

Miljøvennlig produksjon av energi er blitt langt viktigere i senere år, og vindmøller er en slik potensiell produksjonsmåte. Foreløpig plasseres de fleste vindmøller på land, men i løpet av de siste årene er det blitt vanligere å lokalisere vindmøller også i sjøområder. Vindmøller er allerede utplassert på havbunnen utenfor Danmark, Sverige og Tyskland, og i Norge foreligger det nå konkrete utbyggingsplaner for store vindmølleparker utenfor kysten av Møre og Romsdal. Selv om slike vindkraftanlegg representerer en mer miljøvennlig produksjonsform for energi enn for eksempel gasskraftverk og kjernekraftverk, er det samtidig viktig å være klar over at også vindmøller kan ha effekter på det marine miljø. Vindmøller forankret på sjøbunnen vil beslaglegge areal og påvirke strømforhold samt produsere støy og elektromagnetisk stråling som vil kunne innvirke på de marine økosystemer og ressursutnyttelsen av disse.

Figur 1.10.1

Vindmøller ved Horns Rev utenfor vestkysten av Danmark.

Kilde: <http://www.hornsrev.dk/>.

Offshore wind farm at Horns Rev off the Danish west coast. Source: <http://www.hornsrev.dk/>.



Henning Steen

henning.steen@imr.no

Kjell Tormod Nilssen

kjell.tormod.nilssen@imr.no

Ann-Lisbeth Agnalt

ann-lisbeth.agnalt@imr.no

John Alvsvåg

john.alvsvaag@imr.no

Lars Asplin

lars.asplin@imr.no

John Dalen

john.dalen@imr.no

Anders Jelmert

anders.jelmert@imr.no

Vindmølleanlegg til havs oppføres hovedsakelig i kystnære gruntvannsområder som ofte huser høyproduktive, artsrike samfunn, og som vil være sårbare overfor miljøforstyrrelser. De planlagte vindmølleparkene i kystområdene utenfor Møre og Romsdal vil bli verdens største marine anlegg og legge beslag på betydelige gruntvannsarealer. Vindmølleparkenes influensområde omfatter selve anleggsområdet og en sone rundt, hvor man kan forvente indirekte effekter. I utbyggingsfasen vil miljøet kunne påvirkes av forstyrrelser fra

selve anleggsarbeidene (graving, sprengning, fundamentering, montering, kabling, etc.) og anleggstrafikken. I driftsfasen vil miljøpåvirkningene kunne være i form av fysiske, akustiske, visuelle, og elektromagnetiske forstyrrelser fra mølletårn, transformatorer og kabler. Effektene av slike vindmølleanlegg på marine organismer er uforutsigbare, og vil kunne variere fra tiltrekkende (for eksempel ved at møllefundamentene virker som kunstige revstrukturer) til direkte avskrekkende (for eksempel gjennom akustisk og visuell støypåvirkning av fisk og marine pattedyr).

Fysiske forhold knyttet til vindmølleparker i sjø

Påvirkning av strømforhold

Med dagens teknologi kan vindmøller til havs både monteres på hardbunn der fundamentene blir festet til fjellet, og på bløtbunn der pilarene blir satt flere meter ned i sedimentene. Avhengig av fundamentets størrelse vil vannstrømmen påvirkes i ulik grad. Dersom fundamentet er relativt beskjedent, noen meter i diameter, og vindmøllene står langt fra hverandre (over 100 m), får det sannsynligvis ingen effekt på strømmen. Om fundamentene fortsatt er relativt små, men er plassert tett, kan de virke som en rist på det gjennomstrømmende vannet, og det kan dannes virvler

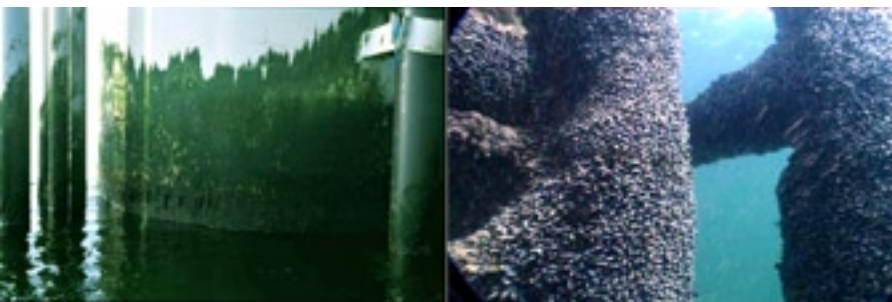
Figur 1.10.2

Fra utbyggingen av Horns Rev vindmøllepark utenfor vestkysten av Danmark i 2002.

Kilde: <http://www.hornsrev.dk/>.

Construction of windmills at Horns Rev, off the Danish west coast. Source: <http://www.hornsrev.dk/>.





