

**BIRKNIELSEN** LANDSKABSARKITEKTER  
PLANLÆGGERE m.a.a

# Fremtidens havvindmølleplacering

*- en vurdering af de visuelle forhold ved opstilling af store vindmøller på h*



*April 2007*

**Titel**

*Fremtidens havvindmølleplaceringer 2025*

*– en vurdering af de visuelle forhold ved opstilling af store vindmøller på havet*

**Udarbejdet af**

*BIRK NIELSEN - landskabsarkitekter, planlæggere*

*ved*

*Frode Birk Nielsen, Landskabsarkitekt m.a.a.*

*Jens Pouplier, Landskabsarkitekt m.d.l.*

*Christian Achermann, Civilingeniør Urban Design*

*Christian Dalmer, Civilingeniør Urban Design.*

Rapporten er udarbejdet for Energistyrelsen som bilag til rapporten Fremtidens Havmølleplaceringer 2025, Udvalget for Fremtidens havmølleplaceringer.

Udvalget er sammensat af Energinet.dk, Videnskabsministeriet ved Afdeling for Vindenergi

- Forskningscenter Risø, Søfartsstyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen og Energistyrelsen.

**Udgivet af**

*Transport- og Energiministeriet, Energistyrelsen*

**Kort**

*Copyright: Kort- og Matrikelstyrelsen.*

**ISBN [www: 87-7844-646-5](http://www.87-7844-646-5)**

*April 2007*

# Forord

Regeringen har bedt Energistyrelsen, Transport- og Energiministeriet om at nedsætte et udvalg, som har til opgave at klarlægge udfordringer og problemer forbundet med den fremtidige udbygning af den havbaserede vindkraft.

Arbejdets formål er, på den mest effektive måde, at finde egnede placeringer til fremtidens havvindmøller gennem en afvejning i forhold til eksisterende arealinteresser på havet samt transmissionsnettets muligheder. Der skal således identificeres et passende antal arealer på havet, som i de kommende år muliggør en markedsbestemt udbygning med havmølleparker.

Endelig skal udvalget vurdere mulighederne for placeringer af forsøgsmøller med henblik på at tilgodese industriens behov for at kunne udvikle og afprøve vindmøller løbende og hermed fastholde og videreudvikle spidskompetencer inden for vindmøllesektoren i Danmark.

I arbejdet indgår en vurdering af mulighederne for nettilslutning af større vindmølleparker på havet, herunder en belysning af de tekniske og planlægningsmæssige muligheder for landføring og konsekvenser for det bagvedliggende net ved de forskellige områder. Udvalget vurderer også de økonomiske forhold for mulige netløsninger og opstiller scenarier for den teknologiske udvikling af vindmøller og vindmølleparker, der kan skabe mulighed for etablering på større havdybder.

Vindkraft fremstår i dag som et vigtigt alternativ til energiproduktion baseret på konventionelle energikilder, samt som et vigtigt led i bestræbelserne på at sikre en uafhængig energiforsyning.

Udviklingen af vindkraften går mod større vindmøller og produktionsenheder, med en deraf følgende større udnyttelse af vindressourcerne. Denne udvikling sker både på land og til havs, men de store vindmøller bliver stadig vanskeligere at placere blandt andet på grund af de mange landskabelige bindinger.

Havmølleparker har et større uudnyttet potentiale for en væsentlig udbygning af den vindkraftbaserede energiforsyning, med meget store produktionsenheder og større vindmøller end man vil acceptere på land. Planlægningen af havmølleparker er dog ikke problemfri, idet der skal foretages en afvejning i forhold til andre arealinteresser.

Der findes allerede en række havmølleparker herhjemme, heraf de to største ved henholdsvis Nysted og Horns Rev, men de kommende vindmølleparker kan blive etableret med noget større vindmøller end de eksisterende. Større havmøller er under udvikling og kan forventes klar til opstilling indenfor de kommende år.

Store havmølleparker kan også have landskabelige konsekvenser i kraft af deres størrelse og potentielle synlighed fra lange kyststrækninger. Denne rapport søger at afklare denne visuelle og landskabelige påvirkning set i et landskabsarkitektonisk perspektiv.

Denne visualiseringsrapport er udarbejdet for Energistyrelsen og indgår som bilag til rapporten Fremtidens Havmølleplaceringer, Udvalget for Fremtidens Havmølleplaceringer.

# Indhold

|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 3  | Forord   | 25 | Opstillingsmønstre for havmølleparker  |
| 4  | Indhold  | 26 | Oplevelsen af havmølleparker<br>Bevægelsesmønstre<br>Oplevelse og placering i terræn<br>Særlige oplevelsessituationer  |
| 5  | Læsevejledning og metode   | 27 | Tekniske krav<br>Indbyrdes afstand mellem møller<br>Fundament<br>Forbindelse til land<br>Meteorologimast   |
| 6  | Baggrund   | 27 | Opstillingsmønstre<br>Rektangulært grid<br>Tilfældighedsprincip<br>Trekant<br>Cirkelslag<br>Solsikkemønster<br>Linieopstillinger   |
| 6  | Havmøller og energiproduktion  | 34 | Udvidelse af havmølleparker<br>Afstand mellem parker<br>Udvidelse af eksisterende møllepark<br>Udvidelse med ny møllepark<br>Forhold mellem forskellige opstillingsmønstre |
| 7  | Nye mølletyper   | 37 | Mindre havmølleparker tæt på land  |
| 8  | Vindmølleområder   | 38 | Havmøller i landskabeligt samspil<br>Opstillingsmønstre<br>Erfaringer med store vindmøller på land<br>Syd for Samsø<br>Øst for Sydfalster                                  |
| 9  | Kystlandskabet   | 42 | Mølleparker ved tekniske anlæg<br>Tekniske landskaber og æstetik<br>Særlige hensyn   |
| 10 | Land og vand   | 44 | Forsøgsmøller ved Omø<br>Placering<br>Forsøgsmølleparkens opbygning<br>Vurdering<br>Afprøvede opstillinger   |
| 11 | Landskabstypologi<br>De åbne kyster<br>Fjord-, bælt- og sundkysterne<br>Øhavskysterne  | 48 | Sammenfatning  |
| 12 | Anvendelse   | 50 | Kilder   |
| 13 | Havmøller og synlighed   |    |  |
| 14 | Synlighedsfaktorer<br>Hav- og landskabselementer<br>Sigtbarhed<br>Jordens krumning<br>Placering i terræn<br>Antallet af møller<br>Udseende og farve<br>Vingernes bevægelse<br>Andre tekniske anlæg<br>Lysmarkering<br>Møllestørrelse og afstand fra land |    |  |
| 20 | Konsekvenszoner<br>Vurderingsmetode<br>Definition af nærzone<br>Definition af mellemzone<br>Definition af fjernzone<br>Maksimal synlighed  |    |  |
| 24 | Anbefalede konsekvenszoner<br>Nærzone-mellemzone<br>Mellemzone-fjernzone<br>Maksimal synlighed   |    |  |

# Læsevejledning og metode

Denne rapport tager udgangspunkt i de problemstillinger, der knytter sig til visuelle påvirkninger fra havmøller. Undersøgelserne, der ligger til grund for anbefalingerne, omhandler derfor primært synligheden af havmøller og havmølleparkeres samspil med landskabet set i et landskabsarkitektonisk perspektiv.

Undersøgelsesarbejdet bygger videre på Energistyrelsens tidligere undersøgelse 'Vindmøller i danske farvande' fra 1995. Herudover er der indhentet information omkring erfaringer med havmølleparker i 'Havmølleparker og Miljøet' (Energistyrelsen, 2006), og udover Energistyrelsen har blandt andet Siemens Windpower, DMI og Forskningscenter Risø været behjælpelige med baggrundsinformation omkring vindenergi og konstruktion af havmøller.

Visualiseringer er baseret på fotos fra tidligere havmølleprojekter, ligesom der er gjort brug af lignende erfaringer fra en lang række projekter for vindmøller på land.

## Metode

Undersøgelsesens primære redskab er visualiseringer af scenarier for opstilling af havmøller, som giver mulighed for at vurdere de visuelle konsekvenser ud fra landskabsarkitektoniske vurderinger.

Alle disse visualiseringer er udarbejdet i Windpro. Dette program kan ved hjælp af bestemmelseskoordinater opstille vindmøller på præcise placeringer, og herudfra genere visualiseringer på baggrund af fotos optaget i de pågældende områder.

Der er primært tale om visualiseringer for større betragtningsafstande, og derfor er møllerne bevidst fremhævet med en lysere farve for at gøre dem tydeligere på visualiseringen. Forhold, der har indflydelse på synligheden af havmøller, er uddybet under afsnittet 'Synlighedsfaktorer'.

Visualiseringerne skal betragtes som en efterligning af virkeligheden, som ikke forklarer alle forhold, der har indflydelse på vindmøllernes fremtræden på et givent sted. Generelt vil møllerne fremstå forholdsvis tydeligere, når man befinder sig på stedet, end når man betragter dem på et foto. Især på større afstande kan møllerne 'forsvinde' på visualiseringerne, selv om de reelt er synlige i virkeligheden. Der kompenseres for dette ved at give møllernes fremtræden en vis overdrivelse på visualiseringerne, typisk ved at farve dem hvide fremfor den grå standard farve.

Undersøgelserne omfatter også 2-D animationer, som giver mulighed for at vurdere synligheden af møllevingernes rotation. Disse er udarbejdet efter samme metode som de øvrige visualiseringer, men lader sig ikke gengive i de trykte medier.

# Baggrund

## Havmøller og energiproduktion

Vedvarende energi har ud fra miljømæssige betragtninger store fordele i forhold til konventionel energiproduktion baseret på kul, olie eller gas.

En satsning på vedvarende energikilder har sikret disse en stadig stigende andel af den samlede danske energiproduktion. I 2004 var



*Kul og vind  
(Foto: DONG Energy)*

godt 14 % af energiproduktionen baseret på vedvarende energikilder. Af Regeringens energiudspil af 19. januar 2007 fremgår, at andelen af vedvarende energi mindst kommer til at udgøre 30% af energiforbruget i 2025. Vindkraft er her en af de betydeligste bidragsydere til vedvarende energiproduktion (Energistyrelsen).

Siden 1991 har havmølleparker indgået som en del af den vedvarende energiproduktion. 'Havmølleparker og miljøet' (Energistyrelsen, 2006 A) beskriver de hidtidige danske erfaringer med havvindmøller med særligt fokus på de to store demonstrationsprojekter ved Horns Rev og Nysted. Rapporten peger på havmølleparker som en attraktiv mulighed for fremtidens energiproduktion men peger samtidig på en række miljømæssige forhold, som kræver særlig opmærksomhed i denne sammenhæng. Havets flora og fauna påvirkes af opstillingen af havmølleparker, og det kan have effekt på kvaliteten af fødesøgningsområder for fugle og havpattedyr. For andre plante- og dyrearter peger foreløbige undersøgelser på, at konsekvenserne er overskuelige eller ligefrem kan have gavnlig effekt på fiske- og planteliv i havmølleområderne (Energistyrelsen, 2006 A, s 6-7).

Store havmøller vil kunne ses på lang afstand og vil have visuelle konsekvenser for hav- og kystlandskabet. Oplevelsen af havmøllers synlighed og æstetiske samspil med landskabet er derfor væsentlig i forhold deres miljømæssige belastning, og det er vigtigt at undersøge og udvikle muligheder for opstilling af havmølleparker, der sikrer de landskabelige kvaliteter.



*(Foto: Daniel Bergmann)*



*Havvindmøller kan både have miljømæssig betydning i forhold til dyre- og planteliv og i forhold til den visuelle påvirkning af landskabet.  
(Foto nederst: Vattenfall)*

## Nye mølletyper

En rentabel energiproduktion af vedvarende energi med en høj udnyttelse af vindressourcerne kræver store produktionsenheder. Generelt gælder det, at større vindmøller medfører en øget energiproduktion, og en moderne vindmølle producerer i dag omtrent 100 gange mere elektricitet end en vindmølle fra 1980 (Energistyrelsen, 2006 A, s 10).

Den øgede effektivitet afspejler en markant udvikling af vindmøllernes fysiske størrelse. Hvor tidlige møllemodeller med gittermastkonstruktioner ikke var meget højere end 20 m, har de nyeste modeller på markedet i dag en totalhøjde på op mod 150 m. Og udviklingen fortsætter. Særligt for havvindmøller med store afstande til de nærmeste naboer er der mulighed for at arbejde med endnu større møller.

Denne rapport tager udgangspunkt i en antagelse om, at havvindmøller på længere sigt kan opnå en totalhøjde på op mod 260 m. Denne antagelse er foretaget ud fra en vurdering af den hidtidige teknologiske udvikling. Imidlertid er der de seneste år sket en opbremsning i den opskalering, der ellers har været kendetegnende for udviklingen af vindmøller. Specielt har de tekniske udfordringer for at opnå en større pålidelighed vist sig at være større end forudset.

Hertil kommer, at udviklingen af havvindmøller internationalt først nu er ved at komme i gang i andre lande end Danmark, og at der andre steder i verden fortsat vil være et langt større marked for opstilling af vindmøller på land end til havs. Da udviklingen af de større vindmøller hovedsageligt er drevet af efterspørgslen efter vindmøller til opstilling på havet, vil udviklingen i de nærmeste år med stor sandsynlighed dæmpe industriens udviklingshastighed i forhold til opskaleringen af vindmøllerne.

Endvidere taler en række andre forhold også for, at der ikke vil ske en tilsvarende forøgelse af størrelsen af vindmøllerne. Der er relativt begrænsede fordele ved at gøre møllerne højere i forhold til vindhastighedsprofilen. Der er således teknologiske muligheder for større energiudbytte per mølle ved for eksempel at øge

**Siemens SWT-3.6-107 3600**  
(totalhøjde 143 m)

**Mølletype 6**  
(totalhøjde 260 m)

**Mølletype 4**  
(totalhøjde 187,5 m)

**Mølletype 1**  
(totalhøjde 125 m)



De anvendte mølletyper i sammenligning med eksisterende mølletype. Afstand 1 km  
(Visualisering: Birk Nielsen)

| Mølletype | Effekt / MW | Navhøjde / m | Rotordiameter / m | Totalhøjde / m |
|-----------|-------------|--------------|-------------------|----------------|
| 1         | 3           | 80           | 90                | 125            |
| 2         | 4           | 90           | 110               | 145            |
| 3         | 5           | 100          | 120               | 160            |
| 4         | 7,5         | 115          | 145               | 187,5          |
| 5         | 10          | 130          | 170               | 215            |
| 6         | 15          | 155          | 210               | 260            |

generatorstørrelse og omdrejningshastighed i stedet for rotordiameteren. Samlet set er der mange usikkerheder knyttet til udviklingen af de største vindmøller til opstilling på havet, og det synes mest realistisk at antage, at de største vindmøller i 2015-2025 kommer til at ligge mellem 5 og 15 MW med vingediameter på 125-200 m og navhøjder på 100 til 150 m. Det vil sige med en totalhøjde på mellem 165 og 250 m. Til sammenligning er Storebæltsbroens pyloner 254 m høje, og sådanne møller vil kun overgå i højde af de største skorstene og sendemaster. Havmølleparker med meget store møller vil i givet fald blive betydelige anlæg med en visuel indflydelse på omgivelserne, der overgår alle andre kendte bygninger og anlæg.

Fremtidige havmølletyper er under fortsat udvikling, og der foreligger ikke præcise data om, hvordan vindmøller på op mod 260 m kommer til at se ud. De anvendte møller i visualiseringer i denne rapport skal derfor betragtes som tilnærmelse til, hvordan designet på fremtidens havmøller kommer til at tage sig ud.

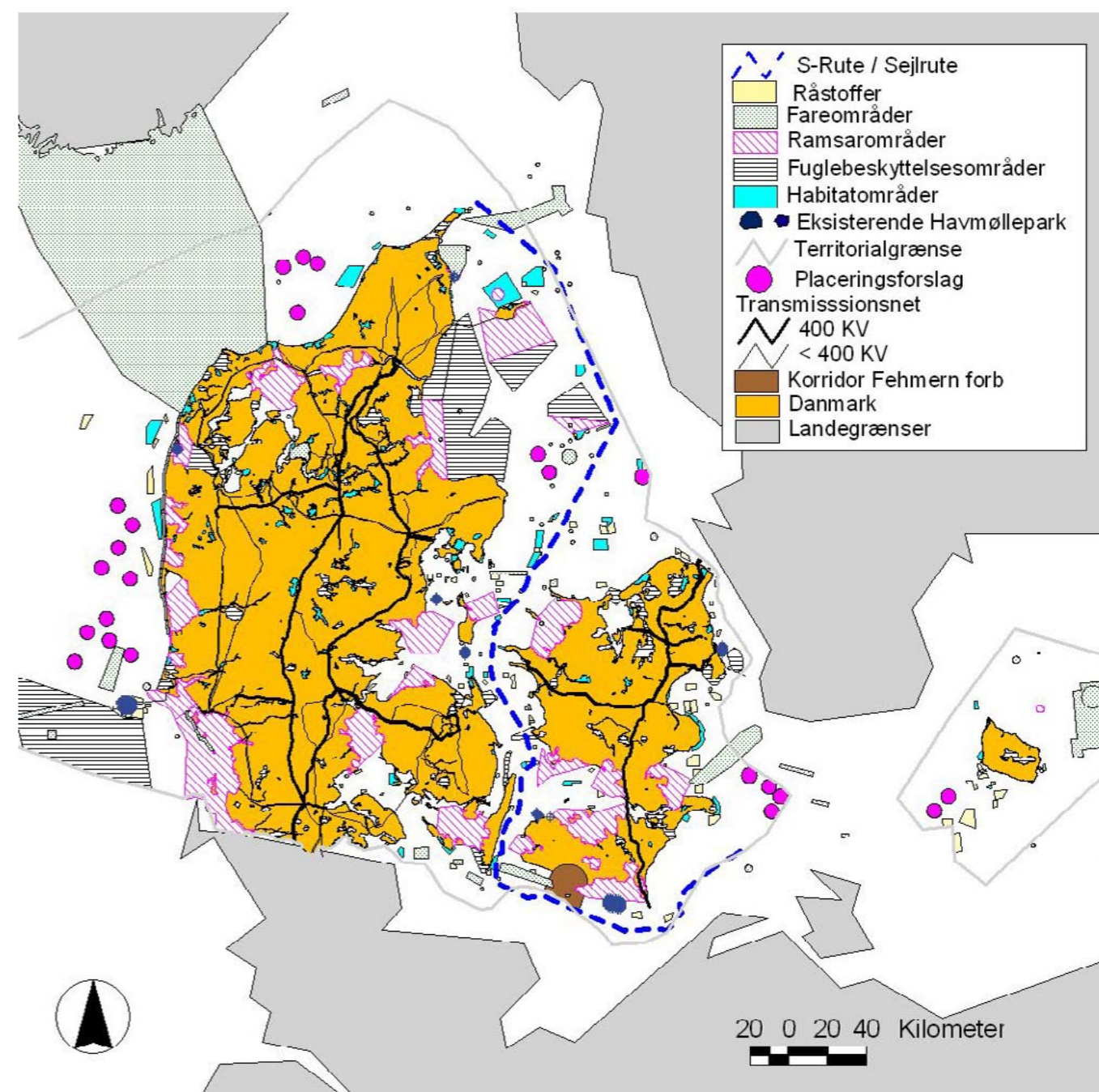
Energistyrelsen har opgivet en række nøglefaktorer for effekt, navhøjde og rotordiameter, som danner udgangspunkt for visualiseringer af seks mølletyper fra 3 – 15 MW med en totalhøjde på op til 260 m. På baggrund af eksisterende mølletyper og assistance i forhold til dimensionering fra vindmølleindustrien, er der udarbejdet bud på det visuelle udtryk af de seks mølletyper under hensyntagen til udformning af tårn, vinger og møllehus.

