

## NOTAT FRA HAVMØLLEUDVALGET

10. juni 2010  
J.nr 2110/1181-0134  
Ref. AHK/HLA

### Anbefaling af at næste udbygning med havmøller sker på Kriegers Flak

Det danske havområde blev i 2007 screenet for mulige placeringer af havmølleparker. Udvalgsarbejdet mundede ud i rapporten 'Fremtidens havmølleplaceringer – 2025', /1/. De forskellige placeringer blev vurderet efter samfundsmæssige interesser som hensyn til nettransmission, sejlads, natur, landskab, råstofindvinding. Der er under det tværministerielle udvalgsarbejde lagt vægt på en planlagt og koordineret udbygning af havvindmølleparker og transmissionen, og de udvalgte placeringer er strategisk miljøvurderet for at forebygge evt. fremtidige konflikter med miljø- og naturinteresser.

De identificerede områder, hvor udvalget vurderede at der kan etableres havmøller uden at komme væsentligt i konflikt med øvrige maritime interesser, blev rangordnet efter en vurdering af samfundsøkonomiske omkostninger på de forskellige placeringer. I Havmøllehandlingsplan 2008, /2/, blev tilføjet endnu en mulig placering ved Læsø, med forbehold for den lovbundne beskyttelse af fuglene. Der er identificeret i alt 8 områder. Efter udbygning ved Djursland/Anholt, som er politisk besluttet, har flere parker på Horns Rev haft den højeste prioritet.

Den oprindelige prioriterede liste fra Havmøllehandlingsplan 2008, som har været udgangspunktet for nærværende revurdering af Kriegers Flak m.fl., så således ud:

|                   | MW      | Kr. per kWh |
|-------------------|---------|-------------|
| Djursland         | 2 x 200 | 0,48        |
| Horns Rev         | 5 x 200 | 0,53        |
| Læsø              | 3 x 200 | 0,56        |
| Jammerbugt        | 4 x 200 | 0,57        |
| Ringkøbing        | 5 x 200 | 0,57        |
| Kriegers Flak     | 4 x 200 | 0,59        |
| Rønne Banke       | 2 x 200 | 0,63        |
| Store Middelgrund | 1 x 200 | 0,64        |

De angivne omkostninger per produceret kWh dækker installation, net og driftsomkostninger for produktion over en periode på 20 år, beregnet som et gennemsnit af omkostningerne ved en samlet udbygning i de enkelte områder. Det er væsentligt at fremhæve, at sammenligningstallene ikke nødvendigvis indeholder alle omkostninger. Men udeladte omkostninger vil være fælles for placeringerne og formodes derfor ikke at påvirke prioriteringsrækkefølgen. Det absolute prisniveau for såvel vindmøller som kabler er stærkt afhængige af markedssituationen på udbudstidspunktet.

