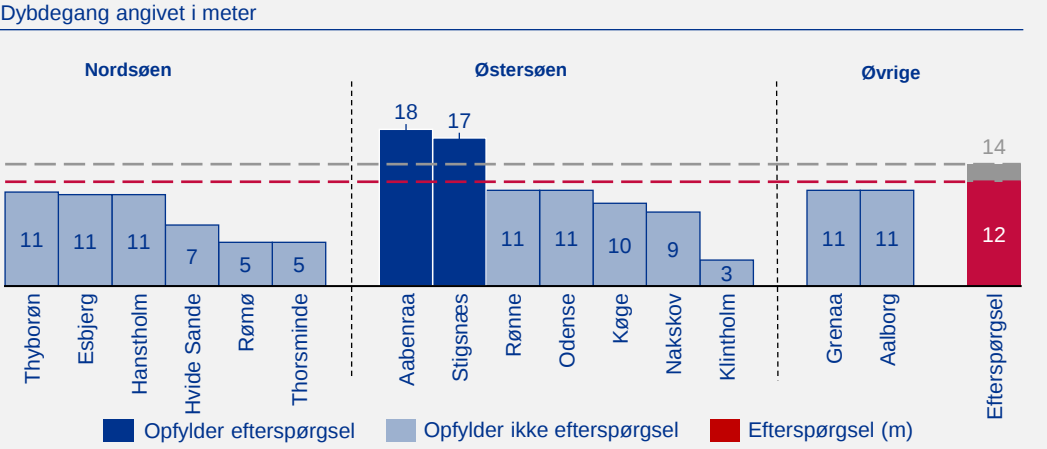
Kajbæreevnen er en kritisk dimension for håndteringen af fremtidens møllekomponenter, der bliver tungere og større. Rønne Havn er den eneste havn, der har en teknisk-målt bæreevne på 50 t/m², som opfylder efterspørgselsbehovet. Det skal understreges, at bæreevnen på nuværende tidspunkt allerede mitigeres ved brug af stålplader til at fordele vægten på kajen mere jævnlgt, og det må derfor forventes, at havnene også i fremtiden vil mitigere begrænsningen af denne. Dermed vurderes bæreevnen som en dynamisk dimension i denne analyse.

Der er et stort gap mellem havnenes nuværende bæreevne og efterspørgselsbehovet på 50 t/m²



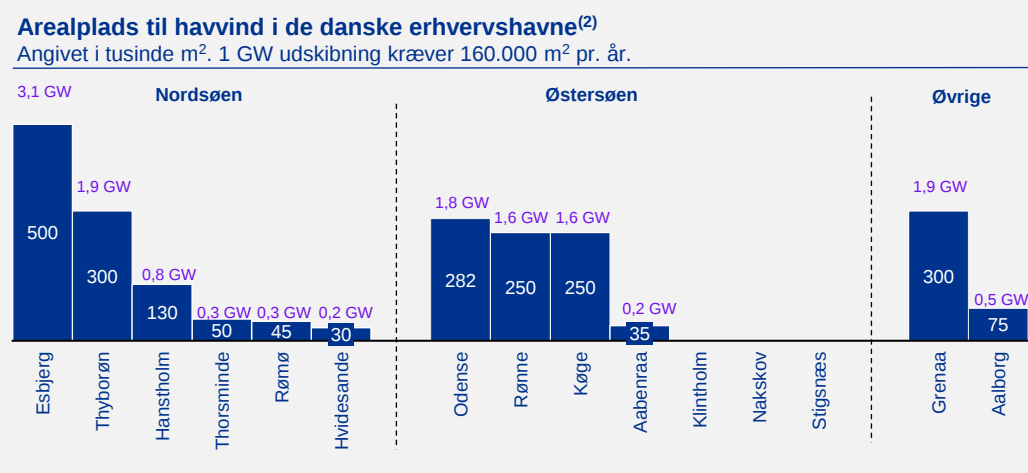
Efterspørgslen på dybdegang er angivet til 12-14 m, og en stor andel af havnene er tæt på at imødekomme 12 m, som er baseline i denne analyse. De fleste havne har en dybdegang på omkring 9-11 m. Installationsskibene, der skal fragte møllekomponenter fra havn til park, kan forventes både at blive større og stikke dybere, og af den årsag vil der være behov for at udvide dybdegangen. Dybdegang kan mitigeres ved brug af pramme i stedet for heavy-lift jack-ups, og det er på nuværende tidspunkt allerede et værktøj, der gøres brug af. Mitigering af dybdegang kan være omkostningstung for udvikleren af havvind, da der vil være behov for at anvende flere fartøjer til at fragte komponenter fra havn til park. Desuden kan der opstå en øget risiko for forsinkelse af installationen.

Nuværende dybdegang i havnene imødekommer næsten efterspørgselsbehovet på 12 m



Breakdown af dimensioner: Areal

Arealplads er en kritisk dimension for udbygningen af havvind. I denne analyse er de udvalgte havne blevet spurgt om, hvor meget arealplads de kan stille til rådighed til brug for installation af havvind. Her tælles ikke arealplads til produktion og opbevaring af fundamenter, da dette foregår tidligere i værdikæden og i særskilte havne. Behov for arealplads og udnyttelse af denne afhænger i høj grad af havnens formål. Servicehavne kræver mindre arealplads (ca. 8.000 m²⁽¹⁾), mens der af installationshavne, som udskiber møllerne, kræves ca. 160.000 m²/GW pr. år, der udskibes. Nedenstående figur angiver havnenes arealplads i tusinde m², og der er noteret med lilla, hvor mange GW pr. år, som de forventes at kunne udskibe.



Populære havne er booket langt ude i fremtiden

Hver strækning har en jævn fordeling af arealplads blandt sig, som kan understøtte udbygningen af havvind. Esbjerg Havn har 500.000 m² og er størst målt på arealplads efterfulgt af Thyborøn, Grenaa og Odense. Havnene agerer allerede installationshavn, produktionshavn og servicehavn i dag. Derfor er det forventeligt, at havnenes arealplads i dag allerede er helt eller delvist booket af aktører, som både opererer med installation af havvind (kortere kontrakter), men også service og vedligeholdelse af de opsatte parker (lange kontrakter). Det er vigtigt at understrege, at arealplads vil optages til service- og vedligeholdelsesformål af parkerne i takt med udbygningen af havvind, og derfor vil der være mindre tilgængeligt areal til installation og opbevaring af store møllekomponenter. Servicekontrakterne varer typisk i hele parkernes levetid (30-35+ år). Arealplads kan i høj grad blive en mangelvare; særligt for de mest populære havne, som med stor sandsynlighed allerede er booket i den nærmeste fremtid.