## Vindmølleområder

Der er samlet opført 8 danske havmølleparker siden 1991.

De to store, Horns Rev I og Nysted Havmøllepark, er verdens største havmølleparker med en samlet effekt på henholdsvis 160 og 165 MW (Energistyrelsen, 2006 A, s 8-9). Der er her tale om egentlige vindkraftværker, hvor opførelsen af en enkelt park kan aflæses direkte i Energistyrelsens energistatistik. Havmølleparkerne er opført i områder, der på forhånd blev udpeget hertil baseret på kortlægningen i 'Vindmøller i danske farvande' (Energistyrelsen, 1995). Der er her taget udgangspunkt i en kortlægning af interessefeltet, hvor havmølleområder må tilpasse sig hensyn til skibsfart, luftfart, radiokæder, råstofudvinding, forsvaret samt natur- og landskabsbeskyttelse. Udpegningen viser, at der er forholdsvis få egnede opstillingsmuligheder til rådighed, og disse befinder sig af hensyn til den visuelle påvirkning fra havmøller i fortrinsvis god afstand af kystlinjen. Det taler for, at en væsentlig elproduktion fra havmøller nødvendigvis adskiller sig fra modellen for landmøller, hvor mange mindre grupper og klynger tilsammen giver en stor effekt. For at udnytte de opstillingsmuligheder der findes, og for at sikre en økonomisk sammenhæng i det enkelte projekt, må princippet for havmølleparker generelt være få men store enheder.

Der er dog også opført mindre havmølleparker tættere på land, hvor havvindmøllerne har en mere direkte sammenhæng med kystlandskabet. En udpræget spredning med mange, mindre havmølleparker vil nødvendigvis få væsentlige miljømæssige og visuelle konsekvenser, fordi de vil berøre mange områder i kystlandskabet, og det er derfor logisk at placere størstedelen af havmøllerne i samlede enheder. De små havmølleparker kan levere et mere beskedent bidrag til den samlede produktion af vedvarende energi, og skal derfor fortrinsvis betragtes som et supplement.



Placeringsforslag til nye havmølleparker 2025



## Kystlandskabet

*Ved opstilling af havmøller tilføres kystlandskabet et moderne, teknisk element, som ved sin fremtræden ændrer oplevelsen af landskabet. Denne oplevelse kan være neutral, positiv eller negativ i forhold til landskabets egnethed og betragterens værdier for denne. Som udgangspunkt er det derfor væsentligt, at man har en overordnet forståelse for kystlandskabet karakter og brug, når man opstiller havmøller.*



Foto: Birk Nielsen

## Land og vand

Kystlandskabet er først og fremmest karakteriseret ved overgangen mellem de to store landskabelige enheder: land og vand.

Vandet kan meget enkelt klassificeres som en åben, uberørt flade. Her er byggede strukturer og andre elementer som befinder sig på vandet, meget tydelige; både fysisk visuelt og mentalt.

Kystlandskabet er derimod mere komplekst. Det er først og fremmest i dette møde mellem land og vand, at den overordnede landskabelige oplevelse defineres, og da kystlandskaberne er meget varierede, er det formålstjenligt med en uddybende typologisk og anvendelsesmæssig forståelse.



Foto: Birk Nielsen

## Landskabstypologi

Typologisk kan kystlandskaberne inddeles efter to modeller:

- En morfologisk, hvor der skelnes mellem kyster med en flad og jævn overgang, og klintkyster med markante overgange mellem selve kysten og baglandet.
- En landskabstopografisk, hvor der skelnes mellem øhavet, fjordkysterne og de åbne kyster med fri horisont.

Den følgende karakteristik af kystlandskabet tager udgangspunkt i landskabstopografien men kommenterer samtidig på den morfologiske karakter.



Alle fotos: Birk Nielsen

### De åbne kyster

Ved de åbne kyster ligger det meste af horisonten åben, uden modstående land i sigte. Det åbne hav er utæmmet natur i sin reneste form, og kontrasten til det bagvedliggende, gennemkultiverede danske landskab er her størst. Her fornemmes de store afstande og man føler sig lille. Faste, tekniske anlæg placeret på åbent hav bryder i nogen grad denne virkning, og giver i stedet indtryk af tæmmet natur på linie med broer og dæmninger over store floder.

Åbne kystområder, som er karakteriseret ved en flad og jævn overgang, er typisk områder med hævede havbundsarealer, udligningskyster og inddæmmede områder, men kan også blot være morænekyster med et svagt kuperet bag-

land. Selve kystzonen kan derfor variere i flere kilometers bredde, hvor man fra de inderste dele af zonen ikke kan se vandet, men det kan også blot være en smal sandstrimmel. De brede, flade kystområder kan være velegnede til opstilling af havmøller, idet de ofte har en skala, der kan matche møllerne.

Klint- og klitkysterne er markante, ofte dramatiske overgange mellem land og vand. Her kan store vindmøller placeret tæt på kysten risikere at reducere eller udviske den markante karakter. Samtidig kan det særlige terræn med høje udsigtspunkter have betydning for synligheden af havmøller, der er placeret på større afstande fra kysten.

### Fjord-, bælt og sundkysterne

Ved fjord- bælt og sundkysterne indrammes udsigten henover vandet af modstående kyster, hvadenten fjorden åbner sig ud mod havet, eller man står længere inde i fjorden. Disse landskaber rummer ofte en særlig kvalitet, som kan være sårbar overfor opstilling af havmøller.

Som for de åbne kyster har opdelingen mellem de flade, jævne kyster i forhold til klintkysterne væsentlig betydning ved fjordkysterne.

### Øhavskysterne

Ved opstilling af havmøller langs øhavskysterne tilføres øhavet et markant vertikalt landskabselement, som bryder det overvejende horisontale landskab. Store møller vil således blive markant synlige, og særligt omkring mindre øer skal man være opmærksom på skalaopfattelsen af stedet. Den høje himmel og de lave kyster, hvor de enkelte øer optræder i en kompliceret, horisontal mosaik af kyststrækninger, er vigtige landskabelige træk ved øhavet, som kræver særlig opmærksomhed ved opstilling af havmøller.

I forhold til de åbne kyster og fjordkysterne har opdelingen mellem de flade, jævne kyster i forhold til klintkysterne ingen væsentlig betydning ved øhavskysterne.

## Anvendelse

Kystlandskaberne er først og fremmest rekreative arealer, hvor naturoplevelserne i mødet mellem land og vand står i centrum.

Udsigten over havet fremstår som det primære udflugtsmål og som et symbol på den naturmæssige, rekreative værdi. De fleste kystlinieområder har mange brugere og her finder en række af forskellige aktiviteter sted, der knytter sig til sol, sand og vand.

Det er især fra særlige punkter med god udsigt over havet, at samspillet mellem havmøller og kystlandskab har betydning for brugerne. Strandkanten er således det væsentligste udsigtspunkt, hvorfra de fleste vil opleve havmøller.



*Bølger ved stranden, en oplagt rekreativ aktivitet for badegæster  
(Foto: Birk Nielsen)*

# Havmøller og synlighed

*Havvindmøllernes samspil med landskabet er først og fremmest betinget af, hvor synlige de er.*

*En vurdering af synligheden af havmøller er kompliceret, da en række forskellige faktorer påvirker den visuelle oplevelse på forskellig vis, men samtidig er den også væsentlig, fordi man ud fra viden om møllernes synlighed kan opstille generelle retningslinier.*

*Dette afsnit redegør for en vurdering af havmøllers synlighed og opstiller på dette grundlag en række anbefalede konsekvenszoner for havmøller med en totalhøjde fra 125-260 m.*



Visualisering: Birk Nielsen

## Synlighedsfaktorer

Der er mange forskellige faktorer, der har indflydelse på synligheden af havmøller. Nogle temaer har større betydning end andre, og nogle temaer har en mere entydig påvirkning af synligheden end andre. En vurdering af havmøllers synlighed er derfor også et spørgsmål om metodiske afvejninger.

I det følgende opstilles faktorer, der påvirker den visuelle oplevelse af havmøller, og der redegøres for, hvordan der er taget hensyn til disse i vurderingen af konsekvenszoner.

### Hav- og landskabselementer

Opfattelsen af størrelse og afstand af en given genstand påvirkes af forholdet til andre elementer indenfor synsfeltet. Det har betydning for, hvordan havmøller opleves i forhold til omgivelserne.



Elementer i forgrunden får vindmøllerne til at virke mindre dominerende i synsfeltet (Visualisering: Birk Nielsen)

Havet er typisk et helt åbent landskab hvor det er vanskeligt at afstandsbedømme en genstand idet der ikke er andet at sammenligne størrelsen med. En genstand på havet tiltrækker endvidere betragterens opmærksomhed fordi den oftest optræder alene i synsfeltet, og opleves derfor som mere synlig end den ville gøre på samme afstand henover land.

### Sigtbarhed

Luftens sigtbarhed har stor betydning for møllernes synlighed, når man opererer med afstande på 20, 30 eller 40 km.

Under uforstyrrede forhold er sigtbarheden yderst god over havet, men de skiftende vejrforhold betyder, at der de fleste dage af året vil være delvis eller væsentlig nedsat sigtbarhed;

dage med en sigtbarhed over 19 km optræder kun relativt få gange om året.

Sigtbarhedsstatistikker for henholdsvis Vesterhavet, Kattegat og Østersøen viser samtidig, at der også kan være regionale forskelle, for eksempel er der generelt bedre sigtbarhedsforhold i Kattegat end ved Vesterhavet og Østersøen.

Sigtbarhed er her defineret som *den maksimale horisontale afstand i hvilken et sort objekt af en udstrækning på mellem 0,5° og 5° kan ses og identificeres mod en lysspredende baggrund (himlen, tåge, etc.) ved normale dagslysforhold* (DMI, 2007). De afstande, som angives i sigtbarhedsstatistikken er altså ikke udtryk for, at havmøller ikke længere vil være synlige, men udtryk for, at de vil være så utydelige, at de ikke umiddelbart vil kunne genkendes som havmøller. Under optimale forhold over åbent hav vil en havmølle kunne antydes som et objekt i horisonten på op til 55 km afstand (Haslov og Kjærsgaard, 1994).

Selv under optimale forhold nedsættes synligheden af objekter på store afstande pga. luftens indhold af fugt. Efterhånden som afstanden til en given genstand øges, formindskes genstandens kontrastvirkning i forhold til baggrunden. Tager man udgangspunkt i en situation, hvor genstanden på nært hold har en 100% kontrast til baggrunden, vil kontrastvirkningen på en afstand af 55 km være reduceret så meget (mindre end 5%), at øjet ikke længere kan skelne genstanden fra baggrunden.

I praksis vil denne situation kun forekomme i direkte modlys, hvor genstanden danner silhuet mod baggrunden, eller i direkte medlys mod en mørk himmel. Under andre lysforhold vil genstanden i udgangspunktet have en lave kontrast i forhold til baggrunden og derved

have en reduceret synlighed. Vindmøller, der er malet i andre nuancer end hvid, typisk en grå farve, fremtræder derfor med reduceret synlighed på stor afstand, selvom sigtbarheden er stor. Uanset møllens farve kan det dog ikke afvises, at den under særlige forhold vil fremstå med en 100 % kontrast til baggrunden og dermed have maksimal synlighed.

Da lys- og vejrforhold konstant skifter og herved gør møllerne mere eller mindre synlige, kan man ikke opstille entydige retningslinier i forhold til sigtbarhed. Man må her tage udgangspunkt i en 'worst case' situation.

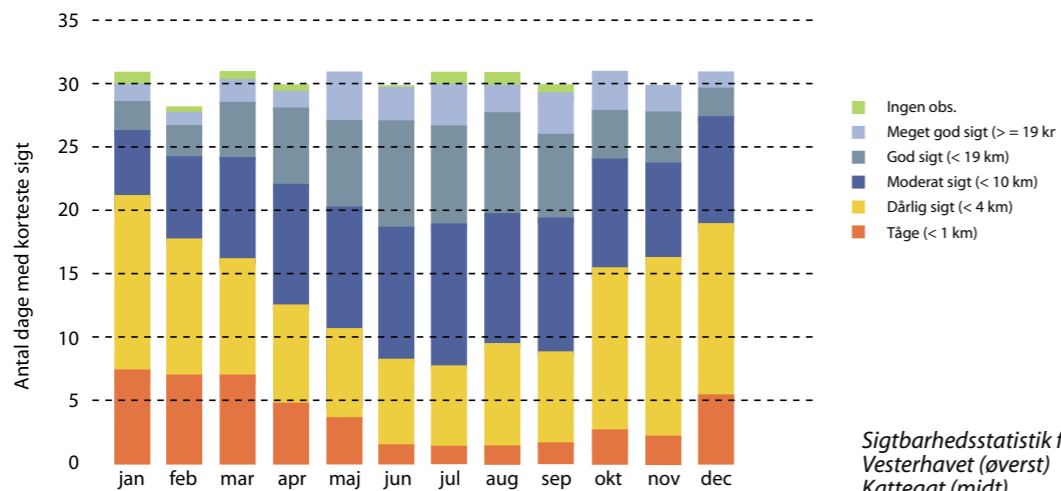
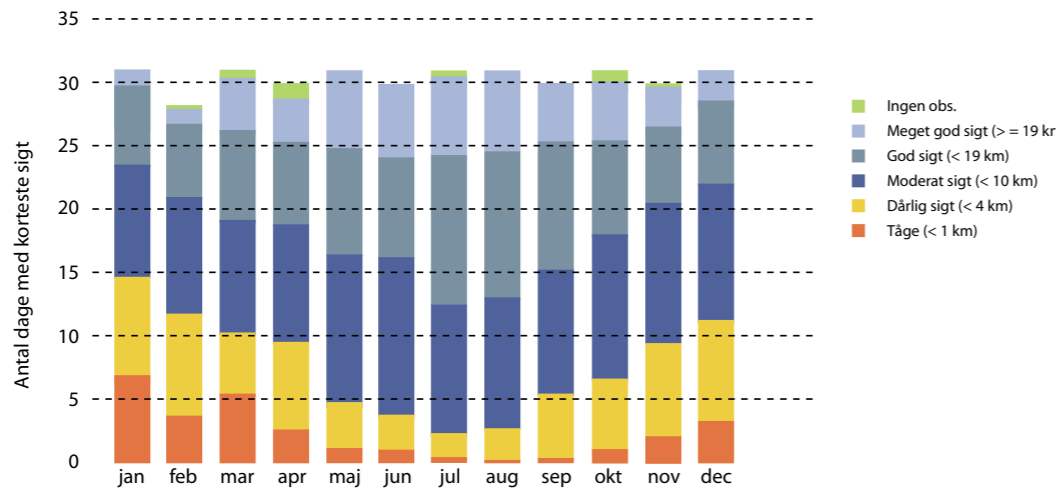
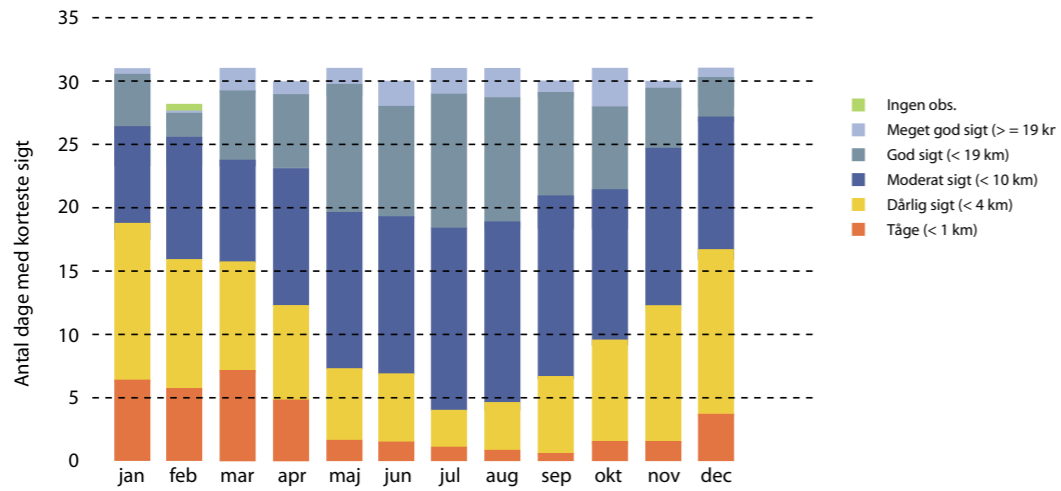
Synlighedsvurderingen er derfor baseret på visualiseringer under meget gode sigtbarhedsforhold, hvor havmøllerne er maksimalt fremhævet, blandt andet med en hvid farve.

### Jordens krumning

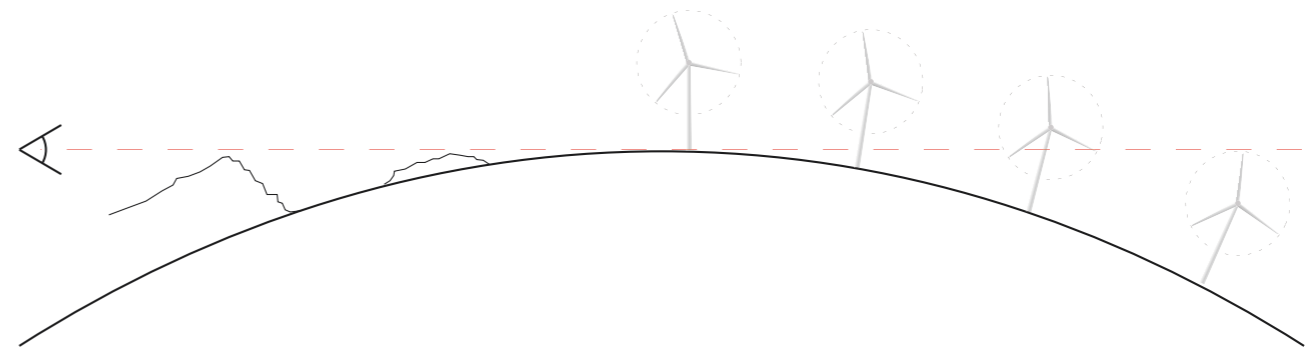
Jordens krumning betyder, at havmøllerne efterhånden forsvinder under horisontlinien. Dette sker uafhængigt af møllernes højde, da krumningen skjuler møllerne nedefra.