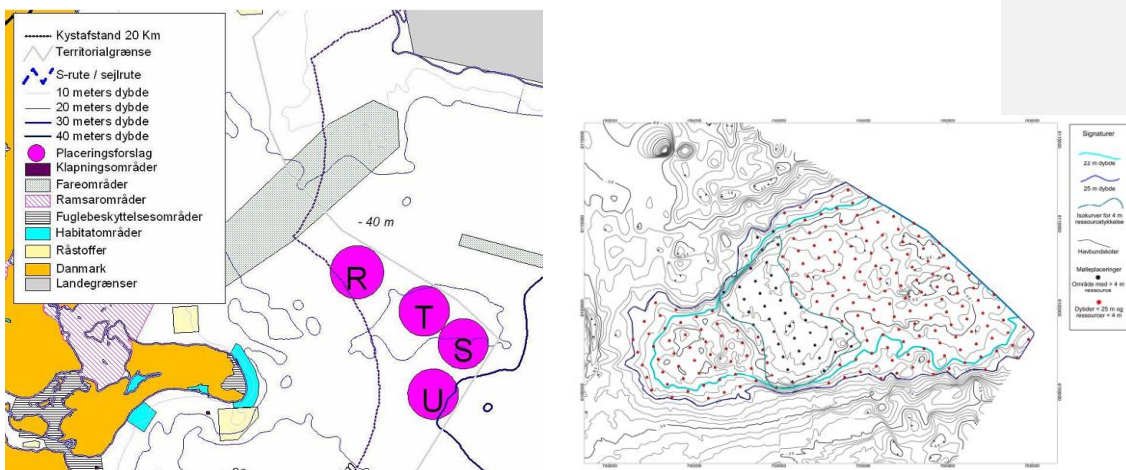
## Revurdering af Kriegers Flak

Kriegers Flak indtog en 6. plads i den anbefalede udbygningsrækkefølge, men i planen var anført, at hvis Danmark, Tyskland og Sverige kan lave en koordineret nettilslutningsløsning for havmølleparker i området ved Kriegers Flak, som kombineres med samkøringsforbindelse mellem Norden og Kontinentet, kan 3-4 x 200 MW imidlertid gå hen og vise sig mere samfundsøkonomisk fordelagtig.

På møde i Havmølleudvalget i maj 2009, blev det aftalt at opdatere de samfundsøkonomiske analyser for Kriegers Flak i havmøllehandlingsplanen, så de afspejler fordelene ved en fælles netløsning og eventuel støtte fra EU.

Energinet.dk har på denne baggrund revurderet samfundsøkonomien i henhold til resultaterne af ovennævnte analyser. Dette medfører, at Kriegers Flak med 600 MW havmøller rykker op på en delt andenplads efter Djursland/Anholt., jf. notat fra Energinet.dk 'Opdatering af Havmøllehandlingsplan med hensyn til Kriegers Flak' /3/.

I opdateringen er det forudsat, at møllerne "flyttes" op på flakket. På grund af den lavere vanddybde falder anlægsomkostningerne, og der opnås en prisreduktion på ca. 4 øre/kWh. Desuden er det vurderet, at der som servicehavn anvendes en havn, der ligger tættere på flakket. På grund af den kortere afstand reduceres omkostningerne med ca. 2 øre/kWh.



Til venstre ses placeringen af 4x200 MW i Fremtidens havmølleplaceringer - 2025 og til højre et eksempel på udbygning oppe på flakket. Den reviderede placering svarer stort set til T og S samt udnyttelse af den vestlige del af flakket, jf. nedenstående afsnit om råstoffer.

Uden at værdisætte fordelene ved en fælles netløsning, kan disse besparelser alene, alt andet lige reducere produktionsomkostningerne for Kriegers Flak fra 0,59 kr/kWh til 0,53 kr/kWh, svarende til omkostningerne ved en udbygning på Horns Rev.

Udbygning med 600 MW kan ske uden yderligere krav til produktionsreserver i det østdanske elsystem. Dette er ikke nødvendigvis tilfældet ved udbygning ud over 600 MW.

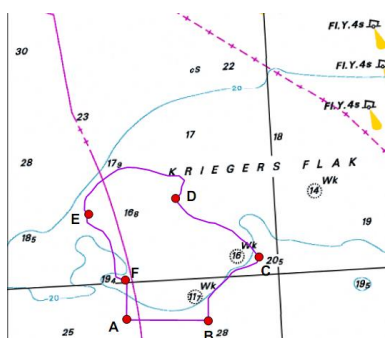
### Råstoffer

Den største konfliktende interesse på flakket er de store råstofreserver, der tænkes brugt til bl.a. Fehmernsund-forbindelsen. Energistyrelsen har gennemført en dialog med By- og Landskabsstyrelsen herom. På baggrund af nærmere undersøgelser og vurderinger, jf. rapport fra Rambøll./4/ er der enighed om at friholde de centrale områder af flakket til råstofindvindning, som det fremgår af kortet nedenfor.

Kortet er udarbejdet på baggrund af data modtaget fra GEUS, der har defineret 4 områder med råstoffer for By- og Landskabsstyrelsen. By- og Landskabsstyrelsen har i brev til Energi- styrelsen /5/, gennemgået de 4 områder. Området indtegnet på kortet nedenfor svarer til det område, som By og Landskabsstyrelsen ønsker friholdt.

Friholdes dette areal, er det vurderingen, at der kan skabes plads til 600 MW vindmøller ved at gå ud til 25 m dybde primært ved anvendelse af arealet nordøst for friholdelsesområdet men også ved brug af flakket sydvest herfor. Til gengæld vil de samlede produktionsomkostninger formentlig lande lidt højere i forhold til også at inddrage råstofområdet til udbygning med vindmøller.