Power-to-X (PtX) kan optage plads i havnene

PtX-projekter bliver i stigende grad en realitet i danske havne. Bl.a. har Aabenraa Havn indgået et nyt samarbejde med ambitionen om at producere brint.⁽³⁾ Etablering af elektrolyseanlæg til produktion af brint i havne vil optage arealplads, som kunne være benyttet til andre formål, herunder havvind. Det er derfor vigtigt at pointere, at havnenes arealplads bruges til andre erhvervsformål (herunder det klassiske formål med godstransport), og dette kan påvirke mængden af havvind, som kan udskibes eller serviceres fra havnene.

(1) Interview med Thorsminde Havn.

(2) Rønne Havn forventes at udbygge deres arealplads med yderligere 100.000 m² i 2024-2025. Aabenraa Havn kan udbygge med yderligere 250.000 m². Arealplads i Nakskov, Klintholm og Stigsbævsværkets Havn er ukendt.

(3) Kilde: [Nyt samarbejde: Produktion af grøn brint på Aabenraa Havn - Danske Havne](#)

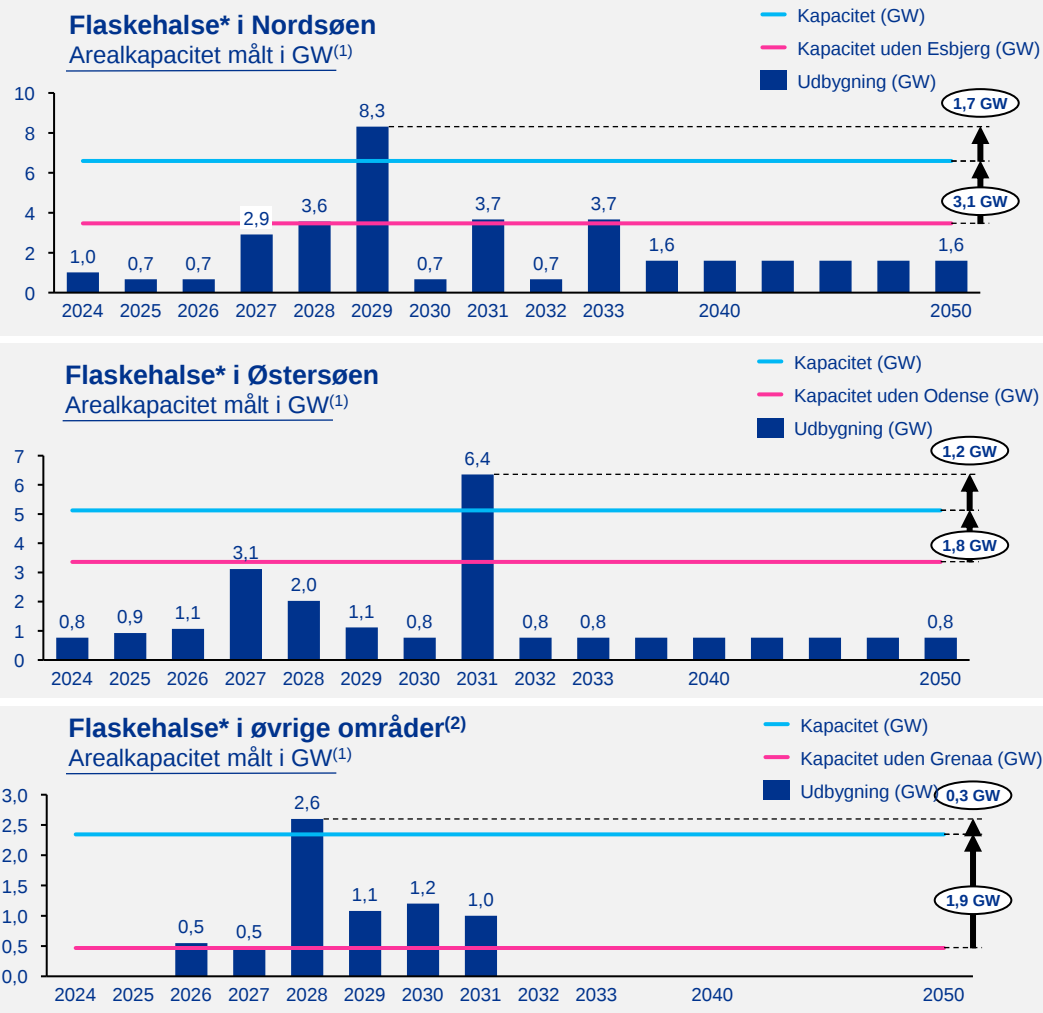
Analyseresultater på arealbegrænsninger:

Scenarie 3

Flaskehalse i forbindelse med mangel på arealplads i danske havne

Nedenstående figurer viser flaskehalse som følge af mangel på arealplads. Arealplads er omregnet til antallet af GW, som havnene i hver strækning kan udskibe på et år.⁽¹⁾ For hver strækning laves et sensitivitetscheck, hvor den største havn målt på areal ikke indgår. Det illustrerer situationen, hvis den største havn er booket og ikke umiddelbart kan stille areal til udskibning til rådighed i den nærmeste fremtid. Arealplads kan være overestimeret, da servicehavne er inkluderet i den samlede arealkapacitet.

I Nordsøen opstår en flaskehals i 2029 på 1,7 GW, der ikke kan udskibes. Såfremt Esbjerg Havn ikke kan stille areal til rådighed, da vil flaskehalsen være på $1,7 + 3,1 = 4,8$ GW, som ikke kan udskibes. For at imødegå flaskehalsen, er der behov for $4,8 \text{ GW} \cdot 160.000 \text{ m}^2 = 768.000 \text{ m}^2$ yderligere areal i 2029. For Østersøen kan samme konklusion udledes. I øvrige områder er Grenaa Havn essentiel for udbygningen. Såfremt Grenaa Havn ikke kan stille areal til rådighed for udskibning, vil der opstå flaskehalse i alle år undtagen 2027.



(1) 1 GW-udbygning kræver 160.000 m² areal.

(2) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt. Østersøen indeholder Smålandshavet.