Krumningen begynder at have betydning for synligheden fra omkring 16-18 km, og på længere afstande, 30-40 km, betyder det meget for havmøllernes synlighed. Eksempelvis vil tårnet på en 125 m mølle være helt skjult af horisontlinien på omkring 40 km afstand. For havmøller på op til 200 m totalhøjde er det således jordens krumning, som bestemmer den maksimale synlighed, under betingelse af, at beskueren befinder sig i vandkanten.

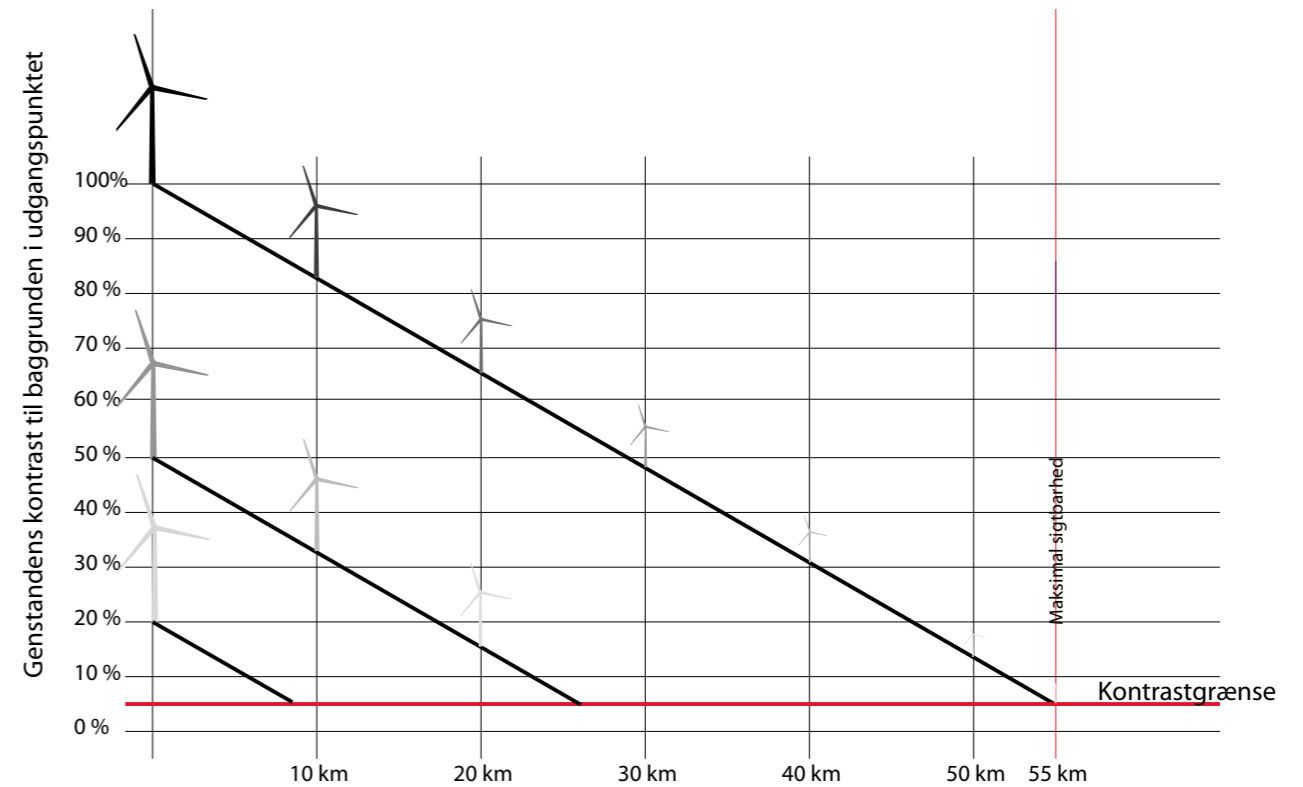
På alle visualiseringer, der ligger til grund for synlighedsvurderingen, er der foretaget horisont-korrektion af havvindmøllerne og herved taget hensyn til den mindskede synlighed som følge af jordens krumning.



Sigtbarhedsstatistik for henholdsvis Vesterhavet (øverst) Kattegat (midt) og Østersøen (Nederst) (Kilde: DMI, 2007)



Jordens krumning har betydning for synligheden af havvindmøller, som på længere afstande forsvinder under horisontlinien. (Illustration: Birk Nielsen)



Graf over atmosfæriske partiklers påvirkning af synlighed over afstand. Med en kontrast mellem genstand og baggrund på mindre end 5 % (rød linie) kan øjet ikke længere opfatte genstanden. (Illustration: Birk Nielsen)

## Placering i terræn

Jo højere, man står over havets overflade, des mere synlige bliver havmøllerne, da den mindskede synlighed på grund af jordens krumning modvirkes af en højere placering i terræn.

Kystområderne har typisk højdeforskelle fra 0 m ved vandkanten og op mod 25 m i de bagvedliggende klitter. I praksis er højdeforskel på 25 m for lille til at have betydning for synligheden af havmøller, der er op mod 260 m høje. Visualiseringer viser, at det på længere afstande er meget svært at se forskel på en placering i henholdsvis kote 4 og kote 25. Selv en placering i kote 125, som for eksempel ved Møns Klint, har ikke afgørende betydning for synligheden af en havmølle med en totalhøjde på 260 m.

På denne baggrund er visualiseringer til brug for synlighedsvurdering baseret på en placering på stranden (kote 4), da denne i forhold til anvendelse og bevægelsesmønster må anses for den mest typiske situation.



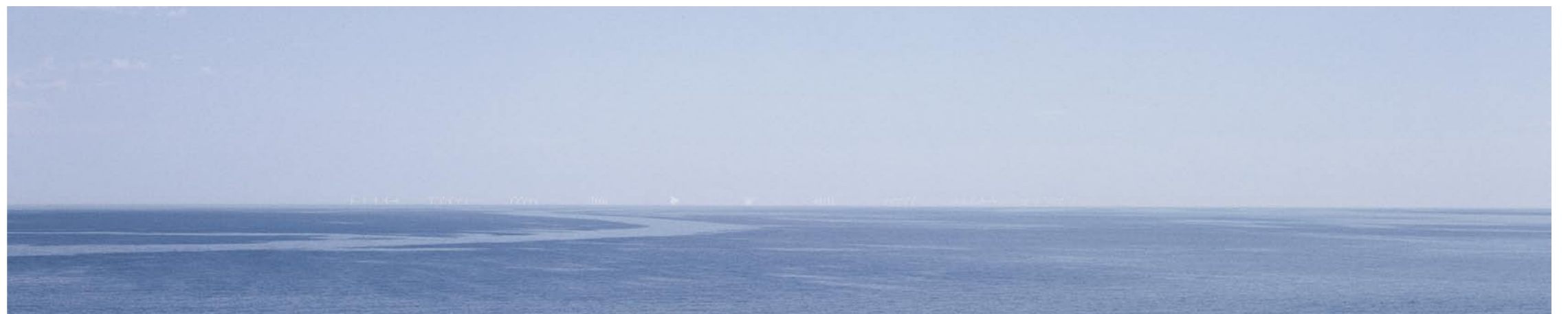
10x5 stk 15 MW møller (totalhøjde 260 m) set fra **kote 4**. Afstand 10 km.



10x5 stk 15 MW møller (totalhøjde 260 m) set fra **kote 25**. Afstand 10 km.



10x5 stk 15 MW møller (totalhøjde 260 m) set fra **kote 4**. Afstand 40 km.



10x5 stk 15 MW møller (totalhøjde 260 m) set fra **kote 25**. Afstand 40 km.



## Antallet af møller

Antallet af møller påvirker synligheden.

Flere møller i bredden påvirker en større del af synsfeltet, mens flere møller i dybden forstærker synligheden af den samlede møllepark, hvor møllerne ind imellem vil stå bag hinanden som 'klumper' og herved virke mere fremtrædende end enkeltstående møller. Der er væsentlig forskel på synligheden af en enkelt række eller en dobbeltrække i forhold til mølleparker med 5-10 rækker i dybden. Til gengæld øges synligheden ikke væsentligt, når antallet af rækker i dybden øges udover 5-10.

Visualiseringerne tager udgangspunkt i, at der fortrinsvis opereres med mølleparker fremfor enkelt- eller dobbeltrækker. Synlighedsvurderingen bygger derfor på synligheden af en rektangulær møllepark med 5-10 rækker i dybden afhængig af møllestørrelse.

I bredden varierer antallet af møller fra 10-25, og møllerne er placeret med en indbyrdes afstand på 8 x rotordiameteren. Udbredelsen af havmølleparker i bredden har betydning for den samlede visuelle influens, men er mindre væsentlig i forhold til en afstandsbedømmelse. Det varierende antal møller i bredden har derfor ikke væsentlig betydning for vurderingen af konsekvenszoner.



Møllepark i **1 række**. 10 stk 15 MW møller, afstand til nærmeste mølle 10 km.



Møllepark i **2 rækker**. 10x2 stk 15 MW møller, afstand til nærmeste mølle 10 km.



Møllepark i **5 rækker**. 10x5 stk 15 MW møller, afstand til nærmeste mølle 10 km.



Møllepark i **10 rækker**. 10x10 stk 15 MW møller, afstand til nærmeste mølle 10 km.

## Udseende og farve

Udformningen af tårn, vinger og hus har betydning for den visuelle fremtræden.

Havmøller på op mod 260 m totalhøjde findes ikke på markedet i dag, og da den fremtidige udformning foreløbigt ikke er kendt, kan man ikke sige noget præcist om møllernes udseende og konstruktion og dermed heller ikke om betydningen for synligheden. Der har dog været en generel tendens til, at nye mølletyper har mere slanke tårnkonstruktioner end ældre modeller.

Der findes varierende bud på øjets evne til at skelne små genstande, og der savnes mere præcise antagelser og definitioner for genstande set på store afstande. Som udgangspunkt findes der tre forskellige tærskelværdier for synsevnen:

- Den mindste synsvinkel som gør det muligt at skelne et punkt.
- Den mindste synsvinkel som gør det muligt at skelne imellem to linier eller punkter (uden at de smelter sammen).
- Den mindste synsvinkel som gør det muligt at genkende og identificere en genstand.

Der viser sig et sammenfald mellem konsekvenszonerne og øjets evne til at skelne og identificere genstande på stor afstande. Vindmøllernes proportioner med forholdsvis slanke tårne og vinger betyder således, at de i fjerntzonen begynder at blive for små til at kunne ses tydeligt, men i stedet fremtræder som mere ubestemmelige punkter og streger.

De havmøller, som anvendes i synlighedsvurderingen, er konstrueret på baggrund af møllemodeller, der er på markedet i dag. De skal derfor betragtes som en antagelse af, hvordan fremtidige havvindmøller kommer til at se ud.

Nyere vindmølletyper er dækket af en grå maling, der til en vis grad modvirker lysreflektioner. Under normale lysforhold er kontrastvirkningen mellem en grå mølle og baggrunden noget lavere end for en hvid mølle. Det påvirker kontrastvirkningen og gør møllerne væsentligt mindre synlige på længere afstand under normale lysforhold.

Anti-reflektionsteknikken kan ikke gengives i visualiseringer, og hvis man anvender grå møl-

ler, risikerer man, at de under digitaliseringen helt forsvinder i baggrunden. Dertil kommer, at grå møller under særlige lysforhold godt kan fremstå som helt hvide og derved have en forstærket synlighed. Visualiseringerne tager udgangspunkt i helt hvide møller, der fremstår så tydeligt som muligt med begrundelse i, at synlighedsvurderingen er en 'worst case' situation.

## Vingernes bevægelse

Når møllevingerne bevæger sig, ændres den visuelle påvirkning.

Generelt er elementer i bevægelse mere synlige end elementer, der står stille, da bevægelsen 'fanger øjet'. Synligheden er dog afhængig af bevægelsens karakter; hurtige bevægelser er mere distraherende for synsopfattelsen end langsomme.

Det er en væsentlig faktor for store vindmøller, som på grund af den store rotordiameter har en langsommere omdrejningshastighed end mindre vindmøller. En 3 MW mølle har en nominel omdrejningshastighed på omkring 15 runder per minut, hvilket for beskueren opleves som en langsom bevægelse. For større møller bliver omdrejningshastigheden endnu lavere, og vingernes bevægelse får herved en yderligere reduceret indflydelse på møllernes synlighed. For havvindmøller har det omgivende miljø en særlig betydning i denne sammenhæng. Havet er i konstant bevægelse, og bølgerne skaber herved en synspåvirkning, som ligesom møllevinger i bevægelse tiltrækker beskuerens opmærksomhed. Påvirkningen fra bølgerne er massiv, fordi den dominerer synsfeltet i både for-, mellem- og baggrund, og møllevinger der bevæger sig, bliver derfor mindre væsentlige for synsoplevelsen på større afstand.

Det er ikke teknisk muligt at lave præcise visualiseringer, der både kan vise møllevinger, havets bølger og andre elementer i bevægelse på samme tid. Visualiseringer af møllevinger i rotation med fast baggrund kan dog give et tilnærmet bud på den synsmæssige påvirkning. Disse visualiseringer peger på, at den langsomme rotation fra store havvindmøller ikke har væsentlig indflydelse på deres synlighed. På kortere afstande kan rotation tydeligt ses, men den virker ikke dominerende i synsfeltet.

På længere afstande bliver rotationen svær at opfatte og giver snarere fornemmelsen af en svagt flimrende bevægelse. Tager man her i betragtning, at visualiseringerne ikke viser havets bølgebevægelser eller den flimrende bevægelse fra opstigende luft, kan man anslå, at møllevingernes rotation er stort set ubetydelig på længere afstande, og uden væsentlig indflydelse på landskabsoplevelsen på kortere afstande.

## Andre tekniske anlæg

Udover selve vindmøllerne indgår også andre strukturelle elementer i en havmøllepark. Hverken fundamentet, transformerstation eller meteorologimast har dog væsentlig betydning for synligheden af parkerne, hvor vindmøllerne er klart mere dominerende. Meteorologimaster er medtaget på de visualiseringer, der ligger til grund for vurderingen af konsekvenszoner, selv om de er meget lidt synlige, men ellers har de øvrige tekniske anlæg i forbindelse med en havmøllepark ikke direkte betydning for synligheden.

## Lysmarkering

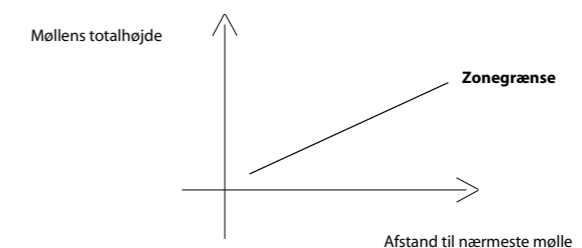
Om natten er det havmølleparkens lysmarkeringer, der har betydning for synligheden.

Af hensyn til skibsfarten skal havmølleparkens udstrækning afmærkes med gule lanterner, der blinker synkront. Hjørnelanterner skal være synlige fra alle retninger i en afstand af mindst 5 sømil, svarende til omtrent 9,3 km, og afstanden mellem de enkelte lanterner må ikke overskride 3 sømil (5,6 km). Mellem disse større lanterner placeres mindre lanterner af samme gule lystepe, som er synlige i en afstand af op til 2 sømil (3,7 km). Herudover bør den enkelte vindmølle markeres, for eksempel med oplysning af tårn, trapper og afsatser (IALA, 2004).

I forhold til luftfarten kræver Statens Luftfartsvesen markering af hver enkelt havmølle med fast rødt lys placeret på møllehuset og synligt i alle retninger. For havmøller med en totalhøjde på 100 - 150 m skal havmølleparkens hjørner og knæk markeres med blinkende middelintensivt hvidt lys, lige afgrænsninger udover 5 km længde skal ligeledes markeres. For havmøller med en totalhøjde på over 150 m skal dette hvide lys erstattes af høj intensivt blinkende hvidt lys (Statens Luftfartsvesen, 2005).

Der er ikke tekniske redskaber til rådighed, der kan give præcise billeder på synligheden af havmølleparkers lysmarkeringer. Man må her henvise til tal over formodet synlighed på en given afstand. De gule lanterner er fortrinsvis synlige indenfor 10 km afstand og har således ikke væsentlig betydning for havmølleparkers synlighed på større afstande. Det samme kan siges om det faste røde lys, som skal have en lysstyrke på minimum 10 candela. Hvidt intensivt lys har derimod en større synlighed, særligt når der er tale om blinkende, høj intensivt lys med en lysstyrke på minimum 2000 candela. Havmøller med kraftige hvide lysmarkeringer opleves i særlig høj grad som et teknisk anlæg, og det har betydning for, hvordan de opfattes i sammenhæng med landskabet.

Visualiseringerne her viser et tilnærmet bud på, hvordan en sådan lysmarkering vil opleves, men er som sagt en fortolkning af tal over lysets synlighed, og ikke en præcis gengivelse.



Synligheden af en havvindmølle afhænger af forholdet mellem møllens totalhøjde og afstanden fra betragteren. (Illustration: Birk Nielsen)

## Møllestørrelse og afstand fra land

Relationen mellem størrelse og betragtningsafstand har afgørende betydning for synligheden af havmøller.

Da miljøet typisk er helt fladt og friholdt fra andre elementer end havvindmøller, kan det være yderst vanskeligt at skelne mellem en mindre mølle tæt på eller en større mølle længere væk. Størrelse og betragtningsafstand kan altså betragtes som variable i forhold til synligheden. En vurdering af havmøllers synlighed må derfor både tage hensyn til varierende møllestørrelser og varierende afstand fra land.



Tilnærmet visualisering af havmøllepark om natten med 3MW møller. Afstand til nærmeste mølle 10 km (Visualisering: Birk Nielsen)



Tilnærmet visualisering af havmøllepark om natten med 15MW møller. Afstand til nærmeste mølle 20 km (Visualisering: Birk Nielsen)

## Konsekvenszoner

Konsekvenszoner for havvindmøller angiver møllernes forventede synlighed set fra standpunkter indenfor de angivne zonegrænser.