Det skal på et senere tidspunkt vurderes, hvorvidt havmølleparkens interne ledningsnet vil kunne krydse det reserverede område. By og Landskabsstyrelsen har p.t. væsentlige reservati- oner hertil.



Primære koordinater, UTM32, Euref89

| Punkt | X      | Y       |
|-------|--------|---------|
| A     | 748799 | 609982  |
| B     | 752559 | 6100015 |
| C     | 754965 | 6102828 |
| D     | 751068 | 6105538 |
| E     | 747070 | 6104793 |
| F     | 748832 | 610879  |

Den violette linje indlagt i søkort 104, er det område som friholdes for udbygning med møller. Til højre er oplyst 6 primære koordinater for området.

### Naturinteresser

Det er Havmølleudvalgets vurdering, at forholdet til naturinteresser, svarer til analysen fra Fremtidens havmølleplaceringer – 2025 fra april 2007. Her er bl.a. anbefalet, at en række na-

turhensyn bør inddrages ved endelige placeringer af havmølleparker i området. Med hensyn til levesteder og opvækstområder for havpattedyr foreligger der ikke oplysninger, som giver anledning til at antage at området ved Krigers Flak er af særlig betydning. Dog bør foretages en vurdering af de kumulative effekter for havpattedyr ved udbygning på tysk, dansk og svensk territorium. Beskyttede fuglearter udnytter langt overvejende området med vanddybder under 20 meter. Fugleundersøgelser fra andre havmølleparker har vist at fx. havlit og lom undviger mølleparken samt en zone på mindst 2 km omkring denne. Sammen med de planlagte mølleparker på henholdsvis svensk og tysk område kan der opstå yderligere kumulative effekter for havfugle.

Det skal desuden nævnes, at der er igangsat et EU-LIFE-projekt, hvis formål er at undersøge bestanden af marsvin i Østersøen og identificere eventuelle kerneområder. Resultaterne heraf ventes i løbet af 4 år. Der skal udarbejdes VVM for havmøller på Krigers Flak. En sådan vurdering udarbejdes på det foreliggende grundlag. Resultaterne fra EU's LIFE-projekt kan indgå efterhånden som de foreligger.

### **Sejladsforhold**

Det er Havmølleudvalgets vurdering, at forholdet til sejlads mv. svarer til analysen fra Fremtidens havmølleplaceringer – 2025 fra april 2007. Her er bl.a. peget på, at området ligger i åbent farvand i nærheden af anduvningen til de store transitruter. Der skal derfor udarbejdes en risikovurdering, så en konkret placering af vindmøller nøje overvejes i forhold til konsekvenser for trafikken og sejladssikkerheden. I en risikovurdering inddrages bl.a. forhold som drivende pakis, påsejlingsrisiko og risiko for at helikopter eller privatfly kolliderer med mølleparken. Placeringerne bør ligge tæt på grænsen og der bør ske en koordinering landene imellem.

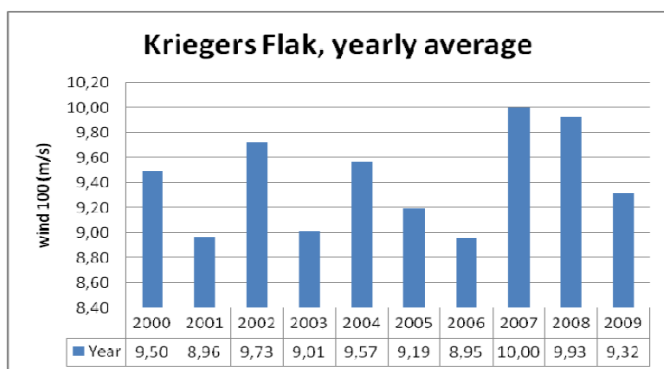
### **Vindforhold/mølleproduktion**

Som led i vurderingen af udbygning med havvindmølleparker blev der af Risø i 2007 udarbejdet en vurdering af vindforholdene i de danske farvande, hvor der for en række konkrete områder, herunder også Krigers Flak blev fastlagt middelvindhastigheder i 100 meters højde. På baggrund heraf blev de forventede fuldlasttimer for vindmølleparker á 200 MW beregnet. For Krigers Flak blev middelvindhastigheden fundet til 9,73 m/s med et forventet fuldlasttimal på 4.044 for 4 parker á 200 MW.