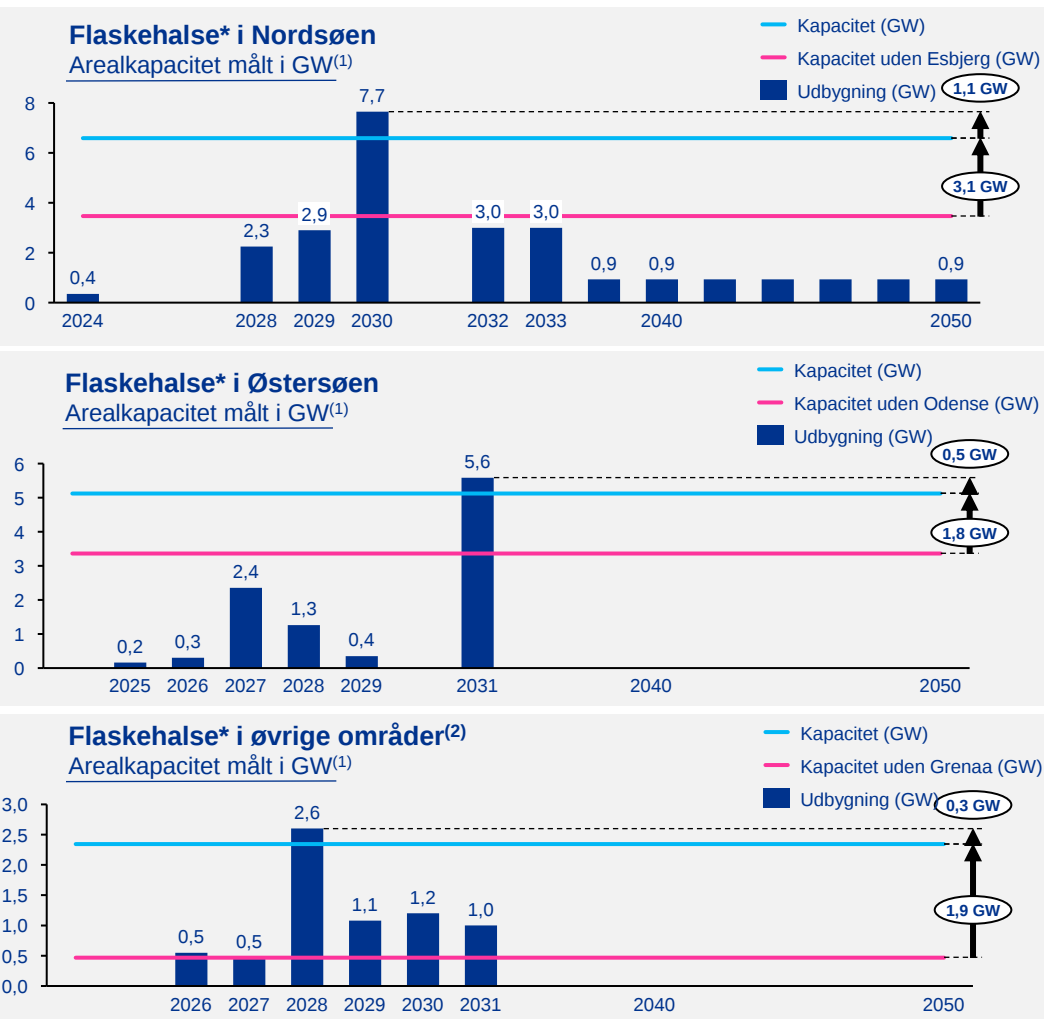
*Figurerne udelader visualiseringen af GW-udbygningen i enkelte år, hvor der ikke forekommer flaskehalse eller udbygning.

Analyseresultater på arealbegrænsninger:

Scenarie 2

Mulige flaskehalse som følge af mangel på arealplads også i scenarie 2

På tværs af alle tre strækninger opstår der flaskehalse. Flaskehalsene er primært centreret omkring peak-årene 2029-2033, hvor udbygningsplanerne er størst. Hvis Esbjerg Havns arealkapacitet ikke er tilgængelig for havvind, da vil flaskehalsen være på $3,1 + 1,1 = 4,2$ GW, svarende til et behov for yderligere areal på $4,2 \text{ GW} \cdot 160.000 \text{ m}^2 = 672.000 \text{ m}^2$. Den samme konklusion kan udledes for arealplads i Østersøen og i øvrige områder, hvor der er udsigt til at opstå flaskehalse selv med den samlede arealkapacitet. Hvis Odense Havn og Grenaa Havn ikke har tilgængeligt arealplads til at varetage noget af udskibningen, vil flaskehalsene blive større. På trods af, at scenarie 2 omfatter en lavere mængde af GW udbygning pr. år, er der fortsat ikke tilstrækkeligt med arealplads til at håndtere udbygningen i peak-årene. Der er dog tilfredsstillende kapacitet i årene efter 2032. Der hersker en usikkerhed om mængden af udbygning efter 2032, og da denne udbygning blot er lineært interpoleret frem til 2050, kan det også forventes, at der mellem 2032 og 2050 også vil forekomme peaks.



(1) 1 GW-udbygning kræver 160.000 m² areal.

(2) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt. Østersøen indeholder Smålandshavet.

*Figurerne udelader visualiseringen af GW-udbygningen i enkelte år, hvor der ikke forekommer flaskehalse eller udbygning.

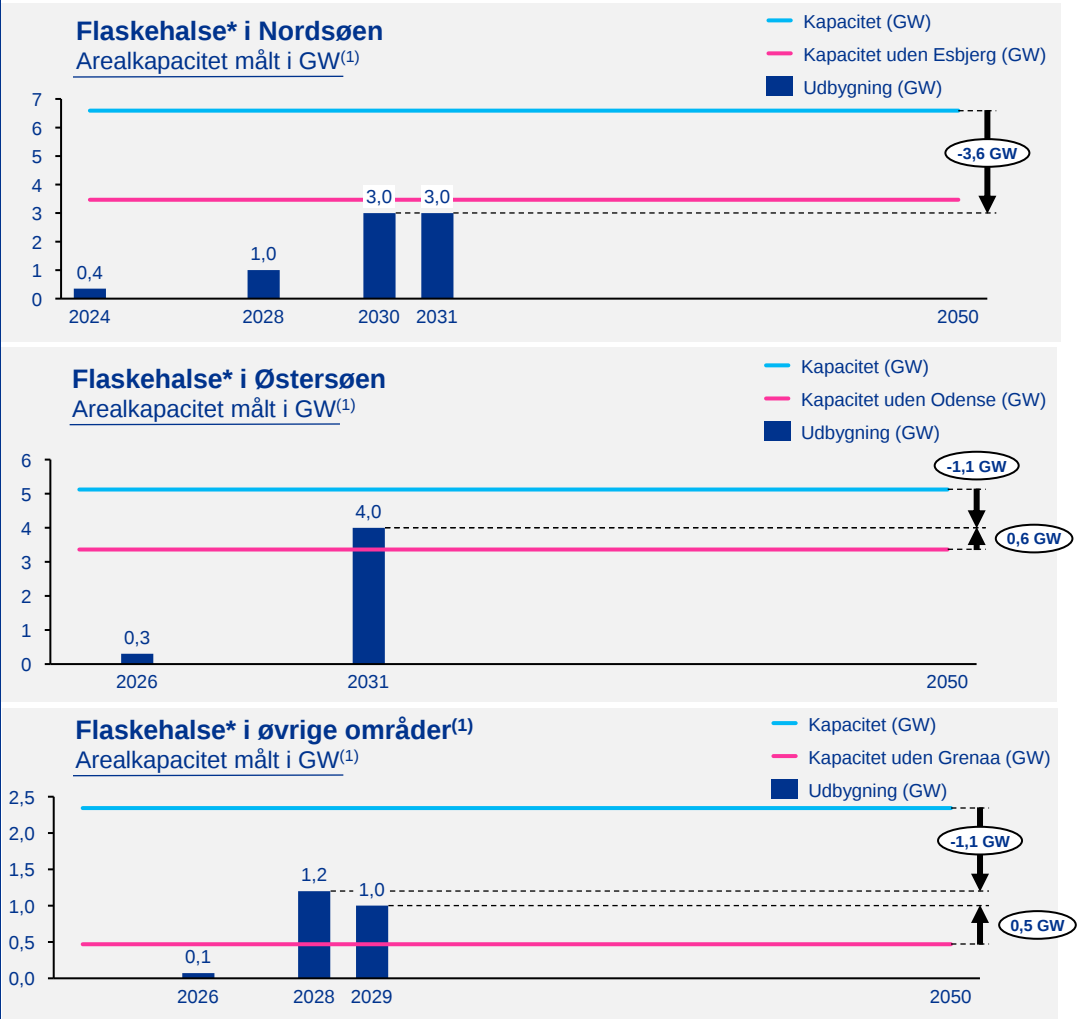
Analyseresultater på arealbegrænsninger: Scenarie 1