### Vurderingsmetode

Vurderinger af konsekvenszoner er baseret på henholdsvis den mindste mølletype, 3 MW (totalhøjde 125 m), en mellemstor mølletype, 7,5 MW (totalhøjde 187,5 m), og den største mølletype, 15 MW (totalhøjde 260 m).

Synligheden af de tre mølletyper er gjort sammenlignelige ved at opstille møllerne i et ensartet mønster, et rektangulært grid med indbyrdes afstand på 8 X rotordiameter, med omtrent samme samlede effekt. Antallet af møllerækker i dybden (set fra land) varierer fra 5 til 10 og har hermed en nogenlunde ensartet påvirkning af synligheden, ligesom de tre mølleopstillinger dækker arealer, der er omtrent lige store.

Vurderingen af synlighed er foretaget på baggrund af de definitioner, der er opstillet for henholdsvis nærzone, mellemzone og fjerntone:

### Definition af nærzone:

I nærzonen vil møllerne kunne ses tydeligt og opfattes som værende tæt på. De enkelte møller, deres vinger og rotation fremstår tydeligt. Rækkeopstillinger af møller vil, hvor den enkelte række fremstår nogenlunde uforstyrret af andre møller, have en let opfattet lineær form.

### Definition af mellemzone:

I mellemzonen vil møllerne fortsat fremstå tydeligt. Man kan erkende enkeltmøller og sammenfaldende rækker, ligesom vinger og rotation opfattes tydeligt. Rækkeopstillinger, hvor møllerne står tæt i forhold til synsvinklen, vil dog i højere grad fremtræde som 'klumper'. Opstillingen udviskes her efterhånden i et sammenfald af tårne og vinger, som fremtræder markant men uden nogen egentlig form. I mellemzonen begynder jordens krumning at have betydning for møllernes synlighed. De nederste dele af mølletårnene forsvinder efterhånden under horisonten og forkorter herved møllerne. Det får møllerne til at virke mindre og forstærker opfattelsen af, at møllerne ikke længere er tæt på.

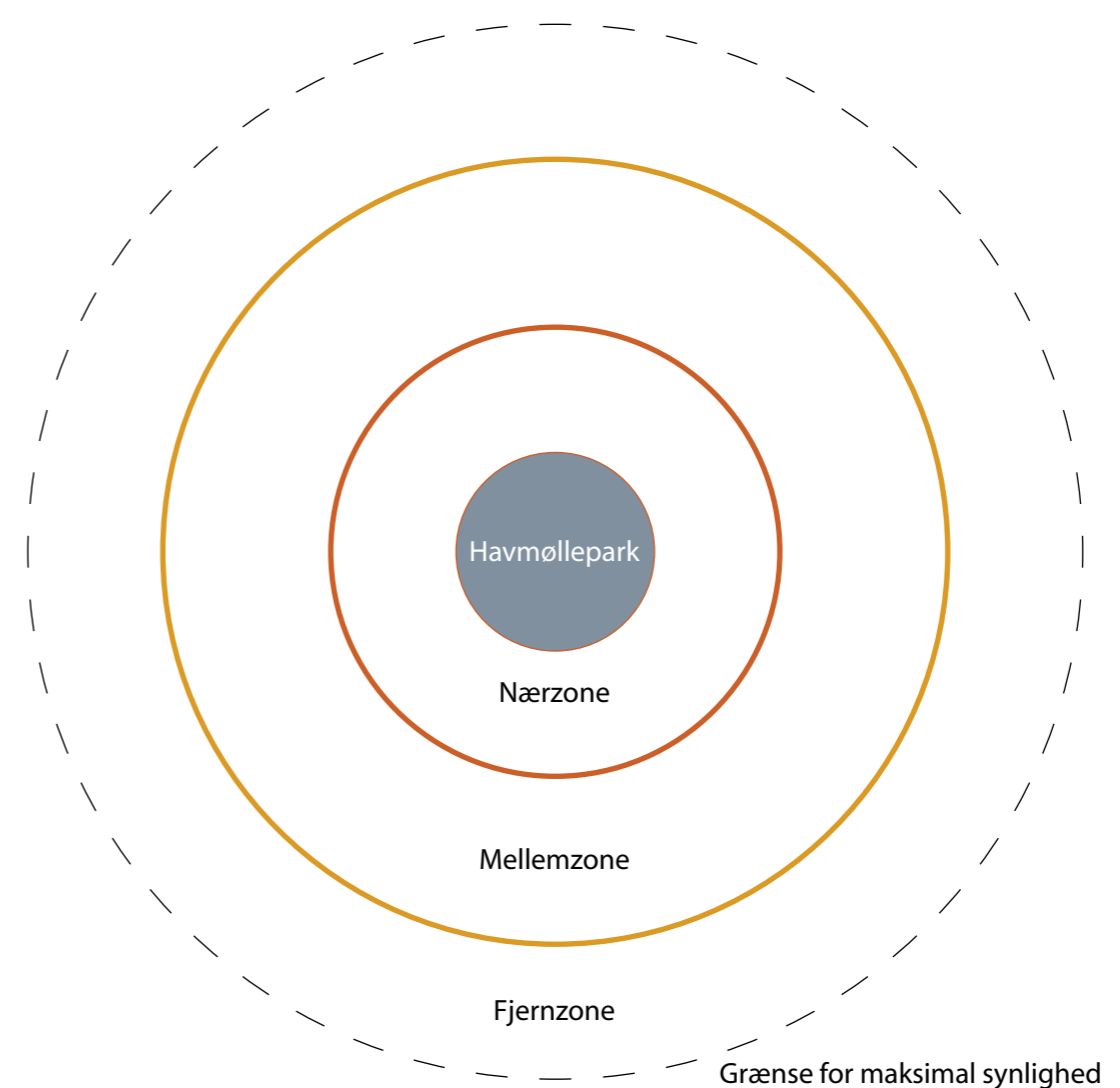
### Definition af fjerntone:

I fjerntonen er møllerne så små, at det er svært at erkende dem som enkeltmøller. Vinger og rotation begynder også at blive svære at erkende på de store afstande. I fjerntonen forsvinder store dele af møllerne under horisontlinien og forkorter herved højden på møllerne drastisk. Det betyder, at mølleopstillingen i højere grad virker som et bånd i horisonten med varierende tætheder af strukturer. Møllestrukturen fremstår uanset opstillingsmønster som et svagt flimmer uden nogen egentlig form og har ikke væsentlig indflydelse på den samlede landskabsoplevelse.

### Maksimal synlighed:

Jordens krumning bevirker, at der er en øvre grænse for møllernes synlighed, men allerede når mølletårnet er skjult af horisontlinien, må møllernes synlighed betragtes som minimal.

Under forhold med meget god sigt kan man opfatte genstande i op til 55 km afstand, og dette kan derfor ses som en absolut øvre grænse for møllernes synlighed.





*Eksempel på nærzone situation. 15 MW møller (totalhøjde på 260 m), afstand til nærmeste mølle 10 km (Visualisering: Birk Nielsen)*



*Eksempel på mellemzone situation. 15 MW møller (totalhøjde på 260 m), afstand til nærmeste mølle 25 km (Visualisering: Birk Nielsen)*



*Eksempel på fjernezone situation. 15 MW møller (totalhøjde på 260 m), afstand til nærmeste mølle 40 km (Visualisering: Birk Nielsen)*

## Anbefalede konsekvenszoner

På baggrund af resultaterne af synlighedsvurderingen kan der opstilles anbefalinger for konsekvenszoner for møller på henholdsvis 3, 7,5 og 15 MW. Det er dog også nødvendigt at have retningslinier for andre møllestørrelser, der er forskellige fra disse tre.

Det er ikke hensigtsmæssigt at forsøge at vurdere synligheden for hver eneste mulige møllestørrelse. I stedet er resultaterne af synlighedsvurderingerne for 3, 7,5 og 15 MW møller opstillet i en graf, der giver et tilnærmet bud på, hvor konsekvenszonerne for andre møllestørrelser befinder sig. På denne baggrund er der opstillet en tabel over anbefalede zonegrænser for mølletyperne 1-6.

| Mølletype                      | Nærzone   | Mellemzone | Fjernzone  | Maks. synlighed* |
|--------------------------------|-----------|------------|------------|------------------|
| 1: 3 MW (totalhøjde 125 m)     | 0 - 9 km  | 9 - 20 km  | Over 20 km | 44 km            |
| 2: 4 MW (totalhøjde 145 m)     | 0 - 10 km | 10 - 23 km | Over 23 km | 47 km            |
| 3: 5 MW (totalhøjde 160 m)     | 0 - 11 km | 11 - 25 km | Over 25 km | 50 km            |
| 4: 7,5 MW (totalhøjde 187,5 m) | 0 - 13 km | 13 - 28 km | Over 28 km | 53 km            |
| 5: 10 MW (totalhøjde 215 m)    | 0 - 15 km | 15 - 31 km | Over 31 km | 55 km            |
| 6: 15 MW (totalhøjde 260 m)    | 0 - 18 km | 18 - 34 km | Over 34 km | 55 km            |

\* For øjenhøjde 1,5 m over havets overflade.

### Nærzone-mellemzone

Grænsen mellem nærzone og mellemzone er vurderet til at være henholdsvis 9, 13 og 18 km for de tre mølletyper. Opstilles vurderingerne i en graf ses en lineær afhængighed mellem møllernes totalhøjde og afstanden fra land. Det er ikke overraskende, da møllerne på disse afstande fortsat er fuldt synlige på havoverfladen.

### Mellemzone-fjernzone

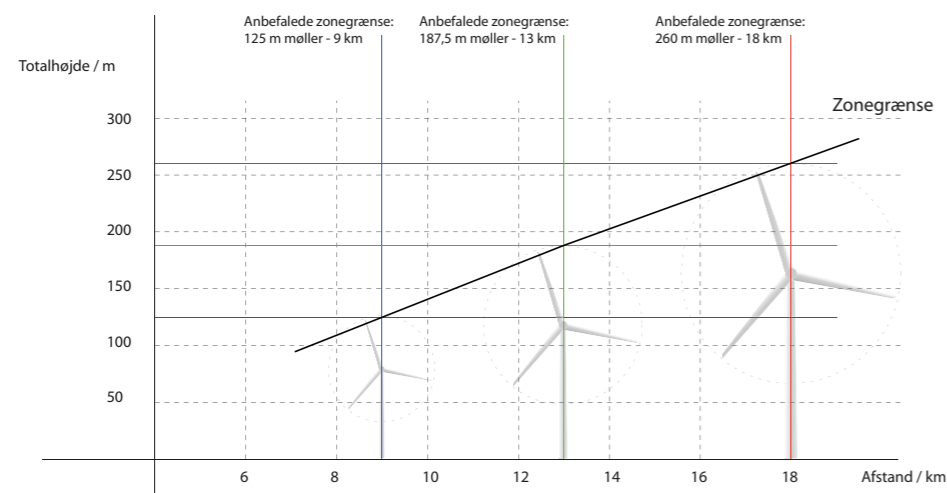
Grænsen mellem mellemzone og fjernzone er vurderet til at være henholdsvis 20, 28 og 34 km for de tre mølletyper. På grafen ses det her, at der ikke er en helt lineær afhængighed mellem zonegrænserne for de forskellige mølletyper. Det skyldes, at jordens krumning har indflydelse på synligheden på disse længere afstande. Afstand som afhængighed af krumningen resulterer i en buet kurve på grafen, da jordens krumning øges med afstanden.

## Maksimal synlighed

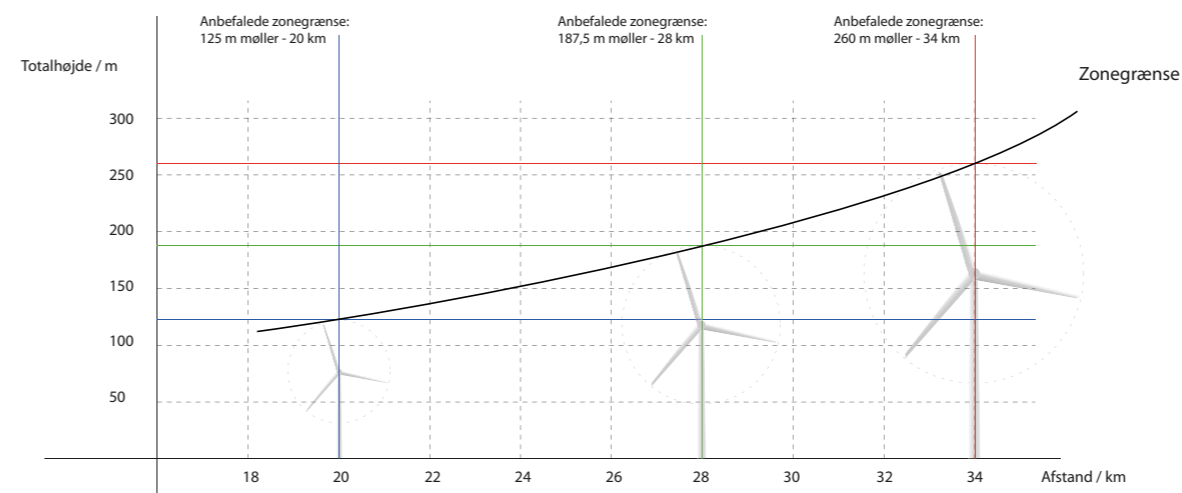
For mølletyperne 1-4 med en totalhøjde på 187,5 meter eller mindre er det jordens krumning, der bestemmer den maksimale synlighed, da hele møllen er skjult under horisontlinien inden afstanden når ud på 55 km, som er grænsen for sigtbarhed. Mølletyperne 5-6 har under optimale forhold en maksimal synlighed på 55 km.

Den maksimale synlighed i forhold til horisontlinien er bestemt for et standpunkt svarende til øjenhøjde i strandkanten. Bevæger man sig højere op i terræn, vil de øverste spidser af møllevingerne nå over horisontlinien, men havmøllernes synlighed må dog fortsat betragtes som minimal. Det skal her understreges, at den maksimale synlighed kun forekommer under helt særlige vejr- og lysforhold, og at havmøllernes synlighed nedsættes væsentligt, når mølletårnet er skjult af horisontlinien. Der er altså tale om en absolut worst-case situation, og under normale omstændigheder vil havmølleparken ikke være synlig på afstande i nærheden af grænsen for maksimal synlighed.

Nærzone - mellemzone:



Mellemzone-fjernzone:



Afhængigt af møllens totalhøjde kan de anbefalede zonegrænser aflæses af kurverne. (Grafer: Birk Nielsen)



# Opstillingsmønstre for havmølleparker

*Opstillingen af en havmøllepark kan være et markant synligt indgreb i landskabet. Et vellykket samspil mellem møllepark og omgivelser afhænger af, om man kan finde frem til opstillingsmønstre, der fremhæver landskabet. Opstillingen skal være udtryk for en orden, der ikke kun udvisker de eksisterende landskabelige forhold men derimod er med til at definere oplevelsen af en ny landskabelig struktur.*



*Visualisering: Birk Nielsen*

## Oplevelsen af havmølleparker

Oplevelsen af havmølleparker afhænger af hvor man betragter dem fra, og hvordan man bevæger sig i forhold til dem. Det er væsentlig at vurdere det æstetiske samspil mellem mølleopstilling og omgivelser ud fra situationer, som svarer til den måde vi bruger kystlandskabet og havet på.

### Bevægelsesmønstre

En havmøllepark opleves først og fremmest fra strandkanten. Både besøgende og fastboende bruger stranden og udsigten over havet som et oplagt udflugtsmål, og det er derfor fra disse standpunkter, opstillingsmønstret for parken har visuel betydning.

En mølleopstilling på havet henvender sig nødvendigvis til enkelte primære punkter på stranden. Det kan være, hvor afstand mellem nærmeste mølle og kystlinien er kortest, eller steder på kystlinien, som mølleparkens midtpunkt befinder sig ud for. Fra de primære udsigtspunkter bør opstillingens idé og samspil med omgivelserne fremgå klart for beskueren. Når man bevæger sig langs med kysten, vil man samtidig opleve havmølleparken fra andre udsigtspunkter end de primære. Det er tillige vigtigt at belyse opstillingens virkning i forhold til disse andre betragtningvinkler, da mølleparker med en stor arealmæssig udbredelse kan påvirke de sekundære udsigtsområder over mange km kyststrækning.

Det er altså væsentligt, at opstillingsmønstre for havmølleparker både kan give en særlig oplevelse fra særlige standpunkter, og samtidig fungere i samspil med landskabet fra de sekundære standpunkter.

For afstande udover grænsen til fjernzonen bliver strukturen så utydelig, at beskueren ikke længere kan opfatte havmølleparkens opstillingsmønster, uanset hvordan det er udformet. Opstillingen har således ingen betydning for den landskabelige påvirkning i fjernzonen og kun begrænset betydning i den ydre mellemzone.

### Oplevelse og placering i terræn

Der er ikke væsentlig forskel på terrænmæssigt at bevæge sig på stranden eller i de bagvedliggende klitter i forhold til oplevelsen af en havmøllepark. Udsigten mod parken kan betragtes som et snit gennem opstillingen, hvor man ikke kan overskue den samlede opstilling; dels fordi den arealmæssige udbredelse er meget stor, og dels fordi beskueren befinder sig i et frøperspektiv i forhold til vindmøllerne. Selv på særlige udsigtspunkter meget højt i terrænet ændrer dette forhold sig ikke væsentligt. Møllerne er fra høje standpunkter synlige på længere afstand, men det samlede opstillingsmønster er ikke mere overskueligt af den grund.

### Særlige oplevelsessituationer

For at komme højt nok op i luften til at få et samlet overblik over en havmøllepark, skal man befinde sig i et fly. For parker i nærheden af trafikerede flyruter eller større lufthavne kan det muligvis være relevant at overveje det visuelle udtryk fra luften, men generelt må det være en faktor, som tillægges mindre betydning i forhold til andre problemstillinger. I forhold til antallet af mennesker, der rent faktisk oplever et opstillingsmønster fra et fly, må det visuelle udtryk af en havmøllepark set fra luften anses for mindre væsentligt.

Fra skibe på vandet opleves havmølleparker som et snit fra forskellige vinkler, der er sammenligneligt med oplevelsen fra kystlinien. Den største forskel er, at man fra et skib har mulighed for at komme meget tættere på havmøllerne. Ligesom med flyruter kan det muligvis være relevant at belyse opstillingsmønstre fra for eksempel færgeruter, ligesom områder med megen lystsejlad kan have en vis oplevelsesmæssig betydning. I forhold til dette kan man trække på sammenlignelige visualiseringer, set fra primære og sekundære udsigtspunkter på land.