Som led i overvejelserne om at placere 600 MW vindmøller samlet på flakket frem for i 3 adskilte parker har Risø vurderet om dette påvirker den forventede elproduktion væsentlig. Risø har konkluderet, at under forudsætning af samme middelvind og størst mulig afstand mellem møllerne svarende til udnyttelse af hele det tilgængelige areal indtil en vanddybde på op til 25 m, kan der forventes et lidt højere fuldlasttimal på 4.150-4.250, jf. rapport fra Risø 'Resource calculations for 600 MW wind farms at Krigers Flak (Danish part),/6/.'

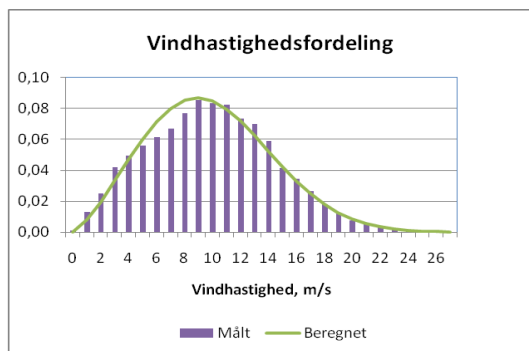
Som supplement til Risøs analyse har firmaet ConWx på baggrund af målte vejrdato mv. og tilhørende beregningsprogrammer gennemført en vurdering af vindhastighederne i 100 meters højde på Krigers Flak gennem de sidste 10 år./7/. For perioden som helhed er der fundet en middelvindhastighed på 9,38 m/s med en usikkerhed i intervallet 9,27-9,56.

Energistyrelsen har analyseret måledata fra den tyske målemast 'FINO 2' tæt ved den danske del af flakket for perioden 10. august 2007 til 30. september 2009, der mangler dog i perioder data, svarende til ca. 6 % af tiden. Middelvindhastigheden i 102 meters højde er for perioden fundet til ca. 9,9 m/s, hvilket stort set svarer til middelhastigheden i årene 2007-2009 på figuren nedenfor.

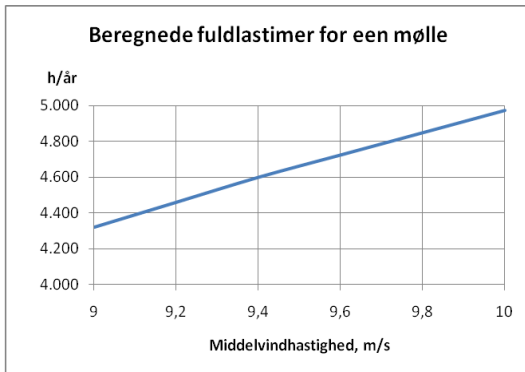


Middelvindhastigheder på Kriegers Flak, jf. analyse udført af ConWx

Fordelingen af de målte vindhastigheder er optegnet på nedenstående figur sammen med den Weibull-fordeling ( $A=11,15$  og  $k=2,4$ ), som har samme middelvindhastighed og den mindste afvigelse fra målingerne. Det ses, at der er en nogenlunde god overensstemmelse mellem den målte og modellen for hastighedsfordeling.



For en vindmølle er den forventede fuldlasttimeproduktion beregnet og vist i afhængighed af middelvindhastigheden med en Weibull-fordeling ( $k=2,4$ ) på nedenstående figur.



Under hensyntagen til, at vindmøllerne i en park "skygger" for hinanden, hvorfor den gennemsnitlige produktion i forhold til én mølle reduceres med måske op til 10%, samt at vindmøllerne indtil videre næppe har en tårnhøjde på 100 m og dermed får lidt lavere vindhastigheder, forekommer det realistisk at forvente en produktion på over 4.000 fuldlastimer, også selvom middelvindhastigheden viser sig at være 9,4 m/s frem for 9,7 m/s.

### Sammenligning med Horns Rev

I forbindelse med revurderingen af udbygning på Kriegers Flak har Energistyrelsen vurderet om der er den samme optimeringsmulighed for Horns Rev, der ligger øverst i Havmøllehandlingsplan 2008.