Arealkapacitet matcher bedst udbygningsplanerne i scenarie 1

Scenarie 1 udgør den laveste udbygningsgrad, og vurderes at være et mindre sandsynligt scenarie, da den dels ikke imødekommer Oostendeerklæringen, dels ikke indeholder udenlandsk havvind.

Såfremt de største havne i hver strækning har arealkapacitet, da vil der ikke opstå flaskehalse i udbygningen. Hvis Odense Havn og Grenaa Havn ikke indgår, da vil der opstå flaksehalse på hhv. 0,6 GW i Østersøen og 0,5 GW i øvrige områder.

Det er vigtigt at understrege, at arealplads i havnene også bruges på andre erhvervsformål. Såfremt de største havne ikke kan bistå med arealplads til udbygningen af havvind, vil der opstå et stort behov for at udvide arealplads i tilgængelige havne for at imødegå eventuelle flaskehalse, som er særligt iøjnefaldende i årene 2029-2033.

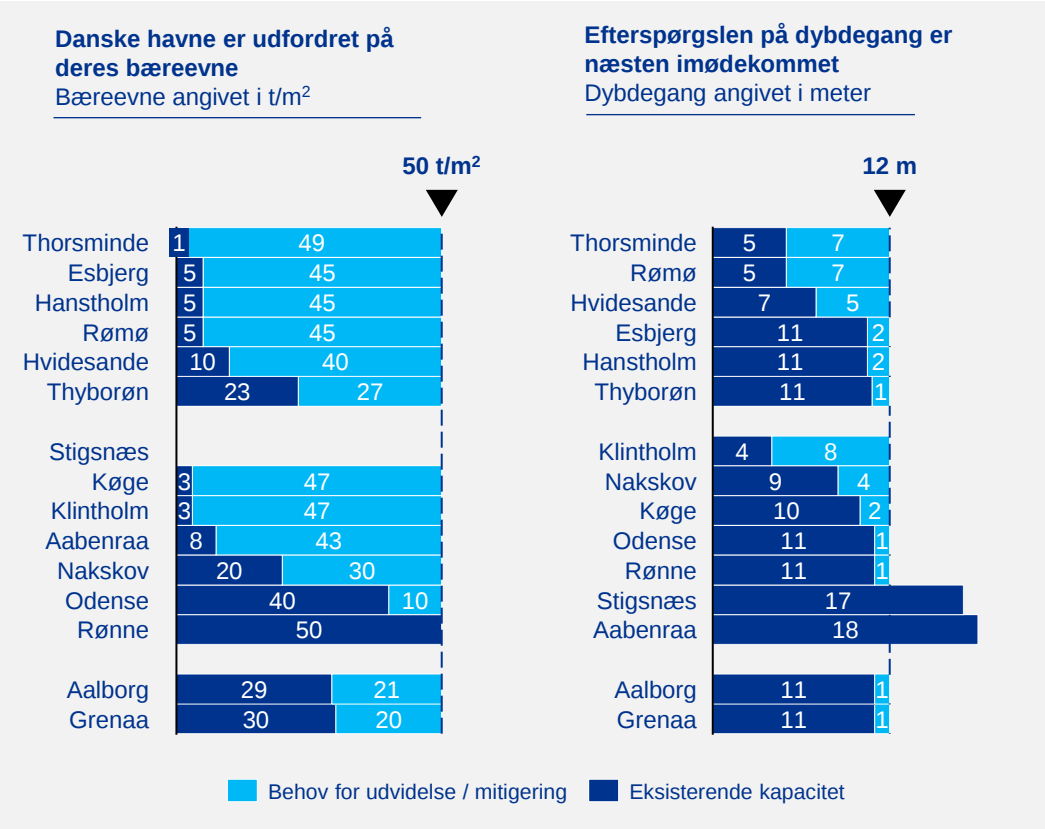


(1) 1 GW-udbygning kræver 160t m² areal.
 (2) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt. Østersøen indeholder Smålandshavet.
 *Figurerne udelader visualiseringen af GW-udbygningen i enkelte år, hvor der ikke forekommer flaskehalse eller udbygning.

Analyseresultater: Bæreevne og dybdegang

Danske havne er udfordret på bæreevne, men er tæt på at imødekomme behovet for dybdegang

Nedenstående figurer præsenterer havnenes eksisterende kapacitet på bæreevne og dybdegang samt deres behov for udvidelse eller mitigerende, for at imødekomme efterspørgslen frem til 2050.



Behovet for at udvide eller mitigere bæreevnen er stort

Bæreevnen er en kritisk dimension, og skal kunne håndtere fremtidens tunge møller. Der er stort behov for enten at forstærke bæreevnen permanent, eller mitigere den ved brug af stålplader, der fordele vægten på kajen mere jævnt. Såfremt bæreevnen ikke udvides eller mitigeres, kan der opstå flaskehalse i udbygningen af havvind.