Havmøller set fra kysten (Visualisering: Birk Nielsen)



Havmøller set fra havet (Visualisering: Birk Nielsen)



Havmøller set fra luften (Visualisering: Birk Nielsen)

## Tekniske krav

Udover udpegningen af vindmølleområder opstiller etableringen af en havmøllepark en række praktiske og økonomiske betingelser, som et opstillingsmønster må forholde sig. En række af disse har direkte indflydelse på parkens visuelle udtryk.

### Indbyrdes afstand mellem møller

For at udnytte vindressourcerne optimalt er det nødvendigt, at havmøllerne står med en vis indbyrdes afstand. Den indbyrdes afstand betragtes som afhængig af møllens rotordiameter (D).

På tværs af den fremherskende vindretning kan man arbejde med afstande på ned til  $5 \times D$ . For en 3 MW havmølle svarer det til en afstand på ca. 450 m. Generelt vil flere rækker bag hinanden i et større gridmønster dog forstærke vindskygge-effekten, og det gør det nødvendigt at operere med større indbyrdes afstand. En indbyrdes afstand fra  $7 - 8 \times D$  minimerer vindskygge til et acceptabelt niveau uanset vindretning (Oplyst af Siemens Windpower).

Alle de viste opstillinger er visualiseret med en indbyrdes afstand på  $8 \times D$ . For en 15 MW havmølle svarer det til en afstand på ca. 1,7 km.

### Fundament

Havmølleparker etableres ofte på lave havdybder og rev, eksempelvis er havdybden omkring Horns Rev Havmøllepark på 1-5 m. Fundamentet for den enkelte havmølle monteres i havbunden efter flere forskellige funderingsprincipper. Fælles for dem er, at fundamentet afsluttes af en base oven over havoverfladen, som vindmøllen efterfølgende monteres oven på (Energistyrelsen, 2006 B, s 36-38).

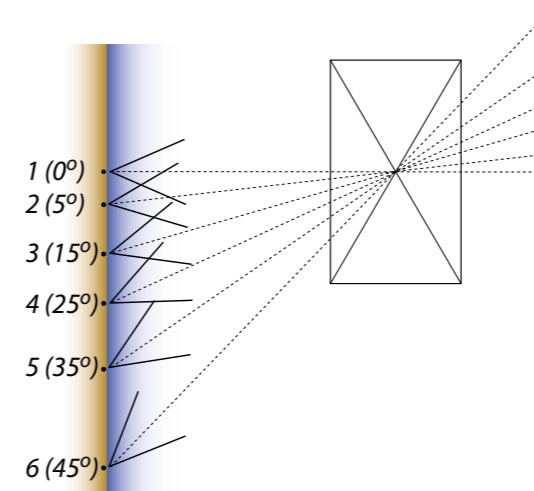
Størstedelen af fundamentets konstruktion er således skjult under vand og har ingen visuel betydning over længere afstande. Herfra opleves kun selve vindmøllen som et element, der ser ud til at stå 'oven på vandet'

### Forbindelse til land

Elproduktionen transporteres til land gennem nedgravede kabler. For at reducere energitab under denne transport ledes strømmen gennem en transformerstation. Her omformes den lavere spænding direkte fra vindmøllerne til en højere spænding for videre transport. Transformerstationen placeres typisk på havet i direkte forbindelse med havmølleparken af hensyn til en så kort transportvej mellem mølle og station som muligt. Hvor afstanden mellem havmølleparker og land er mindre end 5 km, kan transformerstationen placeres på land (Energistyrelsen, 2006 B, s 33-35). Udformningen af havmølleparker må nødvendigvis tage i betragtning, at el-transportveje skal være så korte som muligt, og det sætter økonomiske begrænsninger for, hvilke opstillingsmønstre man kan forestille sig realiseret. Transformerstationen er en forholdsvis lav enhed, og visuelt har den ingen betydning på afstande over 5 km.

### Meteorologimast

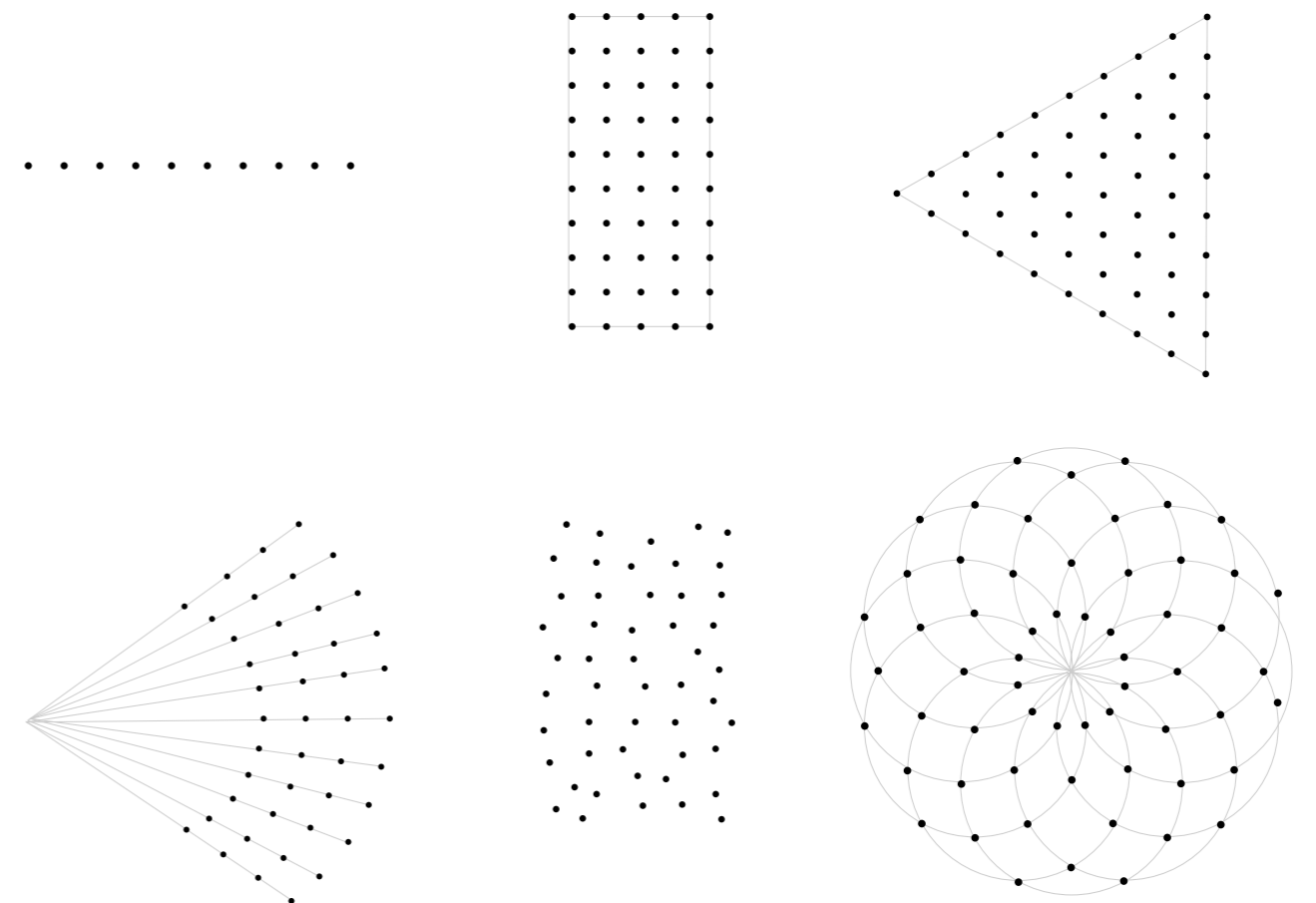
Til en havmøllepark hører også en meteorologimast. Denne består typisk af en gitterkonstruktion, som er mindre synlig end vindmøllerne. Til gengæld kan masten have en højde svarende til den anvendte mølletypes totalhøjde, og er derfor potentielt synlig på store afstande. I praksis trænges masten dog visuelt i baggrunden af de mere dominerende møller og på større afstande kan den spinkle konstruktion være svær at opfatte for øjet, da udbredelsen i synsfeltet er meget lille. Meteorologimasten er medtaget på alle visualiseringer, men er svær at opfatte på større betragtningsafstande.



## Opstillingsmønstre

Der er undersøgt en række forskellige park-opstillinger, som her opstilles i 6 typer: rektangulær, tilfældighedsprincip, trekant, cirkelslag, solsikkemønster og enkeltrækker.

I alle de viste situationer består mølleparkerne af 15 MW møller (totalhøjde 260 m). De er, med undtagelse af 'tilfældighedsprincippet', placeret med en indbyrdes afstand på  $8 \times$  rotordiameter (1680 m). Afstand mellem land og nærmeste mølle svarer til grænsen mellem nærzone og mellemzone (18 km).

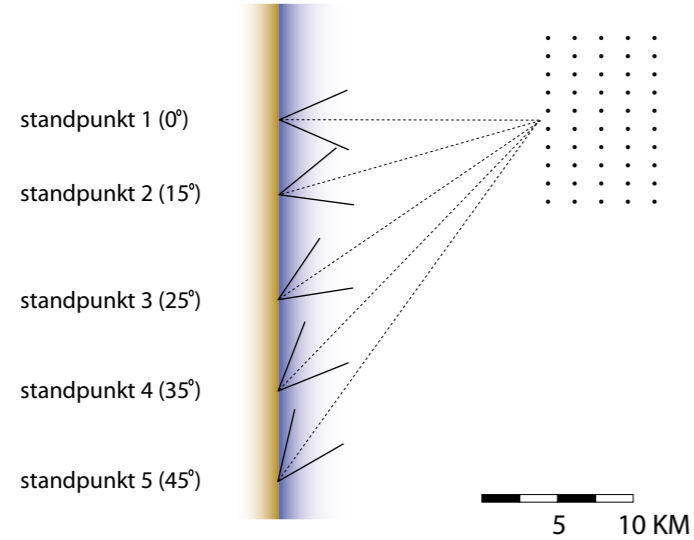


## Rektangulært grid

Den rektangulære møllepark er et typisk opstillingsmønster, som har en umiddelbar logisk sammenhæng.

Rækkeopstillinger der befinder sig ud for beskueren opfattes tydeligt, men til gengæld er det svært at opfatte den overordnede grid-opstilling. I størstedelen af parkens udbredelse vil bagvedliggende rækker blande sig med foranliggende på tværs af mønstret, og de krydsende linier udvisker formen.

Oplevelsen af et gridmønster er således en blanding af orden, hvor man kan se ned gennem rækkerne, og kaos hvor rækkerne blandes sammen.



15MW møller opstillet som rektangulært grid 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet som rektangulært grid 18 km fra kyst, standpunkt 02



15MW møller opstillet som rektangulært grid 18 km fra kyst, standpunkt 03



15MW møller opstillet som rektangulært grid 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet som rektangulært grid 18 km fra kyst, standpunkt 05

### Tilfældighedsprincip

Møllerne er her tilfældigt fordelt, inden for et areal svarende til en rektangulær park, og den indbyrdes afstand varierer fra 5 – 9 X rotordiameter. Mølleparken skaber ikke overraskende et tilfældigt udtryk, som en skov af elementer på havet. Denne oplevelse er meget konsistent og ændrer sig stort set ikke, uanset fra hvilket standpunkt man betragter den. Til gengæld risikerer man i højere grad end for eksempelvis en rektangulær park, at møllerne danner tilfældige 'klumper', som giver et forvirrende udtryk i forhold til de enkeltstående møller.



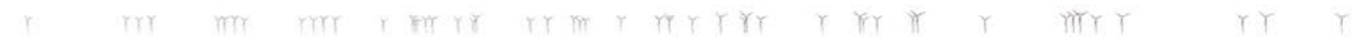
15MW møller opstillet tilfældigt 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet tilfældigt 18 km fra kyst, standpunkt 02



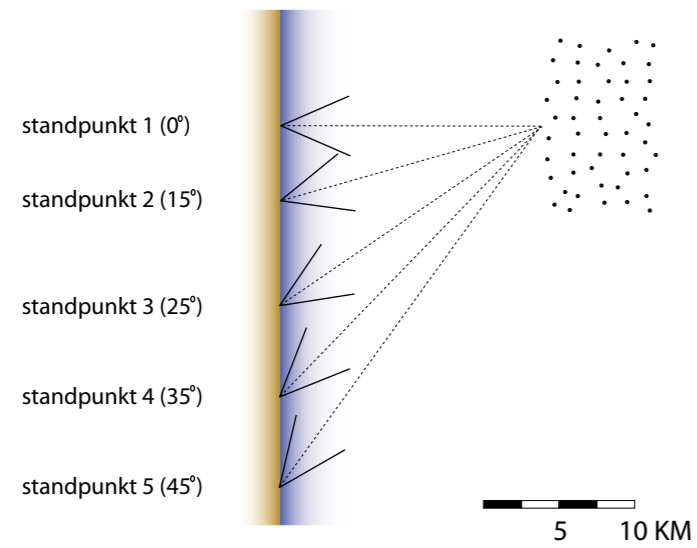
15MW møller opstillet tilfældigt 18 km fra kyst, standpunkt 03



15MW møller opstillet tilfældigt 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet tilfældigt 18 km fra kyst, standpunkt 05



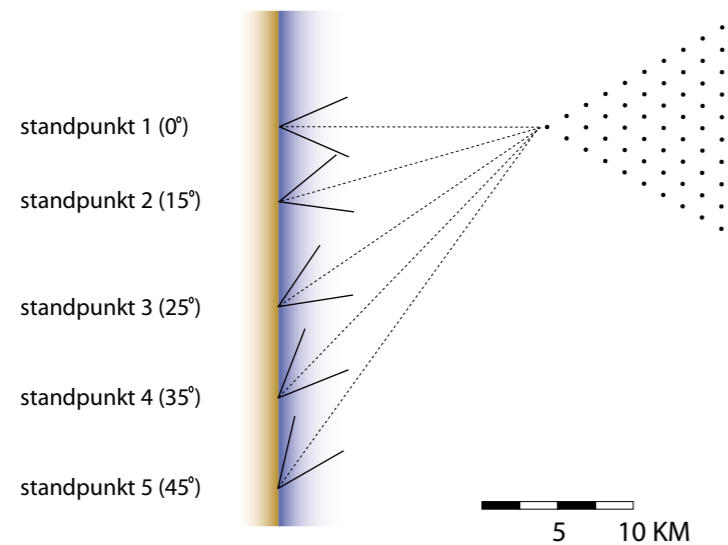
Visualiseringer: Birk Nielsen

## Trekant

Et trekantet opstillingsmønster kan give nogle særlige oplevelsessituationer, hvor perspektivet forstærkes af den trekantede form.

Rækkeopstillinger tværs gennem opstillingen opfattes, ligesom ved et grid-mønster, tydeligt. Samtidig opnås en perspektivisk effekt, fordi længden af rækker varierer i dybden. Med en trekantopstilling opnås en række særlige oplevelsessituationer, som varierer i forhold til betragtningsvinklen. Det giver mulighed for at arbejde med opstillingsmønstret i forhold til særlige udsigtspunkter i både primære og sekundære zoner. Samtidig virker trekantopstillinger – der peger med spidsen mod land – mindre dominerende end andre mønstre, idet der kun er få møller nærmest land, hvor møllerne synes størst. Denne opstilling kan derfor være særligt velegnet for mølleparker tættere på land end fjernezonegrænsen.

Et trekantopstilling udformes efter et triangulært grid af ligevinklede trekanter. Der er også afprøvet andre grundformer efter denne grid-type – eksempelvis cirkler – men disse opstillinger har en mindre tydelig orden end trekantformen og er derfor mindre interessante.



15MW møller opstillet i en trekant 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet i en trekant 18 km fra kyst, standpunkt 02



15MW møller opstillet i en trekant 18 km fra kyst, standpunkt 03



15MW møller opstillet i en trekant 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet i en trekant 18 km fra kyst, standpunkt 05

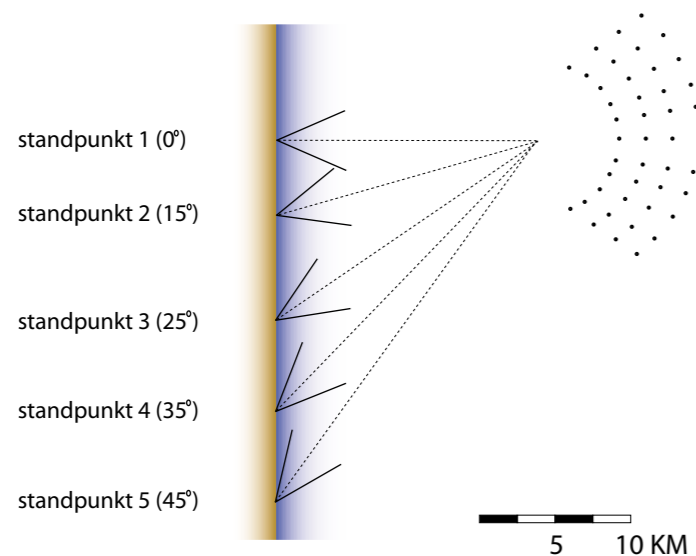
## Cirkelslag

En park af konkave bueslag er en meget specifik opstilling, som fortrinsvis retter sig mod et primært udsigtspunkt. Oplevelsen af denne opstilling varierer i forhold til størrelsen af bueslag og placering i forhold liniernes centrale skæringspunkt. Særligt bør det dog undgås at placere det primære udsigtspunkt i selve skæringspunktet, hvor alle møllerækker stiller sig oven i hinanden som massive klumper.

Generelt er oplevelsen fra et primært udsigtspunkt dog ikke væsentligt anderledes end for eksempelvis en rektangulær opstilling, da man på en gang opfatter en blanding af rækker gennem opstillingen og tilfældigt kaos. Når flere rækker er placeret bag hinanden er det meget vanskeligt at opfatte det tværgående buemønster. Fra andre punkter kan bueslagene skabe et meget forvirret udtryk, når større møller i den forreste del af parken blander sig med mindre møller bagerst i opstillingen.

Der er også afprøvet opstillinger af konvekse cirkelslag, men strukturen fremstår her mere uklar.

Overordnet set er opstillingsmønstre efter cirkelslag ikke at foretrække, medmindre der er tale om en enkeltrække. For havmølleparker med et større antal møller kan rektangulære eller triangulære grid-opstillinger betragtes som bedre alternativer, hvor opstillingsmønstrets idé er tydeligere.