På Horns Rev er fire af de fem lokaliteter placeret langt fra land, hvilket resulterer større driftsomkostninger. Det er derfor vurderet, hvor meget der ville kunne spares ved at placere tre af dem - i alt 600 MW - tættere på land. Havdybden er dog stort set uforandret, så det ser ud til at der maksimalt kan spares omkring 1 øre/kWh. Afstanden til servicehavn er stort set uændret. Det har ikke været muligt at høre alle parter med maritime interesser, men Søfartsstyrelsen har dog oplyst, at der skal være mulig for opankring i en del af det foreslåede område, samt at mange mindre skibe og fiskefartøjer passerer gennem det foreslåede område som genvej fra Esbjerg mod Nord, dvs. en konfliktende arealinteresse. Ind til videre vurderes det ikke muligt at få væsentlig bedre økonomi i havmøller på denne placering, end det fremgår i Havmøllehandlingsplan 2008.



### Revurdering af Læsø

Havmølleudvalget vurderede i 2007, at en udbygning ved Læsø bør undgås så længe der ud fra en samlet betragtning er andre mere attraktive placeringsmuligheder. Herefter vil en evt. placeringen af vindmøller afhænge af en konkret vurdering af fuglene, herunder sortænder, i området. I havmøllehandlingsplan 2008 beskrives det, at undersøgelser ved Horns Rev I havmøllepark tyder på, at bestanden af de beskyttede sortænder i Nordsøen har vænnet sig til havmølleparken og den trafik der foregår pga. parken (primært drift- og vedligeholdstrafik). Dette har genoplivet debatten i EPU om, hvorvidt man alligevel kunne placere mølleparker på havområdet syd for Læsø. Med forbehold for den lovbundne beskyttelse af fuglene, blev Læsø således inkluderet i prioriteringslisten over de reserverede områder i havmøllehandlingsplan 2008 på opfordring fra politikerne i EPU.

Energistyrelsen har fået gennemført undersøgelser, som afdækker hvorvidt sortænder i området kan udgøre en barriere for opførelsen af havmøller i området. Det fremgår af rapporten, /8/, at sortændernes tilvænnning til parken på Horns Rev, som er et fourageringsområde for sortænder, ikke er sammenlignelige med området syd for Læsø, fordi dette er et fældningsområde for sortanden. Det vil sige, at sortænderne ved Læsø ikke kan flyve og derfor er mere udsatte. Efter høring af By- og Landskabsstyrelsen, vurderer Energistyrelsen på baggrund af rapporten, at risikoen for en traktatkrænkelssag er for stor til at afvige havmølleudvalgets forbehold for en udbygning på havet syd for Læsø. Det anbefales således, at Læsø ikke genovervejes før der skal foretages en ny kortlægning af arealer til havmølleudbygning på havet.

## Europæiske perspektiver

Den danske systemoperatør, Energinet.dk, har sammen med svensk (Svenska Kraftnät) og tysk systemoperatør (50 Hertz Transmission) vurderet mulighederne for at koble kablerne sammen, så de også kan bruges til at handle strøm mellem landene, når vindmøllerne ikke lægger beslag på hele kapaciteten – enten på grund af svag eller for kraftig vind. Selvom svenskerne nu har trukket sig, har dette og EU's tilsagn om at dække halvdelen af meromkostningerne givet stor fokus på hele projektet. EU har givet tilsagn om at støtte op til 50 % af meromkostningerne ved at koble nettene sammen med op til 150 mio EUR. Svarende til ca. 1,1 mia. kr.

Da EU's støtte er målrettet omkostningerne til sammenkobling af nettene, koordineret internationalt samarbejde, udvikling af ny HVDC multiterminal-teknik ændrer det ikke umiddelbart omkostningerne til etableringen af selve havmølleparken.

EU-støtten er givet i medfør af 'European Economic Plan for Recovery', og EU ønsker støtten aktiveret hurtigt. En hurtig politisk beslutning om udbygning med møller på Kriegers Flak er derfor i denne sammenhæng ønskværdig.