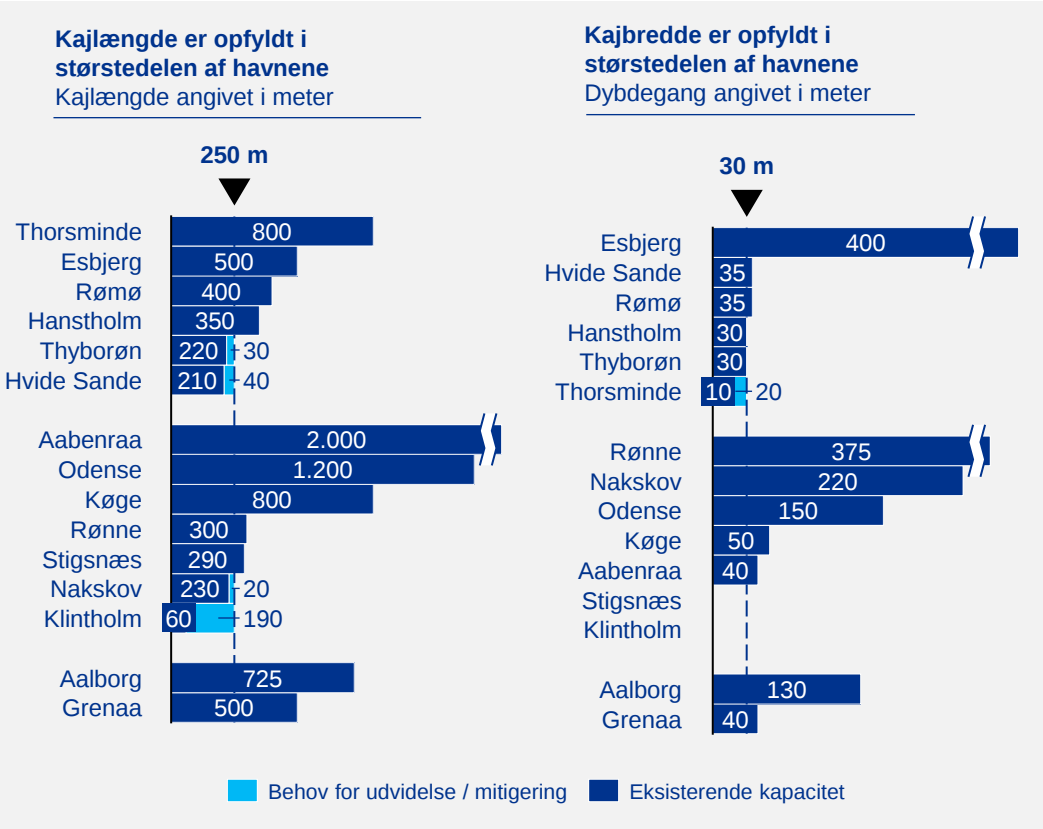
Dybdegang er tæt på at blive imødekommet af størstedelen af havnene

Efterspørgslen på dybdegang på 12-14 meter frem til 2050 (antaget 12 m illustrativt) er tæt på at være imødekommet allerede i 2023. Dybdegang er særlig vigtig for store installationsfartøjer, herunder en jack-up, men der er mulighed for at mitigere en smal dybdegang ved f.eks. at "parkere" jack-up, hvor parken bliver installeret, og udelukkende fragte møllekomponenter ved hjælp af pramme og slæbebåde. Der er dog, som tidligere nævnt, en forhøjet risiko for forsinkelser i omkostninger og forhøjede omkostninger, som udvikleren af parken vil pålægges.

Analyseresultater: Kajlængde og kajbredde

Danske havne opfylder efterspørgslen på kajlængde og kajbredde

Nedenstående figurer præsenterer havnenes eksisterende kapacitet på kajlængde og kajbredde samt deres behov for udvidelse eller mitigerende, for at imødekomme efterspørgslen frem til 2050.



Kajlængde og kajbredde bremser ikke udbygningen af havvind i Danmark

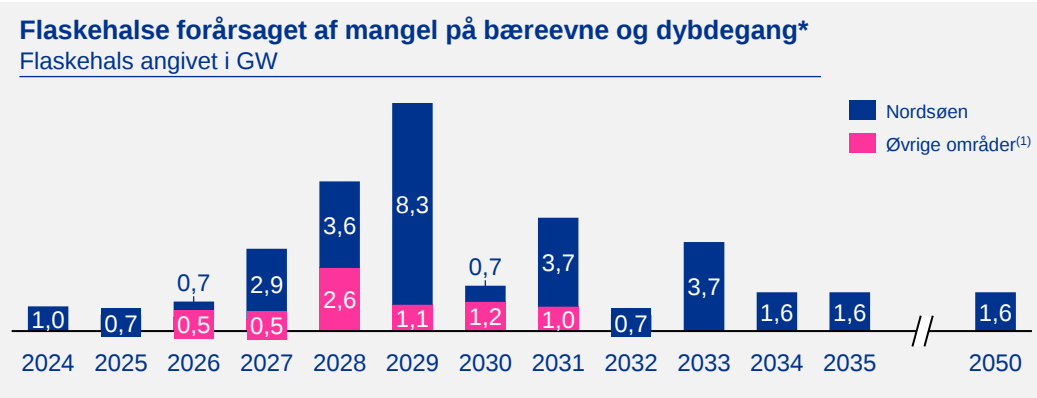
En kajlængde på 250 m er opfyldt af størstedelen af havnene. Kajlængden er særlig vigtig for installations- og produktionshavne, som vil have behov for at kunne håndtere fartøjer, der skal fragte f.eks. mølletårne fra havn til park. Enkelte havne, herunder Thyborøn, Hvide Sande, Nakskov og Klintholm har en kajlængde på under 250 m.

Kajbredde på 30 m er opfyldt af alle havne med undtagelse af Thorsminde. En 30 meters kajbredde er vigtig for havne, som anvender en landkran til at løfte møllekomponenter fra kajen til fartøjet. Her skal der være plads til selve landkranen og møllekomponenterne. Installationsfartøjer som f.eks. en jack-up har også kraner, og i tilfælde, hvor en jack-up anvendes som installationsfartøj i stedet for f.eks. en pram eller slæbebåd, da vil behovet for kajbredde være marginalt mindre, da der i så fald ikke gøres brug af en landkran.