15MW møller opstillet i en bue 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet i en bue 18 km fra kyst, standpunkt 02



15MW møller opstillet i en bue 18 km fra kyst, standpunkt 03



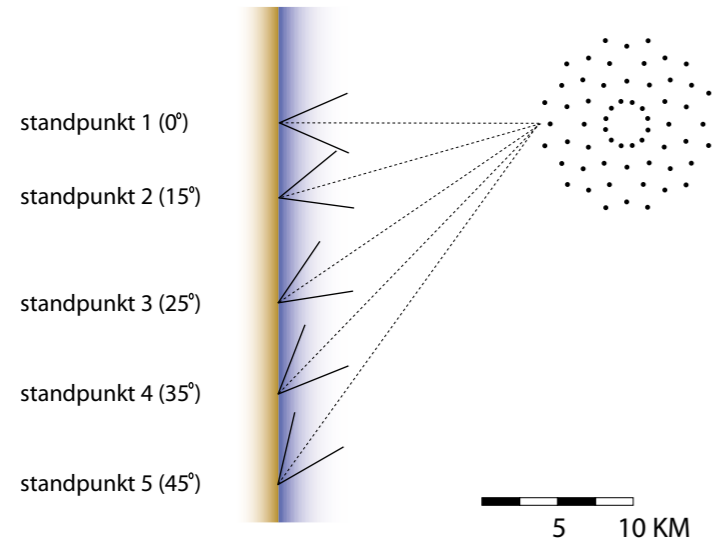
15MW møller opstillet i en bue 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet i en bue 18 km fra kyst, standpunkt 05

## Solsikkemønster

En opstilling efter et 'solsikkeprincip' er en geometrisk variation af cirkelslaget. Mønstret har en fascinerende form som plan-motiv, men til brug for en havmøllepark giver den visuelle oplevelse et helt tilfældigt udtryk. Rækkerne blander sig med hinanden gennem dybden og udviser helt formen. Buede rækker er derfor meget svære at opfatte. Heller ikke fra luften er mønstret reelt synligt, da det kræver et meget større antal møller end det er praktisk muligt, for at markere de mange linieforløb. Opstillinger efter spiralmønstre har en lignende visuel konsekvens, og minder mest af alt om en opstilling efter et tilfældighedsprincip.



15MW møller opstillet i solsikkemønster 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet i solsikkemønster 18 km fra kyst, standpunkt 02



15MW møller opstillet i solsikkemønster 18 km fra kyst, standpunkt 03



15MW møller opstillet i solsikkemønster 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet i solsikkemønster 18 km fra kyst, standpunkt 05

Visualiseringer: Birk Nielsen

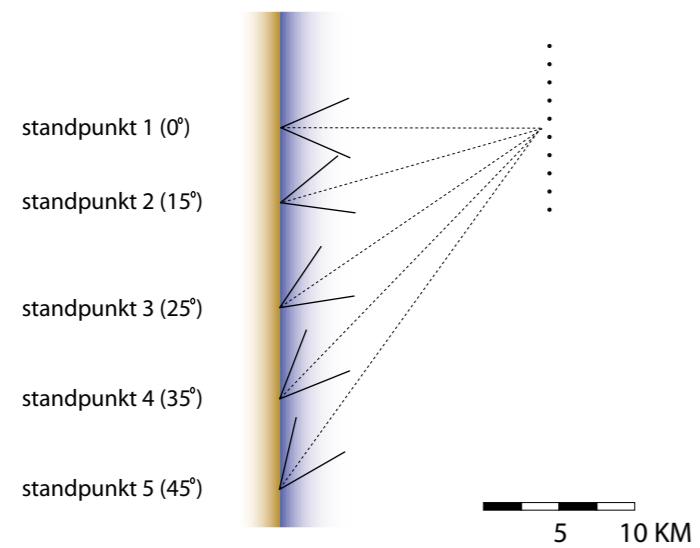


## Linieopstillinger

En opstilling i enkeltrækker, som buede eller lige rækker, er det mønster, der visuelt set er lettest at opfatte, og som udgangspunkt har den mest velfungerende sammenhæng med landskabet.

For større parker med et stort antal møller kan en linieopstilling blive meget lang og være et problem både praktisk med lange forsyningslinier og æstetisk, da opstillingen fylder uforholdsvist meget i landskabet. Her vil en opstilling i rektangulært eller trekantet mønster være bedre alternativer.

Til gengæld er enkeltrækker mest anbefalelsesværdige for mindre mølleparker i nær- og mellemzonen, hvor opstillingen kan indgå i et særligt samspil med det omgivende landskab. Mere om dette under særlige landskabelige forhold.



15MW møller opstillet i en linie 18 km fra kyst, standpunkt 01



15MW møller opstillet i en linie 18 km fra kyst, standpunkt 02



15MW møller opstillet i en linie 18 km fra kyst, standpunkt 03



15MW møller opstillet i en linie 18 km fra kyst, standpunkt 04



15MW møller opstillet i en linie 18 km fra kyst, standpunkt 05

Visualiseringer: Birk Nielsen

## Udvidelse af havmølleparker

Med få potentielle områder for havmølleparker kan det være nødvendigt at udnytte områderne bedre, for eksempel ved at udvide eksisterende anlæg til en større kapacitet.

Æstetisk kan det være problematisk at udvide en eksisterende park eller opføre flere parker i det samme område, men generelt kræver det en nærmere undersøgelse af de visuelle forhold i det konkrete tilfælde.

Her kan man tage udgangspunkt i en række overordnede betragtninger omkring afstand mellem parker, forhold mellem opstillingsmønstre og betydningen af synlighed.

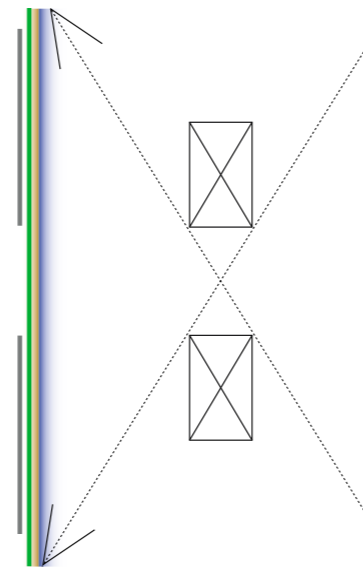
### Afstand mellem parker

En anbefaling for en minimumsafstand mellem havmølleparker er vanskelig at definere, da mange forskellige faktorer påvirker den visuelle opfattelse af flere parker i flere forskellige retninger.

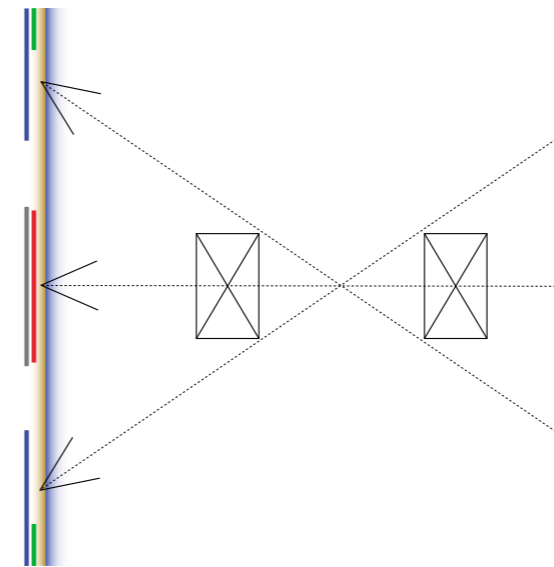
Man kan tale om den uforstyrrede udsigt, hvor det er ønskeligt at have et synsfelt, hvor højst én park er synlig af gangen. Set fra et standpunkt langs kysten i en lige linie ud mod havet, er dette et rent geometrisk afhængigt spørgsmål, som afgøres af den maksimale synsvinkel i forhold til havmølleparkernes udstrækning i dybden. Placerer man sig i andre betragtningssvinkler eller placeres parkerne anderledes i forhold til hinanden, opstår der helt andre situationer, som man konkret må analysere på.

Det er problematisk at opstille generelle retningslinier for en afstand mellem havmølleparker, fordi der er mange varierende faktorer der spiller ind, og i praksis er der så få havmølleparker på Danmarks-kortet, at det er mere hensigtsmæssigt at tage stilling til dette spørgsmål i de konkrete projekter.

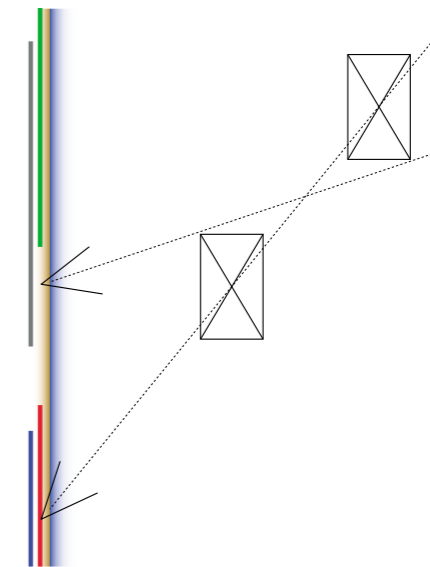
Til gengæld kan man ud fra et eksempel belyse nogle af de problemstillinger der opstår, når nye vindmøller opføres i nærheden af eller i direkte forbindelse med eksisterende havmølleparker.



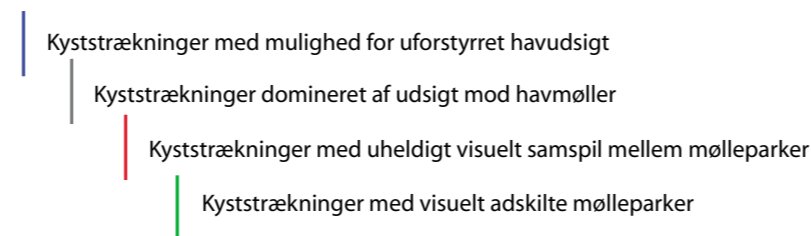
Opstillingsprincip 1:  
Mølleparkerne er visuelt adskilte men dominerer det meste af synsfeltet.



Opstillingsprincip 2:  
Hele det primære udsigtsområde forstyrres af uheldigt samspil mellem mølleparkerne.



Opstillingsprincip 3:  
Mølleparkerne har et uheldigt samspil mod syd men der er mulighed for uforstyrret havudsigt.



Illustrationer: Birk Nielsen

### Udvidelse af eksisterende møllepark

Fra et visuelt synspunkt vil den mest hensigtsmæssige udvidelse af Horns Rev I være at udvide det eksisterende grid-system med flere møller i samme størrelse. En sådan udvidelse vil ikke ændre den overordnede arkitektoniske orden, men blot udbrede synligheden til en større del af synsfeltet.

Ud fra andre betragtninger end de rent æstetiske kan det dog være interessant at udvide parken med nyere og større møllemodeller. Her er der forskellige muligheder.

Eksemplerne 1-3 tager udgangspunkt i en udvidelse af havmølleparken Horns Rev I til et arealforbrug svarende til det dobbelte.

### Udvidelse med ny møllepark

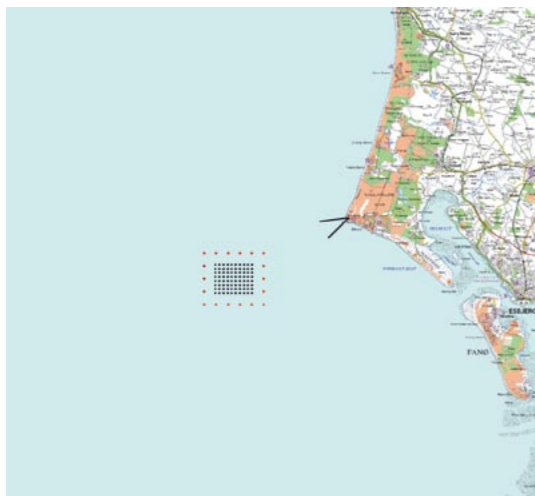
En udvidelse af et eksisterende gridsystem med andre møllestørrelser er generelt problematisk, men effekten af det uheldige samspil kan minimeres ved at placere udvidelsen, så den betragtningmæssigt befinder sig ved siden af det eksisterende mølleanlæg og herved opleves som en delvist selvstændig møllepark. I praksis kan dette dog ikke lade sig gøre fra alle betragtningssvinkler, da parkerne fra sekundære synsvinkler vil stå delvist bag hinanden. Et andet alternativ kan derfor være at arbejde med udvidelsen som en helt selvstændig enhed adskilt fra den eksisterende møllepark.

### Forhold mellem forskellige opstillingsmønstre

Eksemplerne på udvidelse af eksisterende mølleparker viser, at det visuelt set er vanskeligt at opstille møller i andre størrelser end de eksisterende, også selv om de opstilles efter en gridstruktur. En sammenblanding med andre opstillingsmønstre vil kun gøre dette problem større. Den mest velfungerende model er her en udvidelse af det eksisterende system med samme møllestørrelser.

En udvidelse med en ny møllepark adskilt fra den eksisterende fungerer som udgangspunkt bedst, hvis det to opstillingsmønstre svarer til hinanden. I de tilfælde hvor parkerne står umiddelbart bag hinanden, har opstillingsmønstrene dog mindre betydning for forholdet mellem parkerne, da de i denne situation under alle omstændigheder vil optræde med en uklar visuel orden.

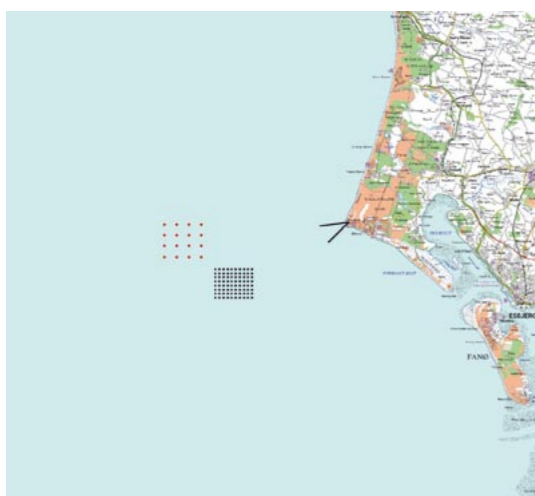
Herudover er den mest effektive måde at sikre et acceptabelt samspil mellem parker og landskab, at placere nye havmølleparker med en afstand fra det eksisterende anlæg, der minimum svarer til fjernezonegrænsen. Herved kan den de store afstande hjælpe til at reducere de uheldige samspil mellem parkerne til et minimum.



**Eksempel 1:**  
 En udvidelse som en omslutning af den eksisterende opstilling giver et specielt visuelt udtryk. Ideen om en visuel ramme omkring det eksisterende anlæg står dog ikke klart frem; hvor store havmøller kan have en vis berettigelse foran de mindre eksisterende møller, så er udvidelsen derimod generende for opfattelsen af det eksisterende opstillingsmønster, når de store møller står bagved og størrelsesmæssigt blander sig med de mindre møller foran.



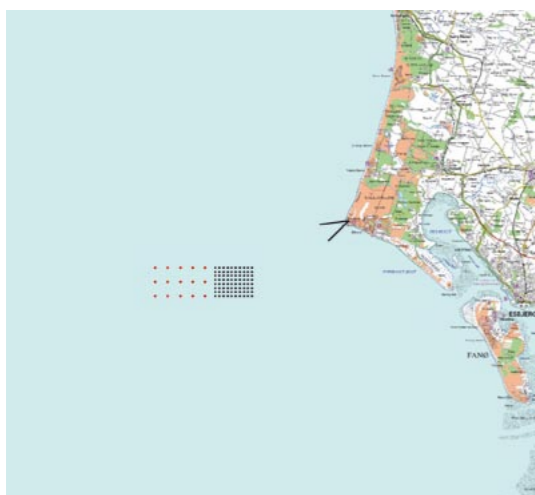
*Eksempel 1. Udvidelse af eksisterende møllepark ved omslutning. 18 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.*



**Eksempel 2:**  
 En 'naboudvidelse' med et større gridsystem ved siden af det eksisterende er en anden mulighed. Oplevelsesmæssigt virker udvidelsen som en uafhængig del af den eksisterende park. De store møller virker tættere på betragteren end de mindre, og man har ikke fornemmelse af nogen sammenhæng mellem den eksisterende møllepark og udvidelsen.



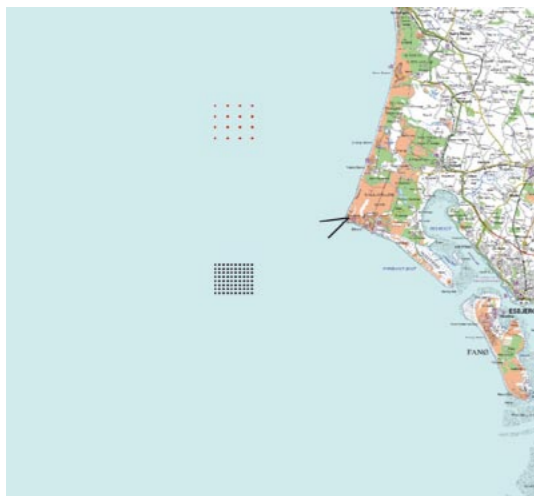
*Eksempel 2. Udvidelse af eksisterende møllepark ved 'naboudvidelse'. 16 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.*



**Eksempel 3:**  
 Hvis et nyt gridsystem placeres, så det for betragteren står bagved den eksisterende møllepark, tjener det blot til at øge den visuelle uklarhed endnu mere. Man fornemmer to adskilte systemer, som blandes på udefinerbar vis og skaber en disharmonisk sammenhæng.



*Eksempel 3. Udvidelse af eksisterende møllepark med bagvedliggende park. 15 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.*



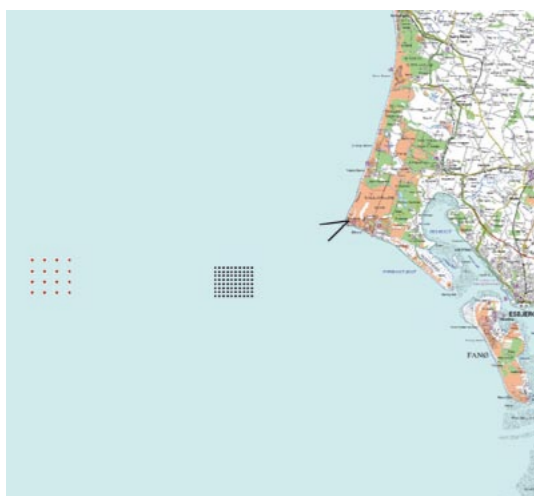
**Eksempel 4:**

En ny møllepark er her placeret ved siden af Horns Rev I parallelt med kysten, med en afstand mellem parkerne på 20 km. Fra de betragtningepunkter på kystlinien der befinder sig mellem de to mølleparker, er der ingen visuel forbindelse, da synsfeltet ikke er bredt nok til at dække begge opstillinger på samme tid. Til gengæld er havudsigten domineret af havmøller til begge sider. Denne opstillingsmodel er derfor meget synlig langs store dele af kyststrækningen.