Set i europæisk perspektiv er antallet af vindmøller på Kriegers Flak begrænset, afstandene er begrænsede og dermed er risikoen begrænset. I Nordsøen er potentialet langt større, afstandene større og dermed risikoen større. Derfor har EU's koordinator lagt så stor vægt på at fremme netop Kriegers Flak som pilot-projekt for de store tilsvarende udfordringer andre steder.

Integration af vindkraft, solkraft og vandkraft som billigste lagermulighed på europæisk plan vil medføre nye transportmønstre i Europa. Det multiterminal HVDC grid koncept, som udvikles til Kriegers Flak projektet, har potentiale til at blive de facto standard for et europæisk HVDC-net.

## Samfundsøkonomisk værdi af sammenkobling med udlandet

### *Driftsnytte*

Der er en række forhold, der kan forbedre samfundsøkonomien ved at udbygge med møller på Kriegers Flak og etablere en fælles netløsning med Tyskland. Disse omfatter konsumentnytte, producentnytte og flaskehalsindtægter. De tre systemoperatører har i rapport fra februar 2010, /9/ vurderet meromkostningerne ved en kombineret nettilslutning til ca. 3,4 mia. kr (nuværdi), mens den tilsvarende samfundsøkonomiske driftsnytte er beregnet til mellem 5 og 14 mia. kr. Det store spænd i den beregnede nytteværdi forklares med forskelle i de anvendte beregningsmodeller og -forudsætninger og belyses yderligere. Fordelingen mellem landene er meget ulig, idet konsumentnyttens er stor i Tyskland, mens producentnyttens er stor i Sverige. I Danmark er der nogenlunde balance mellem producent- og konsumentnytte, og på grund af reducerede flaskehalsindtægter fra øvrige forbindelser til Kontinentet vil fordelingen af flaskehalsindtægterne fra Kriegers Flak blive afgørende for Danmarks udbytte.

Sverige har foreløbig trukket sig ud af projektet. Energinet.dk og den tyske systemoperatør 50 Hertz Transmission har valgt at fortsætte projektet bilateralt og har forhandlet aftale om forde-

ling af omkostninger, nytte, ejerafgrænsning mv. Aftalen er fortrolig, så den mulige danske driftsnytte indgår ikke i denne revurdering.

#### *Forsyningsikkerhed*

Med en forbindelse til Tyskland bliver der mulighed for at dele reserver mellem Danmark og Tyskland og dermed øge forsyningsikkerheden. Energinet.dk har efter en række vurderinger af sandsynligheder for effektbrist og omfanget af ikke-leveret energi i 2015 med og uden en ny 600 MW forbindelse via Kriegers Flak til Tyskland beregnet en reduktion i mængden af ikke-leveret energi på mellem 15 og 1.500 MWh/år. jf brev af 29. april 2010, /10/. Sættes omkostningerne ved ikke-leveret energi til 50.000 kr./MWh giver dette en værdi på mellem ca. 0,7 og 70 mio. kr./år, hvor den mindste værdi svarer til de mest realistiske antagelser om tilgængelig for øvrige forbindelser. Der lægges stor vægt på, at ledig kapacitet stilles til rådighed for alle markedets aktører med henblik på et mere effektivt marked.

#### *Markedsmagt*

Etablering af en fælles netløsning på Kriegers Flak forbedrer markedsfunktionen og vil bl.a. gøre det sværere for producenter at udnytte en dominerende position i markedet. I analyser af storebæltsforbindelsen blev det vurderet at den forbedrede markedsfunktion vurderet til 155 mio kr/år. Tilsvarende analyser er ikke foretaget på Kriegers Flak, så en værdi heraf er ikke taget med i vurderingen.

#### *Mere ligelig fordeling af vindmøllekapacitet mellem Jylland-Fyn og Sjælland*

Merværdien ved at placere en ny havmøllepark ved Kriegers Flak frem for på Horns Rev er af Energinet.dk beregnet til ca. 60 mio. kr. pr. år, som følge af den øgede geografiske spredning og dermed reducerede omkostninger til balancering af vindmølleproduktionen.

#### *Sammenfattende vurdering af en fælles netløsning*

På baggrund af de gennemførte analyser og sammenligning med vurderinger af storebæltsforbindelsen, er det Energistyrelsens vurdering, at den samfundsøkonomiske værdi af sammenkoblingen med Tyskland som følge af forbedret forsyningsikkerhed og mere ligelig fordeling af vindmøllekapaciteten kan opgøres til 60-130 mio. kr/år svarende til ca. 3-5 øre pr. produceret kWh for en vindmøllepark på 600 MW. Hertil kommer en mulig driftsnytte samt værdien af en forbedret markedsfunktion.