Tidslinje for flaskehalse i relation til mangel på tilstrækkelig bæreevne og dybdegang

Hvis der ikke mitigeres eller forstærkes/udvides, opstår der flaskehalse

Manglen på en tilstrækkelig stærk bæreevne kan materialisere sig i form af flaskehalse i udbygningen af havvind frem til 2050. Under antagelsen, at der *ikke* mitigeres eller forekommer en permanent forstærkning af bæreevnen, da vil der opstå flaskehalse for udbygningen i Nordsøen og øvrige områder, hvor ingen havne har en teknisk-målt bæreevne på 50 t/m². Ligeledes gør sig gældende for dybdegangen. Flaskehalsene i scenarie 3 illustreres i nedenstående tidslinje. Mængden af GW, som udgør en flaskehals, er blot den planlagte mængde i Nordsøen og øvrige områder, som er forventes udbygget jf. scenarie 3.



Flaskehalsene forårsaget af mangel på bæreevne og dybdegang forekommer kun i Nordsøen og øvrige områder, da Østersøen dels har Rønne Havn med en bæreevne på 50 t/m², dels Stignæs og Aabenraa med en dybdegang på over 12 m.

(1) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.
 *Flaskehalse og udbygning i perioden 2035-2050 er konstant, og derfor udelades visualiseringen af disse i årene 2036-2049.

Opsamling på analyseresultater

1 Der er et gap mellem havnenes dimensioner i 2023 og efterspørgslen frem til 2050

Analyseresultaterne viser, at der er et gap mellem 2023 teknisk-målte dimensioner og efterspørgslen frem til 2050. Det er ligeledes vigtigt at understrege, at efterspørgslen på særligt bæreevne og dybdegang i 2050 er signifikant højere end efterspørgslen i 2023. Fremtidens havvindmøller bliver større og tungere, og det indikerer, at de udvalgte havnene vil imødegå en fremtid, hvor der dels vil stilles højere krav til mitigerende af bæreevnen og dybdegang af installatører og udviklere af havvind, dels en efterspørgsel på at få forstærket bæreevnen og udvidet dybdegangen som permanent løsning.

2 Flaskehalse som følge af mangel på tilstrækkelig bæreevne og dybdegang

Såfremt dimensioner som bæreevne og dybdegang ikke mitigeres eller forstærkes/udvides, kan det udgøre en flaskehals for den planlagte udbygning af havvind frem til 2050 i Nordsøen og øvrige områder⁽¹⁾, hvor ingen af havnene har en teknisk-målt bæreevne på 50 t/m² eller en dybdegang på 12 m til at dække behovet.

3 Arealplads kan blive en mangelvare, og manglen på denne kan forårsage flaskehalse i udbygningen af havvind

Arealplads i havnene udgør en kritisk parameter for udbygningen af havvind. Havnene på f.eks. Nordsøen-strækningen kan pr. år håndtere udskibning af knap 6,6 GW målt i arealkapacitet, men forudsætningen for dette er, at havnene ikke i forvejen er booket til andre erhvervsformål. Store havne, herunder Esbjerg Havn i Nordsøen, er formentligt booket til langt ude i fremtiden, og vil muligvis ikke kunne bistå med sine 500.000 m² svarende til godt 3 GW udskibning pr. år. Ligeledes vil der i takt med udbygningen opstå en større efterspørgsel på arealplads særskilt til service- og vedligeholdelse af de opsatte parker, og dette vil mindske den areal, der vil være tilgængelig for selve installation og udskibning.

4 Servicehavne kan gøre sig attraktive ved at tilbyde efterspurgte faciliteter, som f.eks. helipads, til brug for service- og vedligeholdelse af parker

Servicehavne skal ikke imødekomme samme krav til dimensioner, som installations- og produktionshavne skal. For havne, som ikke opfylder efterspørgslen og har vanskeligt ved at mitigere underdimensioneret kapacitet, er det oplagt at tiltrække aktivitet fra udviklere af havvind ved at tilbyde attraktive faciliteter som helipads. Helikoptere bruges i stigende grad til at fragte mandskab fra havn til park i forbindelse med service- og vedligeholdelse af parker. Havne med lav arealkapacitet kan også drage nytte, da lagerfaciliteter til brug for service af parker vil kræve ca. 8.000 m² pr. GW, der servicerer.

(1) Øvrige områder omfatter Kattegat, Skagerrak, Bælthavet og Storebælt.



05

Perspektivering

Fremtiden for havnenes rolle for havvind

Vil havnenes rolle for havvind forandre sig i fremtiden?

Baseret på de gennemførte interview med havnene og installationsselskaberne vil havnene fortsat fremover have en væsentlig rolle i værdikæden for havvind – også i perioden helt frem til 2050. Der er kommet forskellige input fra interview med forskellige havne og installationsselskaber, hvor der særligt skelnes mellem, hvilken rolle havnene vil have i fremtiden i forhold til i dag.

I dag fungerer installationshavnene – stort set udelukkende – som "udskibningshavne". Hertil bliver møllernes primære komponenter (tårn, monopæle, nacelle og vinger) fragtet fra produktionsstedet. Efterfølgende foretages den sidste pre-assembly af de enkelte komponenter, som således er færdiggjorte og sejles ud med installationsskibene.

Visse havne peger dog på, at der i fremtiden ikke vil være behov for installationshavnene. I stedet vil der blive tale om "produktionshavne", hvor møllernes komponenter færdigproduceres, løftes over på et installationsskib og sejles ud til den respektive havvindmøllepark. På denne måde "springes" et led i værdikæden over, nemlig ledet hvor møllekomponenterne sejles fra produktionsstedet til en dedikeret installationshavn og herefter udskibes af installationsskibe herfra og ud til havvindmølleparken.

Andre – og flere – havne og installationsselskaber ser dog ikke installationshavnene og deres rolle forsvinde i fremtiden. Derimod ser de stadigvæk behov for en dedikeret installationshavn, hvor de enkelte møllekomponenter fragtes til fra produktionsstedet og udskibes derfra. Såfremt der er (som vi ser i f.eks. Odense i dag) produktion af vindmøllekomponenter på havnen (produktionshavn), giver dette en ekstra fragt fra produktionshavn til installationshavn. De interviewede aktører tror ikke, at møllekomponenterne – og slet ikke udenlandsk producerede møllekomponenter – kan sejles af installationsskibe direkte fra en produktionshavn ud til havvindmølleparken, dels pga. i.) *geografiske udfordringer for sejltiden med installationsskibene*, og ii.) *at der stadigvæk vil være behov for en dedikeret installationshavn, hvor installationsselskaberne rigger til og har den kortest mulige sejlafland til havvindmølleparken samt at installationsselskaberne har den nødvendige plads, maskiner og grej til at lave pre-assembly og løfte de enkelte møllekomponenter over på dedikerede installationsskibe*. Et ekstra argument for dette er, at installationsskibene har behov for at kunne "jacks up" ved havnen, hvilket kræver kajer med stor bæreevne samt "stenpuder" i havnen til at "jacks" installationsskibet op på. Ud fra denne anskuelse vil den bedste businesscase fortsat være at forlade sig på en dedikeret installationshavn med samme rolle som i dag.