Fra betragtningepunkter langs kystlinien, der ligger på ydersiden af de to opstillinger, kan man derimod opleve begge havmølleparker indenfor det samme synsfelt. Hvis parkerne her skal opleves som visuelt adskilte, kræver det en stor afstand mellem dem. Det betyder, at den bagerste møllepark befinder sig 30-35 km fra positioner, hvor begge parker kan opleves indenfor samme synsfelt svarende til en fjernzoneplacering. Det visuelle samspil mellem de to parkopstillinger er derfor minimalt, selv om de optræder indenfor samme synsfelt.



Eksempel 4. Udvidelse med ny møllepark **ved siden af** eksisterende park. 16 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.

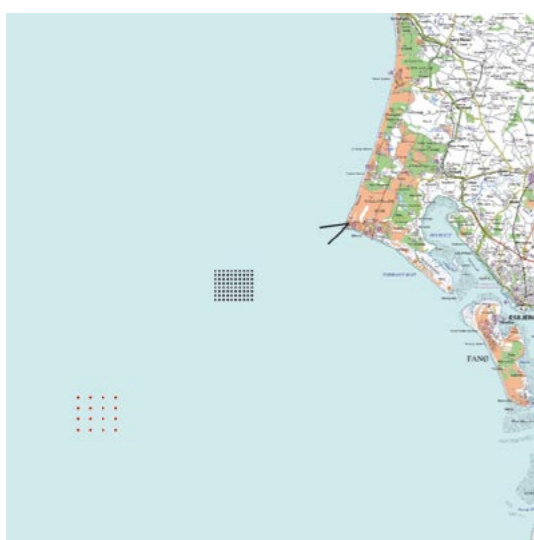


**Eksempel 5:**

Placeres en ny møllepark bagved eller delvist bagved den eksisterende park, er oplevelsesmønsteret anderledes. De to opstillingsmønstre blander sig her sammen i et arytmsk samspil, hvor begge parker følger deres egen logiske orden, uden at forholde sig til hinanden. Problemet mindskes når den bagerste park flyttes længere væk, fordi synligheden herved reduceres, men den strukturelle forvirring er først helt forsvundet, når den bagerste havmøllepark ikke mere er synlig. Fra fjerne sekundære udsigtspunkter er forholdet mellem de to parker ikke mere problematisk, fordi parkerne opleves som adskilte.



Eksempel 4. Udvidelse med ny møllepark **bag** eksisterende park. 16 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.



**Eksempel 6:**

Ved placering af en ny møllepark, som ikke ligger parallelt med kysten som i eksempel 4, kan det ikke undgås at parkerne fra nogle standpunkter vil optræde i et uheldigt samspil, da de står helt eller delvist bag hinanden. En yderlig placering skråt for den eksisterende møllepark minimerer dette problem, da det kun er fra fjerne standpunkter at parkerne dækker sig ind bag hinanden.

Fra de centrale udsigtsområder midt for den eksisterende møllepark optræder den nye møllepark her visuelt som en forlængelse af den eksisterende. Hvis parkernes forskellige møllestørrelser synsmæssigt fremstår lige store i forhold til afstanden, og hvis der ikke står møller i de centrale akser på den forreste møllepark, opleves den nye park som en del af det eksisterende anlæg og ikke som en selvstændig enhed. I denne situation kan det således lade sig gøre at placere nye møller bagved den eksisterende møllepark, uden at forstyrre den eksisterende visuelle orden.



Eksempel 4. Udvidelse med ny møllepark **diagonalt bag** eksisterende park. 16 stk 15 MW møller, afstand omkring 18 km.

## Mindre havmølleparker tæt på land

*Havmøllerne på store afstande fra land medfører udfordringer både praktisk og økonomisk. Et alternativ til de store mølleanlæg kan derfor være mindre møllegrupper, der kan placeres tættere på land, hvor havmøllerne kan indgå som arkitektoniske anlæg der bibringer landskabet nye kvaliteter. Der er allerede mange eksempler herhjemme på havmølleparker som ved deres placering og opstilling fungerer i et fint samspil med landskabet. Der bør derfor fortsat overvejes mulige placeringer af mindre havmøllegrupper tæt på land.*



Foto: <http://www.offshorewindenergy.org/>

## Havmøller i landskabeligt samspil

Mindre møllegrupper, særligt i enkeltrækkeopstillinger, er mindre dominerende i forhold til landskabet end større mølleparker, og har en klar og entydig orden. I nogle landskabssituationer kan de med fordel placeres tættere på land i samspil med kystlandskabet.

For store dele af de indre danske farvande vil store havmølleparker med møller på op mod 260 m højde have stor influens på det omkringliggende landskab, og det kan være svært at finde egnede opstillingsområder. Her bør det i stedet vurderes, om en mindre vindmøllegruppe kan accepteres ud fra et landskabeligt synspunkt.

### Opstillingsmønstre

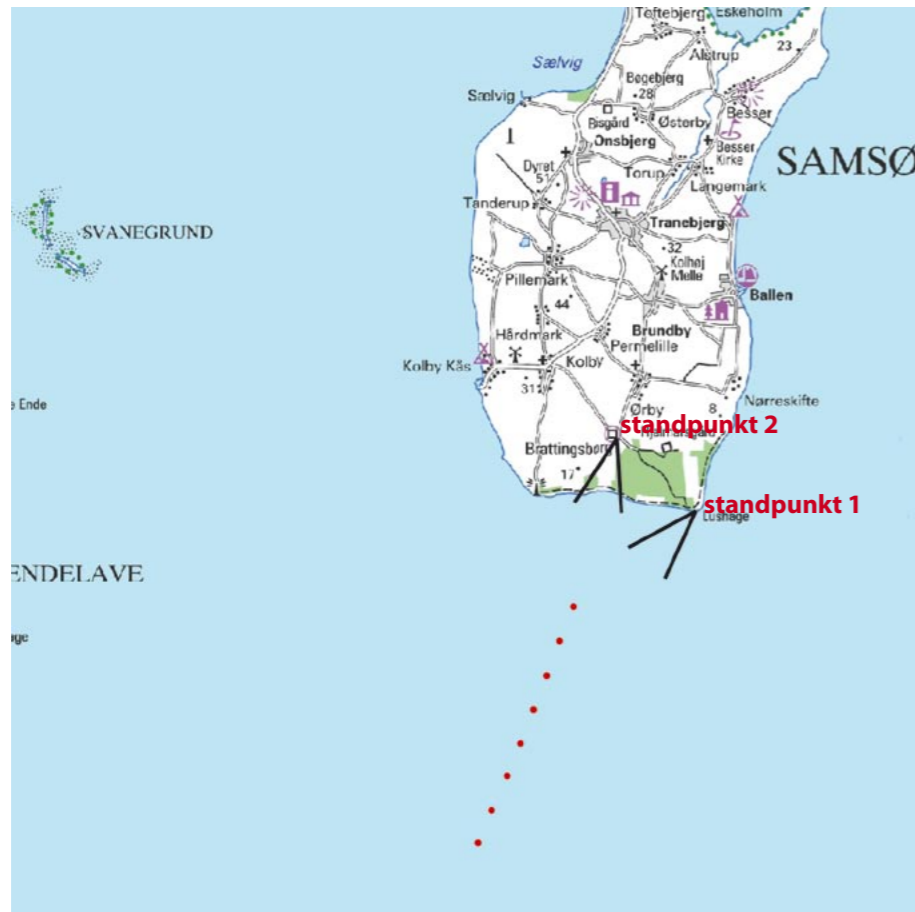
Mindre havmøllegrupper tænkes her som grupper med et antal på 5-10-20 møller. For en møllegruppe med et antal på 10-20 møller er der dog fortrinsvis tale om mindre møllestørrelser og en begrænset arealmæssig udbredelse af mølleparken. Opstillingsmønsteret vil afhænge af den landskabelige situation den skal indpasses i, men bør som udgangspunkt bestå i en enkel geometrisk opstilling såsom trekant, kvadrat, dobbelt- eller enkeltrække. Med flere end 10 møller vil enkeltrækker dog få en forholdsvis stor udstrækning.

For en park med færre end 10 møller er enkeltrækken den mest simple opstilling. Enkeltrækken er stort set altid letopfattelig som struktur, i modsætning til alternative opstillingsmuligheder, der typisk har vinkler med 'svage punkter'. Dog kræver en buet linie omtanke i forhold til buevinkel og retning. Her kan opstillingen være et problem fra vinkler, hvor den forreste del af buen blander sig med den bagerste og herved udviser formen, ligesom buevinklen nemt kan blive for kraftig og herved gøre det svært at opfatte det buede forløb. Den buede række kræver desuden minimum 5 møller for at kunne opfattes som buet.

### Erfaringer med store vindmøller på land

Møllegrupper tæt på land vil indgå i et samspil med ikke bare kystlandskabet, men også de bagvedliggende landområder. Man kan her bruge erfaringer med opstillinger af vindmøller på land, hvor det er andre kriterier, der ligger til grund for anbefalinger og vurderinger. Eksempelvis kan konsekvenszonegrænserne for landmøller bruges som et supplement til at vurdere synligheden af havmøllegrupper tæt på land.

En vindmølle på land med en totalhøjde på 150 m har en anbefalet nærzonegrænse på 4,5 km (Birk Nielsen, 2007), hvilket er væsentligt lavere end de 10 km, som anbefales for en tilsvarende havmølle. Det skyldes, at en række forskellige forhold spiller ind på den visuelle oplevelse af vindmøller på henholdsvis land eller på åbent hav. Særligt forholdet mellem møllerne og de omgivende landskabselementer spiller en stor rolle for opfattelsen og synligheden af landmøller, hvorimod havmøller på åbent hav typisk står helt alene i synsfeltet, uden indblanding fra andre elementer end vandet og himlen. Det er et andet udgangspunkt der må tages i brug, når man diskuterer møllegrupper tæt på land.





### Syd for Samsø

8 stk 5 MW havmøller (Totalhøjde 160 m)

Dette eksempel bygger på en udskiftning af den eksisterende havmøllepark på 10 stk 2,3 MW møller.

Nærmeste mølle befinder sig 3 km fra kysten. Vindmøllerne er opstillet på en lige linie som den eksisterende vindmøllepark. Vindmølle-rækken er placeret med lettere vinklet linie på kysten da møllerne fra visse betragtningspunkter fremstår særligt godt i landskabet.



- Samsø 1: 200.000**
-  Standpunkter 1 og 2
  -  Havmølleopstilling



### Øst for Sydfalster

8 stk 5 MW havmøller (Totalhøjde 160 m)

Nærmeste mølle befinder sig 2 km fra kysten. Vindmøllerne er opstillet i et cirkelslag, som refererer til kystens bue ved Marielyst. Møllernes placering tæt ved kysten gør dem meget synlige i landskabet. Cirkelslaget er skabt som et forsøg på at opfatte opstillingen som et skulpturelt element. Møllestørrelsen bør ikke overstige 160 meter ved denne kystnære placering, da afstanden mellem møllerne bliver for stor til at opfatte møllerækken som et sammenhængende element.

- Falster 1: 200.000**
-  Standpunkter 1 og 2
  -  Havmølleopstilling



Standpunkt 1, Øst for Sydfalster. 8 stk 5 MW møller (totalhøjde 160 m). Afstand til nærmeste mølle 16,3 km. (Visualisering: Birk Nielsen)



Standpunkt 2, Øst for Sydfalster. 8 stk 5 MW møller (totalhøjde 160 m). Afstand til nærmeste mølle 2 km. (Visualisering: Birk Nielsen)





Standpunkt 1, syd for Samsø 8 stk 5 MW møller (totalhøjde 160 m). Afstand til nærmeste mølle 3 km. (Visualisering: Birk Nielsen)



Standpunkt 2, syd for Samsø 8 stk 5 MW møller (totalhøjde 160 m). Afstand til nærmeste mølle 3 km. (Visualisering: Birk Nielsen)

## Mølleparker ved tekniske anlæg

Større tekniske anlæg langs kystlinien skaber særlige landskabssituationer. Når landskabet bliver domineret af tekniske anlæg, opfattes kystlandskabets oprindelige karakter ikke længere som det primære, derimod bliver karakteren af de tekniske anlæg i forhold til omgivelserne afgørende for landskabsoplevelsen.

Havvindmøller kan med fordel indgå som en del af sådanne tekniske landskaber ved vandet eksempelvis ved større industrihavne og kraftværker. Her kan møllerne visuelt supplere det eksisterende anlæg, og samtidig friholde andre mere udsatte kystlandskaber for havmøller.

### Tekniske landskaber og æstetik

Det kan have betydning, at de tekniske anlæg både vertikalt og horisontalt har en størrelse, der skalamæssigt kan matche havmøllerne. Selv om der er tale om et teknisk landskab, vil samspillet mellem havmøller og de tekniske anlæg have en væsentlig visuel indflydelse. Det bør derfor ikke betragtes som overskudsareal, hvor almindelige æstetiske regler er sat ud af spil, men som et område, hvor samspillet mellem landskabet og tekniske anlæg kan have sine egne æstetiske kvaliteter, som nøje bør vurderes i samspillet med havmøllerne. Under sådanne hensyn vil havmøller placeret tæt på tekniske anlæg ofte kunne indpasses, uden at den visuelle påvirkning af omgivelserne øges væsentligt.

### Særlige hensyn

Naboafstande, som bruges ved opstilling af vindmøller på land, er ikke direkte relevante i forhold til opstilling af havmøller ved tekniske anlæg, som har en anden karakter og derfor kan tåle, at møller placeres tættere på. Det kan dog ikke afvises, at for eksempel havmøllers støjniveau kan være et problem for placeringer meget tæt på land, selv om tekniske anlæg typisk er præget af støj i forvejen. Derimod kræver vindmøller en sikkerhedsafstand. Denne er dog beskeden og svarer til havmøllens totalhøjde.

Det er nødvendigt at tage særligt hensyn til trafikruter, især omkring havneanlæg, hvor havmøllernes placering ikke må være til gene for skibstrafikken, men der er typisk flere opstillingsmuligheder i denne sammenhæng.

Overordnet set er der således gode muligheder for indpasning af havmøller i tæt forbindelse med tekniske anlæg, hvis opstillingen kan indpasses i det eksisterende trafiknet.



Århus Havn (Foto: Århus Havn)



Vindmøller ved teknisk anlæg: Rønland, Harboøre Tange (Visualisering: Birk Nielsen)



Vindmøller ved teknisk anlæg: Vestkraft, Esbjerg (Foto: Birk Nielsen)



*Teknisk landskab: Aalborg Portland, Østhavnen og Nordjyllandsværket (Foto: Birk Nielsen)*

## Forsøgsmøller ved Omø

Muligheden for opstilling af forsøgsmøller er en nødvendighed for, at vindmølleindustrien fortsat kan udvikle sig. Æstetisk er en større samling af vindmøller, der er forskellige i størrelse og udseende, dog en svær størrelse at have med at gøre. Formålet med en undersøgelse af opstillingsmønstre for en forsøgsmøllepark til havs må derfor fortrinsvis være at forsøge at minimere det uheldige visuelle samspil med omgivelserne.

### Placering

Undersøgelsen tager udgangspunkt i en placering syd for Omø i Smålandsfarvandet. Selv om det er et forholdsvist isoleret område med 6-7 km afstand til det nærmeste fastland, er det et område, der umiddelbart er sårbart overfor havmøller, som ikke opstilles i en visuel harmoni med de omgivende kystlandskaber. Det kræver dog en nærmere landskabelig undersøgelse at kunne sige noget præcist om dette.

### Forsøgsmølleparkens opbygning

En forsøgsmøllepark består af et antal forsøgsmøller, der kan være forskellige i både størrelse, udseende, farve og proportioner. Der er i denne undersøgelse arbejdet med scenarier for henholdsvis 2, 5 eller 10 stk møller i varierende størrelse.

Mølletyperne er de samme, som er benyttet ved undersøgelser af synlighed og opstillingsmønstre for havmølleparker. Det er svært at give kvalificerede bud på udformningen af forskellige slags forsøgsmøller, og det er derfor ikke forsøgt. Man må derfor tage forbehold for, at de anbefalede opstillinger reelt vil få et mere forvirrende udtryk, end visualiseringerne giver udtryk for, når forskellige modeller med varierende udformning af tårn, hus og vinger sættes ved siden af hinanden.

Som en del af en forsøgsmøllepark hører et større antal målemaster. I denne undersøgelse er der opstillet en mast pr forsøgsmølle med en højde tilsvarende møllens navhøjde og en større fælles meteorologimast med en højde svarende til totalhøjden af den største mølle.

Selv om der er tale om et større antal master, gælder det, som tidligere beskrevet, at deres synlighed er begrænset. Forsøgsmøllerne vil optræde væsentlig mere synlige. Masterne har således en vis påvirkning af landskabet på kortere afstand indenfor 5-10 km, men da de fleste standpunkter ligger på lidt længere afstand, hvor masternes synlighed er væsentligt reduceret, har de samlet set kun mindre betydning for synligheden af forsøgsmølleparken.

Placeringsmæssigt bør meteorologimasterne følge forsøgsmøllernes opstillingsmønster, så de understøtter denne orden fremfor at skabe yderligere uklarhed med en anden struktur.

### Vurdering

(På baggrund af afprøvede opstillinger)

Forsøgsmølleparken vil uanset antallet af møller opleves som tæt på langs kysterne mod både nord (Sjælland), syd (Lolland) og vest (Langeland).

Den letopfattelige nord-syd gående struktur giver dog samtidig et godt samspil med kyststrækningen, og et større antal møller er blot med til at understrege kyststrækningens forløb. Det er klart, at eksempelvis 10 forsøgsmøller i en enkeltrække vil have en stor arealmæssig udstrækning, og den visuelle konsekvens længere inde på de omkringliggende landarealer øges herved. Hvorvidt dette kan være et landskabeligt problem i forhold til et større antal møller, må der en mere grundig undersøgelse til at afgøre.

Hertil kommer, at 10 møller på række med en indbyrdes afstand på 8xD fylder mere end det udpegede område for forsøgsmølleparken. Det visualiserede eksempel af 10 møller i en svagt buet række er derfor udført med en indbyrdes afstand på 7,5xD. Opstilles der kun 9 forsøgsmøller i rækken, kan man ligeledes holde møllerne indenfor for det udpegede område men uden at mindske den indbyrdes afstand. Fra et æstetisk synspunkt er den eneste anbefaling i denne forbindelse blot, at man fastholder den indbyrdes afstand som en afhængighed af møllestørrelse.