## Sammenfatning og anbefaling

I udvalgets Havmøllehandlingsplan 2008 havde udbygning på Horns Rev højeste prioritet efter Djursland/Anholt, mens udbygning med op til 800 MW på Kriegers Flak lå længere nede i den anbefalede udbygningsrækkefølge. Da de partier bag energiaftalen af 21. februar 2008 i august samme år besluttede udbygning på Anholt, anmodede de samtidig om en revurdering af placeringerne på Kriegers Flak og Læsø. Havmølleudvalget har på møde den 3. juni 2010 revurderet udbygning på disse to placeringer.

Med hensyn til Kriegers Flak er det vurderet, at besparelser ved at flytte møllerne op på flakket indenfor 25 m kurven og ved at anvende Klintholm Havn som servicehavn reduceres produktionsomkostningerne for Kriegers Flak fra 0,59 kr/kWh til 0,53 kr/kWh, svarende til omkostningerne ved en udbygning på Horns Rev.

Den centrale del af flakket friholdes af hensyn til fortsat udvinding af råstoffer for udbygning med havmøller. Det er vurderingen, at der indenfor 25m kurven og udenfor råstofområdet er plads til 600 MW. Nærværende revurdering er derfor begrænset til 600 MW, og der er ikke taget stilling til eventuel yderligere udbygning på denne lokalitet.

Det er derudover vurderet, at en fælles netløsning med Tyskland vil have en samfundsøkonomisk værdi svarende til ca. 3-5 øre pr. produceret kWh for en vindmøllepark på 600 MW. Hertil kommer en mulig driftsnytte samt værdien af en forbedret markedsfunktion. Placeringen ved Horns Rev indeholder ikke de samme muligheder for en fælles netløsning og mulige gevinster herfra.

Samlet set anbefaler Havmølleudvalget, at næste udbygning med havmøller på 600 MW sker på Kriegers Flak. Udbygningen kan evt. ske trinvis.

Med hensyn til Læsø anbefaler Havmølleudvalget, at denne placering grund af tilstedeværelsen af Sortænder ikke genovervejes, før der skal foretages en ny samlet kortlægning af arealer til havmølleudbygning på havet.

Nærværende analyse har bortset fra en enkelt følsomhedsvurdering ikke forholdt sig til, om der kan ændres på forudsætninger på øvrige placeringer. Den samlede anbefalede udbygningsrækkefølge i Havmøllehandlingsplan 2008 er derfor ikke revideret, bortset fra at 600 MW på Kriegers Flak anbefales som næste udbygning, og at Læsø ind til videre er fjernet fra listen.

Havmølleudvalget vil senere foretage en komplet revision af udbygningsrækkefølgen.

## Referencer

- /1/ Fremtidens havmølleplaceringer - 2025. Energistyrelsen, april 2007.
- /2/ Havmøllehandlingsplan 2008. Energistyrelsen, 23. september 2008.
- /3/ Opdatering af Havmøllehandlingsplan med hensyn til Kriegers Flak. Energinet.dk, 6. januar 2010.
- /4/ Kriegers Flak - ressourcevurdering. Rambøll, 16. februar 2010.
- /5/ Afgrænsning af central råstofressource på Kriegers Flak. By- og Landskabsstyrelsen, 17. marts 2010.
- /6/ Resource calculations for 600 MW wind farms at Kriegers Flak (Danish part). Risoe, April 2010.
- /7/ Hindcast analysis for Kriegers Flak and Horns Rev. ConWx, March 2010.
- /8/ Faktorer der påvirker fordelingen af sortænder i fældningsperioden i Ålborg Bugt, DMU, 2009
- /9/ Kriegers Flak Combined Grid solution - Feasibility Study. 50 Hertz, Energinet.dk & Svenska Kraftnät, 24. February 2010.
- /10/ Kvantificering af forhold ved Kriegers Flak, Energinet.dk, 29. april 2010.

Formateret: Dansk

Formateret: Dansk