Der peges dog på, at der kan være tale om så tunge møllekomponenter i fremtiden, at den eneste reelle mulighed er at fragte møllekomponenterne direkte fra produktionsstedet til en dedikeret installationshavn på pramme – eller potentielt at de fragtes ud til parken via pramme, hvor de enkelte komponenter endeligt kan færdigsamles og installeres. Denne form for produktion vurderes dog at ligge langt ude i fremtiden (5-10+ år) for komponenter produceret i relativ nærhed til vindmølleparken. Denne metode anvendes delvist i USA, men vurderes ikke at vinde større indpas i Danmark før om 5-10+ år.



06

Tekniske bilag

Scenarie 1



Idrifttagning (år)	Område	Park	MW
2024	Nordsøen	Vesterhav Syd	170
2024	Nordsøen	Vesterhav Nord	180
2026	Østersøen	Aflandshage	300
2027	Øvrige	Frederikshavn Hawindmøllepark	72
2028	Nordsøen	Thor Hawindmøllepark	1.000
2030	Øvrige	Hesselø Hawindmøllepark	1.200
2031	Østersøen	Kriegers Flak II	1.000
2031	Øvrige	Kattegat Hawindmøllepark	1.000
2031	Nordsøen	Nordsøen Hawindmøllepark (A1, A2, A3)	3.000
2031	Østersøen	Energi Ø Bornholm I	1.500
2031	Østersøen	Energi Ø Bornholm II	1.500
2033	Nordsøen	Energi Ø Nordsøen	3.000

Scenarie 2 og 3

Idrifttagning (år)	Område	Park	MW
2024	Nordsøen	Vesterhav Syd	170
2024	Nordsøen	Vesterhav Nord	180
2025	Østersøen	Nordre Flint	160
2026	Østersøen	Aflandshage	300
2026	Østersøen	Omø Syd	320
2026	Øvrige	Paludan Flak	228
2027	Øvrige	Frederikshavn Hawindmøllepark	72
2027	Øvrige	Jammerland Bugt	240
2027	Østersøen	Lillebælt Syd	160
2027	Nordsøen	Odin	2.250
2027	Østersøen	Bornholm Bassin Øst	1.488
2027	Østersøen	Kadet Banke	864
2028	Nordsøen	Thor Hawindmøllepark	1.000
2028	Nordsøen	Jyske Banke Nord	1.050
2028	Nordsøen	Hirtshals Havn	350
2028	Øvrige	Frederikshavn Nord	500
2028	Øvrige	Norddjurs	650
2028	Øvrige	Gjerrild Bugt	400
2028	Øvrige	Lysegrund	550
2028	Østersøen	Guldborgsund	500
2028	Østersøen	Lolland Syd	260
2028	Nordsøen	Rømø	500
2028	Øvrige	Hirtshals Havn Syd	500
2028	Østersøen	Guldborgsund Syd	500
2028	Øvrige	Hanstholt Syd	Afvist
2029	Nordsøen	Viking Banke	1.140
2029	Nordsøen	Thybo I	4.000
2029	Nordsøen	Freya	750
2029	Nordsøen	Thybo II	1.760
2029	Østersøen	Stevns Nord	350
2029	Øvrige	Klintebjerg	585
2029	Øvrige	Sønderbjerg Hawindmøllepark II	495
2030	Øvrige	Hesselø Hawindmøllepark	1.200
2030	Øvrige	Sønderbjerg Hawindmøllepark I	Afvist
2031	Østersøen	Kriegers Flak II	1.000
2031	Øvrige	Kattegat Hawindmøllepark	1.000
2031	Nordsøen	Nordsøen Hawindmøllepark (A1, A2, A3)	3.000
2031	Østersøen	Energi Ø Bornholm I	1.500
2031	Østersøen	Energi Ø Bornholm II	1.500
2031	Østersøen	Bornholm Bassin Syd	1.488
2031	Østersøen	Bornholm	100
2033	Nordsøen	Energi Ø Nordsøen	3.000
2024-2050	Østersøen	Udenlandsk udbygning interpoleret lineært pr. år.	20.686
2024-2050	Nordsøen	Udenlandsk udbygning interpoleret lineært pr. år.	18.000
2034-2050	Nordsøen	Oostende DK interpoleret lineært pr. år.	15.850

Note: Scenarie 2 udgør alle parker i ovenstående tabel med undtagelse af "Udenlandsk udbygning interpoleret pr. år". Scenarie 3 medtager dog den udenlandske udbygning. Hanstholt Syd og Sønderbjerg Hawindmøllepark I er blevet afvist i åben dør-ordningen, og medtages derfor ikke i denne analyse. Flere parker i åben dør-ordningen er blevet afvist, men har sidenhen genansøgt. Disse er medtaget i scenarierne. Dato for dataindsamling er 1.12.2023.

Havnenes dimensioner

Havn	Kajnr	Kajlængde (m)	Kajbredde (m)	Kajbæreevne (t/m2)	Dybde (m)	Areal (m2)	Kilde
Rømø Havn	1	400	35	5 (15 t/m2 6 meter fra kajkanten).	5	45000	portromo.dk
Odense Havn	1	1200	150		40	11	282.000 odensehavn.dk
Nakskov Havn	0	127	30		20	8,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	1	100	20		2	8,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	2	170	40		2	6,3	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	3	150	15		2	6,3	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	4	100	35		2	8,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	5	150	220		5	8,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	6	100	220		20	8,5	Ukendt lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	8	230	20		5	6,3	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	9	70	2			5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	10	170	3			3,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	11	170	40		2	6,3	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	12	120	40		2	7,5	lollandhavne.lolland.dk
Nakskov Havn	13	200	30		2	7,5	lollandhavne.lolland.dk
Klintholm Havn		60				3	Ukendt danskehavenlods.dk
Stigsnæsværkets Havn	1	290	45			17	Ukendt danskehavenlods.dk
Stigsnæsværkets Havn	2	120	19			17	danskehavenlods.dk
Esbjerg Havn	712-714	500	100		5	10,5	Kontaktperson i havnen
Esbjerg Havn	719-721	300	200		5	10,5	500.000 Kontaktperson i havnen
Esbjerg Havn	803-808	500	50-400		5	10,5	Kontaktperson i havnen
Grenaa Havn	3	500	40		2	7	Kontaktperson i havnen
Grenaa Havn	2	295	40		30	11	300.000 Kontaktperson i havnen
Grenaa Havn	1	200	40		30	11	Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	110	210	35			10	7 Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	11	130	20		0,75	7	Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	40	190	15		1	5	30.000 Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	39	115	2		1	5	Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	99	151	12		1	7	Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	83	116*2	9		0,3	5	Kontaktperson i havnen
Hvidesande Havn	84	116*2	9		0,3	5	Kontaktperson i havnen
Køge Havn	73-76	800	50		3	9,5	250.000 Kontaktperson i havnen
Rønne Havn	2	300	375	50 (oplagringsarealer 20 t/m2)		11	Kontaktperson i havnen
Rønne Havn	3	300	250		50	11	250.000 Kontaktperson i havnen
Rønne Havn	1	300	120		50	11	Kontaktperson i havnen
Thorsminde Havn	1	800	10		1	4-5	50.000 Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	4	185	11		1	7,5	Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	7	175	30		1	4,5	Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	6	150			1	4,5 & 6	Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	5	130			1	9	300.000 Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	3	130	14		2	9	Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	1	180	30		23	10,8	Kontaktperson i havnen
Thyborøn Havn	2	220	30		5	10	Kontaktperson i havnen
Aabenraa Havn	1	2000	20-40		2-7,5	7-18	35.000 Kontaktperson i havnen
Aalborg Havn	8004-8006	725	58-130		2-29,3	7-11	75.000 Kontaktperson i havnen
Aalborg Havn	8016	209	40		2	7-11	Kontaktperson i havnen
Hanstholm havn	91	350	30	5 (baglandet +20)		10,5	130.000 Kontaktperson i havnen