Figur 1.10.3

Påslag av grønnalger (til venstre) og blåskjell (til høyre) på vindmøllefundamenter ved Horns Rev vindpark, utenfor Danmarks vestkyst, omtrent et år etter at møllefundamentene ble utplassert. Kilde: <http://www.hornsrev.dk>.

Fouling communities (green algae in left picture, and blue mussels in right picture) on windmill fundaments at Horns Rev, off the Danish west coast, approximately one year after construction.

Source: <http://www.hornsrev.dk/>.

nedstrøms. Dette fører til mer blanding av vannmassene. Hvis fundamentene er massive konstruksjoner kan dette hindre vannstrømmen fullstendig, og det kan oppstå en bakevje nedstrøms. Forøvrig viser undersøkelser fra danske farvann at strømforholdene endres lite (<10–15%) for et gitter med 72 vindmøller med ca. 5 m i diameter og 480 m mellom hver mølle.

Endringer i habitat

Under selve anleggsfasen vil de direkte fysiske påvirkningene på bunnen ta livet av en del organismer, men det påvirkede arealet vil være svært lite sammenlignet med ikke-påvirket areal i området. Mobile organismer vil kunne rømme bort fra området under selve anleggsfasen, og reetablere seg når denne perioden er over. Installasjoner på bunnen vil over tid bli tilgrodd med marine organismer. Hastigheten for tilgroing er avhengig av hvilke materiale pilarene/plattformene er laget i, og om det er behandlet med eventuelle antigroemiddel. Ved montering på bløt bunn vil konstruksjonen bli kolonisert med typiske solitære (enkeltlevende) hardbunnsorganismer som normalt trives i de aktuelle dypene. På denne måten vil det bli tilført dyregrupper som ikke naturlig finnes i nærområdet. Undersøkelser gjort utenfor vestkysten av Danmark har vist at vindmøllefundamentene vil kunne virke som kunstige rev, og øke arts mangfoldet og produktiviteten i et område.

Effekter på fisk

Vindmøller til havs vil kunne påvirke fisk på flere måter, blant annet som fysisk konstruksjon, lysrefleksjon, og ved produksjon av støy og elektromagnetiske felt. Stasjonære og vandrende fisk vil sannsynligvis påvirkes i ulik grad, og effektene vil varieres i løpet av vindmølleparkenes anleggs- og driftsfasen.



Foto: Jan K. Wintler

Figur 1.10.4

Eksempler på rotordiameter og navhøyde for vindmøller til havs.

Kilde: www.nystedhavmoellepark.dk.

Examples of rotor diameter and hub height in offshore windmills.

Source: www.nystedhavmoellepark.dk.

Effekter av fysisk konstruksjon

Effekter av vindmøller som fysisk konstruksjon på fisk kan være både positive og negative. Negative effekter kan være at strukturene i seg selv virker avskrekkende på fisk, som f.eks. kan skremmes bort fra tradisjonelle vandringsruter og gytefelt. Positive effekter vil henge sammen med såkalte FAD-effekter ("fish aggregating device"), der møllestrukturene fungerer som en type kunstige rev som øker lokalitetens tredimensjonalitet og hardbunnsareal, og dermed habitatverdien for fisk. Økte forekomster av fisk i tilknytning til vindmøllefundamenter er observert i Kalmarsundet på den svenske Østersjøkysten og i vindparken ved Horns Rev utenfor vestkysten av Danmark.

Lys

Vindmølleårnene vil påvirke lyset gjennom skyggekast og refleksblink fra mølletårn og rotorbladene. Frekvensen av refleksblink vil avhenge av vindstyrke, og intensiteten på blinkene vil avhenge av navhøyde samt rotorbladenes diameter og refleksjonsegenskaper. Mange fiskeslag reagerer kraftig på visuelle stimuli, bl.a. med fluktreaksjoner, og det er derfor ikke usannsynlig at refleksblink fra vindmøller vil kunne ha en skremmeeffekt på fisk. Responser hos fisk på et endret og mer urolig lysbilde, vil blant annet avhenge av fiskens tilvenningsevne for slike stimuli. Mye av lyset som reflekteres fra vindmøllene vil igjen reflekteres fra havoverflaten, mens den resterende del av lyset (som trenger ned i vannmassene) raskt avtar med avstand og dyp, og eventuelle effekter på fisk vil derfor i overveiende grad være lokale.