Som udgangspunkt er en opstilling med et varierende antal forsøgsmøller på lige eller buet række en udmærket landskabelig løsning, selv om der tages forbehold for de visuelle konsekvenser af forskellige møllemodeller ved siden af hinanden og resultaterne af en mere nøjagtig landskabelig undersøgelse. En tilgang til at håndtere samspillet mellem de varierende udtryk af forskellige møllemodeller kan eventuelt være at stille krav om en række fælles kendetegn, som for eksempel hel eller delvis bemaling i en særlig farve, som kan binde forsøgsmølleparken visuelt sammen som en sammenhængende enhed.

### Afprøvede opstillinger

Der er afprøvet en række forskellige opstillingsmønstre for de tre scenarier med 2, 5 eller 10 forsøgsmøller.

Visuelt er det relativt uproblematisk at placere 2 forsøgsmøller. Uanset retning, indbyrdes afstand og størrelsesforhold optræder møllerne fra alle standpunkter som et sammenhængende par i en letopfattelig orden. Ændrer man væsentligt på udseende og dimensionering af de to møller i forhold til hinanden, kan dette dog have væsentlig indflydelse på helhedsindtrykket.

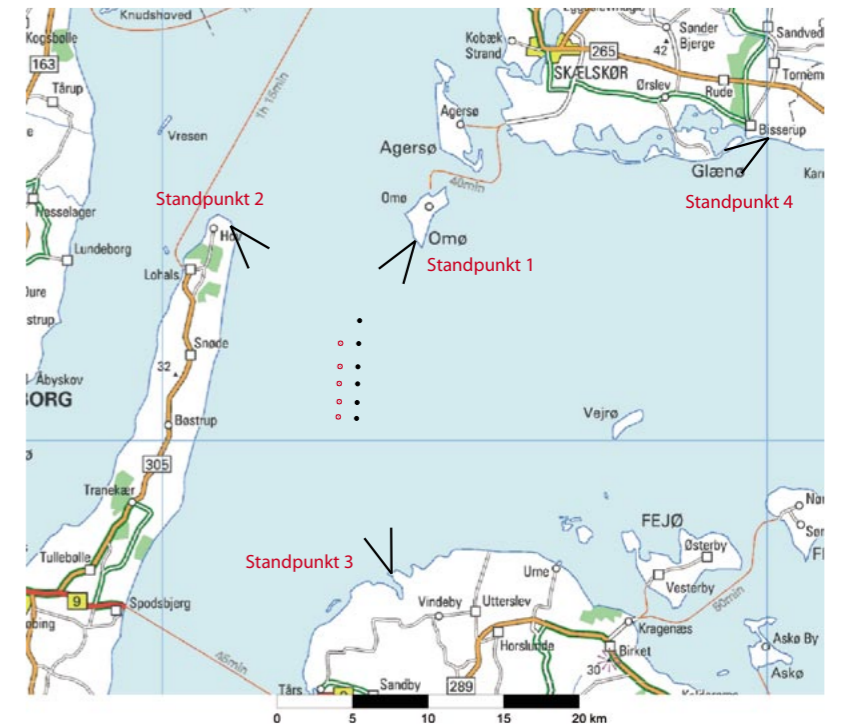
For 5 eller 10 forsøgsmøller er der både arbejdet med enkelt-, dobbelt- og tredobbelte rækker. Formålet med et opstillingsmønster med dobbelt- eller tredobbelte rækker er tænkt som et forsøg på at understøtte en tilfældighedsorden, hvor forsøgsparken i højere grad optræder som en skov af møller fremfor at forsøge at skabe en orden ud af de tilfældige størrelser og mølletyper. Reelt er det dog meget svært at kontrollere tilfældighedsprincippet, da opstillinger, der fungerer fra et standpunkt, optræder helt anderledes fra andre standpunkter. De varierende møllestørrelser er kun med til at understrege dette problem, og resultatet bliver i de fleste situationer en visuel disharmoni, som bør undgås. Dette gælder, uanset om rækkerne er opstillet efter rektangulære eller triangulære gridmønstre.

Undersøgelserne viser derimod, at enkeltrækkeopstillinger med 5 eller 10 forsøgsmøller kan være et stort set uproblematisk alternativ med en klar arkitektonisk orden.

### Forsøgsmøllepark (Omø), opstilling 1

5 forsøgsmøller på ret linie.  
Indbyrdes afstand mellem møller: 8 x rotordiameter

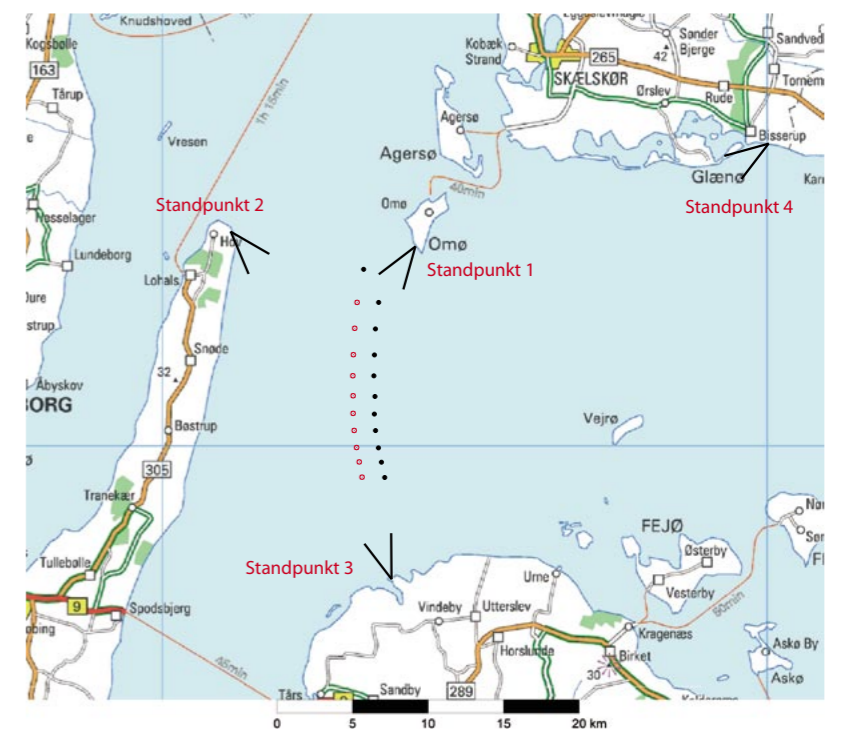
- 1 stk 10 MW forsøgsmølle (totalhøjde 215 m) ● ●
- 2 stk 7,5 MW forsøgsmøller (totalhøjde 187,5 m) ● ● ● ●
- 2 stk 5 MW forsøgsmøller (totalhøjde 160 m) ● ● ● ●



### Forsøgsmøllepark (Omø), opstilling 2

10 forsøgsmøller på buet linie.  
Indbyrdes afstand mellem møller: 8 x rotordiameter

- 2 stk 15 MW forsøgsmøller (totalhøjde 260 m) ● ●
- 3 stk 10 MW forsøgsmøller (totalhøjde 215 m) ● ● ● ●
- 3 stk 7,5 MW forsøgsmøller (totalhøjde 187,5 m) ● ● ● ● ● ●
- 3 stk 5 MW forsøgsmøller (totalhøjde 160 m) ● ● ● ● ● ●



● Mølle  
● Mast

## Opstillingsforslag 1

Denne opstilling tager udgangspunkt i 2 stk 5 MW, 2 stk 7,5 MW og 1 stk 10 MW forsøgsmøller opstillet på en lige række.

Visuelt optræder opstillingen med en klar og letopfattelig orden. Da det omgivende hav er åbent og fladt, er det svært at bedømme møllernes afstand og størrelse i forhold til hinanden, og man oplever her forsøgsmøllerne som værende lige store. Det skyldes en form for falsk perspektiv, hvor det er den indbyrdes afstand mellem møllerne, som er afgørende.

Den rette linies klare udtryk brydes svagt af sammensætningen af møllestørrelser. Hvor møllerne står parvis med samme møllestørrelse fornemmes små 'hak' i rækkens højde. Denne afvigelse kan helt fjernes ved at opstille 5 forsøgsmøller med 5 forskellige møllehøjder. Hvis afstanden mellem møllerne varierer som en direkte afhængighed af møllestørrelse, opleves opstillingen som en lige række med lige store møller og hermed med en helt klar orden. Dette gælder uanset betragtningsvinkel. Små afvigelser fra dette kan dog let opfattes, særligt fra betragtningsvinkler langs med rækken, og det kan derfor være sværere at få perspektivvirkningen til at fungere, hvis forsøgsmøllerne har varierende harmoniforhold mellem tårn og vinger. For større afvigelser fra afhængighedsprincippet vil rækken fremstå i et uharmonisk forhold med en tilsyneladende tilfældig orden. Den viste opstilling har en indbyrdes afstand på 8 x rotordiameteren, men afhængig af forsøgsmøllernes udformning kan det muligvis være mere hensigtsmæssigt at bruge en indbyrdes afstand, der er afhængig af navhøjden.



Standpunkt 1, 5 forsøgsmøller på række. Afstand til nærmeste mølle omkring 8,5 km



Standpunkt 2, 5 forsøgsmøller på række. Afstand til nærmeste mølle omkring 10,5 km



Standpunkt 3, 5 forsøgsmøller på række. Afstand til nærmeste mølle omkring 11 km



Standpunkt 4, 5 forsøgsmøller på række. Afstand til nærmeste mølle omkring 30 km

Visualiseringer: Birk Nielsen

## Opstillingsforslag 2

Denne opstilling tager udgangspunkt i 3 stk 5 MW, 3 stk 7,5 MW, 2 stk 10 MW og 2 stk 15 MW forsøgsmøller opstillet i en let buet række.

Eksemplet viser, at en svagt buet række ligesom en ret linie fremstår med en klar, entydig orden, hvor det er svært at erkende, at møllerne ikke er lige store.

Der er arbejdet med tilsvarende opstillinger af de 10 forsøgsmøller på lige række, men ideen med en bueopstilling er at nedtone de små unøjagtigheder som følge af hak i rækken af møllehøjder. Forskellen er dog ikke væsentlig fra en ret linie, som også er en velfungerende opstilling, og det er mere effektivt at anvende forskellige møllestørrelser for alle 10 forsøgsmøller. Det er derfor nærmere et spørgsmål om den oplevelsesmæssige værdi fra prioriterede standpunkter, som skal lægge til grund for en diskussion af et ret eller buet opstillingsforløb. Hvis nærmere undersøgelser viser mulighed for at opleve et velfungerende bueforløb fra prioriterede standpunkter, så kan denne opstilling være en mulighed, der kan give en særlig landskabelig oplevelse. En buet række har dog også svage punkter, hvorfra opstillingen vil stå mindre klart, og er disse udsigtsområder af væsentlig betydning, bør man i stedet overveje en ret linie, der som udgangspunkt fungerer fra næsten alle betragtningsvinkler.



Standpunkt 1, 10 forsøgsmøller i bue. Afstand til nærmeste mølle omkring 8,5 km



Standpunkt 2, 10 forsøgsmøller i bue. Afstand til nærmeste mølle omkring 10,5 km



Standpunkt 3, 10 forsøgsmøller i bue. Afstand til nærmeste mølle omkring 11 km



Standpunkt 4, 10 forsøgsmøller i bue. Afstand til nærmeste mølle omkring 30 km

Visualiseringer: Birk Nielsen

# Sammenfatning

## Forhold mellem havvindmøller og landskab

Det vurderes, at områder ud for åbne kystområder kan være velegnede til opstilling af havmøller.

Det vurderes, at landskaber omkring fjord-, bælt- og sundkyster og omkring øhavskyster kan være sårbare overfor opstilling af større havmølleparker.

Det vurderes, at variationen i terræn mellem forskellige kystlandskabstyper ikke giver grundlag for at fastlægge forskellige konsekvenszonegrænser for forskellige landskabstyper.

Det anbefales at undersøge mulighederne for at placere mindre grupper af havvindmøller tæt på land, hvor møllerne kan indgå som et særligt landskabsarkitektonisk element. Møllernes visuelle påvirkning og samspil med landskabet må her vurderes i det konkrete tilfælde, på baggrund af det samlede indtryk fra alle konsekvenszonerne.

Det anbefales at undersøge mulighederne for at placere mindre grupper af havvindmøller i nærheden af større tekniske anlæg, som skalamæssigt kan matche store vindmøller under hensyntagen til det æstetiske samspil, samt vurdering af det samlede indtryk fra alle konsekvenszonerne.

## Konsekvenszoner

Følgende konsekvenszoner for havmølleparker med 125 – 260 m høje havvindmøller anbefales:

**Tabel**

|                             | Nærzone   | Mellemzone | Fjernzone  | Maks. synlighed* |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|------------------|
| 3 MW (totalhøjde 125 m)     | 0 - 9 km  | 9 - 20 km  | Over 20 km | 44 km            |
| 4 MW (totalhøjde 145 m)     | 0 - 10 km | 10 - 23 km | Over 23 km | 47 km            |
| 5 MW (totalhøjde 160 m)     | 0 - 11 km | 11 - 25 km | Over 25 km | 50 km            |
| 7,5 MW (totalhøjde 187,5 m) | 0 - 13 km | 13 - 28 km | Over 28 km | 53 km            |
| 10 MW (totalhøjde 215 m)    | 0 - 15 km | 15 - 31 km | Over 31 km | 55 km            |
| 15 MW (totalhøjde 260 m)    | 0 - 18 km | 18 - 34 km | Over 34 km | 55 km            |

\* For øjenhøjde 1,5 m over havets overflade.

Det anbefales, at der i brugen af konsekvenszoner skelnes mellem egentlige havmølleparker med flere rækker møller i dybde og bredde og mindre møllegrupper med 5-10-20 møller.

For mindre grupper af havvindmøller anbefales det, at afstandskrav og samspil med landskabet vurderes i det konkrete tilfælde, med mulighed for placering af havvindmøller tæt på land.

Luftens sigtbarhed har væsentlig indflydelse på havmølleparkeres synlighed. Det anbefales, at man foretager en vurdering af havmøllers synlighed på baggrund af en worst case situation, men at man samtidig tager forbehold for, at sigtbarheden, uanset lokalisering, størstedelen af året vil være nedsat eller væsentlig nedsat.

## Opstillingsmønstre

Det anbefales, at store havmølleparker opstilles i trekant- eller rektangulær gridopstilling afhængig af det konkrete tilfælde, da dette giver den mest letopfattede og ordnede struktur.

Det anbefales, at mindre grupper af havvindmøller opstilles i enkle geometriske mønstre afhængig af den landskabelige situation, således at der opnås den mest letopfattede orden og visuelle sammenhæng med omgivelserne.

I forhold til en udvidelse af eksisterende havmølleparker kan der ikke opstilles generelle retningslinier; man må her vurdere den visuelle konsekvens på baggrund af visualiseringer for det konkrete tilfælde. Der kan dog skelnes mellem to principielt forskellige strategier med hver sine fordele og ulemper:

- Ved en udvidelse af den eksisterende struktur med andre mølletyper begrænses udstrækningen af den visuelle påvirkning af landskabet, men opstillingen vil optræde som en sammenblanding af vindmøller uden genkendelig orden.

- Ved en placering adskilt fra den oprindelige havmøllepark er det muligt at opnå opstillinger med en selvstændig orden for den enkelte park, men de adskilte opstillinger vil øge den samlede udstrækning af den visuelle påvirkning af landskabet.



### **Forsøgsmøller ved Omø**

Det vurderes, at der fra et landskabeligt synspunkt er gode muligheder for opstilling af forsøgsmøller i farvandet ved Omø, men der tages forbehold for betydningen af forskellige mølletyper i samme opstilling og for resultaterne af en mere grundig undersøgelse af de landskabelige forhold.

Det anbefales at opstille forsøgsmøllerne i en ret eller let buet enkeltrække afhængig af en nærmere landskabelig undersøgelse. En let buet række kan dog kun anbefales for et antal forsøgsmøller på minimum 5-7.

Hvis det er praktisk muligt anbefales det, at den indbyrdes afstand mellem forsøgsmøllerne er proportional med møllestørrelsen.

# Kilder

## Litteratur:

Birk Nielsen (2007): Store vindmøller i det åbne land – en vurdering af de landskabelige konsekvenser. Rapport for Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, Landsplanområdet

Birk Nielsens Tegnestue (1995): Vindmøller og landskab - arkitektur og æstetik. Birk Nielsens Tegnestue og Energistyrelsen

DMI (Danmarks Meteorologiske Institut) (2007): Sigtbarhedsstatistik 1996-2006. Rapport til Energistyrelsen

Energi- og Miljødata (2000): Vindmøller ved tekniske anlæg. Energi- og Miljødata

Energistyrelsen (2006 A): Havmølleparker og miljøet - Erfaringer fra Horns Rev og Nysted. Energistyrelsen

Energistyrelsen (2006 B): Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues. Dong Energy, Vattenfall, Energistyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen.

Hasløv og Kjærsgaard (1994): Vindmøller i danske farvande - en undersøgelse af de visuelle forhold ved opstilling af vindmøller på havet. Miljø- og Energiministeriet

Hasløv og Kjærsgaard (1996), a: Store vindmøller - en undersøgelse af de visuelle forhold ved opstilling af store vindmøller ved større industri anlæg. Miljø- og Energiministeriet - Energistyrelsen

Hasløv og Kjærsgaard (1996), b: Opstilling af store vindmøller i det åbne land - en undersøgelse af de visuelle forhold. Miljø- og Energiministeriet

IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) (2004): IALA Recommendation O-117 On The Marking of Offshore Wind Farms, 2. udgave. IALA

Miljø- og Energiministeriets udvalg om havbaserede vindmøller (1995): Vindmøller i danske farvande – kortlægning af myndighedsinteresser, vurderinger og anbefalinger. Miljø- og Energiministeriet

Statens Luftfartsvæsen (2005): Retningslinier for afmærkning af vindmøller. Transport- og Energiministeriet

## VVM-redegørelser:

(Alle med visualiseringer og landskabsvurderinger gennemført af Birk Nielsen)

Havvindmøllepark ved Samsø – Fase 1 – Landskabelig og visuel vurdering  
Samsø Energiselskab, 1999

Horns Rev havmøllepark – Landskabelig og visuel vurdering  
Elsam, 2000

Havvindmøllepark ved Samsø - Landskabelig og visuel vurdering  
Samsø Energiselskab, 2001

Havmøllepark Læsø Syd – Landskabelig og visuel vurdering  
Elsam, 2001

Horns Rev 2 – Landskabelig og visuel vurdering  
Elsam, 2004

## Øvrige:

EMD (Energi- og Miljødata)

DMI (Danmarks Meteorologiske Institut)

Forskningscenter Risø

Skov- og Naturstyrelsen

Siemens Wind Power

Århus Havn

<http://www.offshorewindenergy.org/>