Noter: Data på Rømø, Odense, Nakskov, Klintholm og Stigsnæsværkets Havn er indhentet ved brug af havnenes egen hjemmeside eller danskehavenlods.dk. Sidstnævnte er Geodatastyrelsens oversigt over havne og broer i Danmark. I analysen er der anvendt maksimalværdierne for at skabe et sammenligneligt grundlag på tværs af havnene.

Odense Havn har væsentligt mere arealplads i baglandsarealet. Rønne Havn planlægger udvidelser i areal på 100.000+ m² i 2024-2025.Aabenraa Havn har 250.000 m² yderligere plads til en kaj med 18 meters dybde, men der er behov for at klargøre dette.

Kajnr. er angivet, som kontaktpersonen i den respektive havn, har berettet herom. Ellers er der blot anvendt nummerering fra 1-x afhængigt af antallet af kajer, som havnen råder over.

Tekniske mølledata

Tabel: Forventet størrelse på fremtidige referencevindmøller

År	Forventet WTG størrelse (MW)
2025	15
2030	20
2040	25
2050	30

Kilde: Energistyrelsen - Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme (2023, side 365).

Tabel: Parametre for en referencevindmølle fordelt på størrelse af MW

Parameter	Enhed	8 MW	10 MW	15 MW	20 MW	25 MW*	30 MW*
Møllevinge							
Længde	[m]	80	86	117	122	143	166
Vægt	[t]	35	42	65	84	115	156
Mølletårn							
Længde	[m]	110	119	150	200	246	303
Vægt	[t]	558	605	860	2.070	3.391	5.555
Diameter	[m]	N/A	6	8	N/A	10	13
Nacelle							
Vægt	[t]	285	446	840	945	1.442	2.200

Kilde: Andersen (2023)

* Estimeret forventet stigning i referencemølleparametre på baggrund af Andersen (2023).

Centrale antagelser

Centrale antagelser som anvendt i analysen

Dette afsnit beskriver seks centrale antagelser, som ligger til grund for analysen. Til baggrund for analysen anvendes flere centrale antagelser, der præciserer udfaldsrummet for analysens konklusion. Antagelserne er centrale, idet de afgrænser og tydeliggør scope for analysen, herunder de afgrænsningsvalg, som har været nødvendige for analysens udarbejdelse.

De første to antagelser drejer sig om tekniske data om den estimerede kapacitetsudbygning for fremtidige havvindmølleparker. Den teknologiske udvikling af havvindmøller er fortsat i høj vækst, og fremtidige havvindmølleprojekter agter at opstille havvindmøller af nyeste og højeste kvalitet. Derfor kender fremtidige driftsejere ikke nødvendigvis til de specifikke møllestørrelser, som de agter at opstille. Af den årsag er flere datapunkter, som ligger til grund for analysen, ukendte, hvorfor der er indført antagelser om møllestørrelser og individuelle møllekapaciteter. Dertil antages det, at for de fremtidige ansøgte havvindmølleparker, hvor den estimerede kapacitetsudbygning er angivet som et spænd, da vælges det højst angivne estimat.

Det antages endvidere, at Energistyrelsens Teknologikatalog angiver ensvarende fremskrivning af møllestørrelser til den faktiske teknologiske udvikling af møllestørrelser. Denne antagelse skyldes, at i flere fremtidige ansøgte havvindmølleparker er møllestørrelser endnu uspecificeret, hvorfor analysen indarbejder Teknologikatalogets angivne møllestørrelser for parker etableret i perioderne: 2023-2025, 2025-2030, 2030-2040 og 2040-2050. Yderligere skal det bemærkes, at for de fremtidige parker, hvor antallet af møller ikke er specificeret, da beregnes det estimerede antal møller opsat på baggrund af parkens samlede kapacitet og periodens antaget møllestørrelse, jf. Energistyrelsens Teknologikatalog.

Ud over antagelser for den tekniske data indeholder analysen også øvrige antagelser, der præciserer analysens afgrænsning. Disse beskrives nedenfor.

Denne analyse baseres på kapacitetsudvidelser i danske havne som følge af udbygningsbehov fra danske vindprojekter. Det er således alene havvindmølleparker, der er etablerings-godkendt og ansøgt hos Energistyrelsen, som medtages i analysen. Dog inddrages udenlandske behov i scenarie 3. Dertil følger, at analysen alene tager udgangspunkt i kapacitetsefterspørgsel i danske havne. Der ses derfor bort fra, at danske havvindmølleparker forsynes med komponenter fra udenlandske havne.

Derudover antages, at analysen ikke medtager data om tilgængelighed af flåde, herunder skibe til installation. Det antages, at installatører har skibe til rådighed til fremtidig udbygning af havvind, hvorfor flådekapacitet ikke udgør en faktor for potentielle flaskehalse.

Endelig antages det, at Oostende-erklæringen indarbejdes i analysens grundlag med de specifikke mål, som Danmark har tilkendegivet i erklæringen.



kpmg.com/socialmedia

© 2023 KPMG P/S, et dansk partnerselskab og medlem af KPMG's globale netværk af uafhængige medlemsfirmaer tilknyttet KPMG International Limited, et engelsk selskab med begrænset ansvar. Alle rettigheder forbeholdes.

The KPMG name and logo are trademarks used under licence by the independent member firms of the KPMG global organisation.

Document Classification: KPMG Public