Støy

Lydenegiproduksjonen fra en vindmølle vil avhenge av vindstyrke og rotorens hastighet. Vindmøllenes rotor og turbiner vil produsere mekanisk energi i form av vibrasjoner som ledes ned gjennom vindmøllestølen til fundamentet og forplanter seg i grunnen og til vannmassene. Vibrasjonene som avsettes i bunnen, kan forplante seg over store distanser, og støy er ventelig den effekten av marine vindmøller som i størst grad vil kunne påvirke fisk, som i enkelte tilfeller kan detektere lyd generert av vindmøller i avstander på opptil 25 km. Utredninger gjort i forbindelse med marine vindmølleprosjekter sier imidlertid lite om lyd og betydningen den kan ha for viktige prosesser i fiskens livssyklus, og kunnskapen er begrenset til et fåtalls arter og utviklingsstadier. Støy vil kunne utløse fluktreaksjoner hos fisk, og et endret lydbilde (spesielt i det lavfrekvente området) vil kunne påvirke fiskens evne til navigasjon og kommunikasjon (for eksempel under gyting). Redusert navigasjonsevne kan ha spesielt negativ betydning for vandrende fiskearter til og gjennom de omsøkte områdene. Her må spesielt nevnes sild, hyse, sei og torsk på vandring mot de kjente gytefelt på Møre. Disse artene er ikke bare viktige for kystøkosystemet, men er også nøkkelarter i de store oseaniske økosystemer, og påvirkning av disse vil kunne ha store økologiske og økonomiske konsekvenser.

Elektromagnetisk stråling

Magnetfelt produsert av vindturbiner til havs, kabler og transformator, vil være svakere enn den geomagnetiske feltstyr-

ken i avstander på mer enn 1 m fra disse kildene. Det er forsket lite på hvordan fisk påvirkes av magnetfelt, og det er derfor usikkert i hvilken grad fisk påvirkes av feltstyrker av denne størrelsesorden.

Teorier går ut på at fisk, spesielt bruskfisk som besitter elektroreseptive sanseorganer, er istand til å navigere ved hjelp av geomagnetiske felt, og at denne navigasjonsevnen muligens vil kunne forstyrres av magnetfeltet i nærheten av vindmøleinstallasjonene.

Effekter på marine pattedyr

I Norge inneholder grunnvannsområder ofte holmer og skjær som kan være habitat for kystselartene steinkobbe og havert. I tillegg er nise en vanlig art i slike kystnære farvann. Det er åpenbart at opprettelse av vindmøleparker vil kunne komme i arealkonflikt med habitater for kystsel og nise. Ved utbygging av vindmøleparker innenfor kystselhabitater vil den mest sårbare tiden for selene være kaste- (fødsel) og dieperiode. I hårfellingsperiodene ligger kystselene mye på land, men er ikke like sårbare for forstyrrelser som i kastetiden, fordi de er mer fleksible mht. valg av liggeplasser.

Det er anleggsfasen som vil gi høyest grad av forstyrrelser i forhold til sjøpattedyr, både i form av økt trafikk og støy både over og under vann. Valg av teknisk metode for fundamentering av vindmøllene vil avgjøre støynivået i denne fasen. Bruk av eksplosiver under vann i en anleggsfase vil kunne være spesielt skadelig for sjøpattedyr. Den mer langvarige driftsfasen gir mindre støy, men vil ventelig medføre mer trafikk i forbindelse med vedlikehold enn uten vindmøller. Det er lite sannsynlig at undervannslid fra vindmøller i drift vil være skadelig for sjøpattedyr, men om lyden kan føre til endring i atferd som er av betydning for dyrenes habitatutnyttelse, er ukjent. Effekter av støy og bevegelse fra vindmøller på sel som ligger på land er mindre kjent. Svenske undersøkelser viste imidlertid at havert på en etablert liggeplass ca. 1,5 km fra Näsrevet vindpark ved Gotland, så ut til å bry seg lite om vindmøleparken. Det kan tenkes at både kystsel og nise vil venne seg til vindmøleparker, slik at effektene for dyrene blir relativt små, men det må understrekes at det foreligger begrenset kunnskap om dette.

Effekter på biologisk mangfold

Effekter av vindmøller på biologisk mangfold vil være avhengig av strøm og bunnforhold på lokaliteten det bygges ut i, og variere mellom vindmølleanleggenes etablerings-, drifts-, og avviklingsfaser. Ideelt sett vil en avvikling av vindmølleparkene (forutsatt at alle installasjoner fjernes) føre til en reversering av miljøtilstanden

hvis dette er ønskelig, men erfaringene på dette området er mangelfulle, av den enkle grunn at få vindmøleparker til havs til nå er avviklet.

Mobile og fastvoksende organismer vil trolig påvirkes i ulik grad av vindmøller montert på sjøbunnen. Uro og støy i utbyggingsfasen vil for eksempel kunne føre til at fisk vandrer bort fra anleggsområdet. Erfaringer gjort i forbindelse med etableringen av vindmøleparker til havs på vestkysten av Danmark (Horns rev), viste imidlertid en hurtig rekolonisering av fisk etter at anleggsaktiviteten opphørte. Vindmøllefundamentene vil over tid bli tilgrodd med marine hardbunnsorganismer, som for eksempel skalldyr og makroalger. Den generelle erfaringen er at begroing vil skje relativt raskt, men at begroingssammfunnets artssammensetning vil endre seg over tid. Undersøkelser gjort utenfor vestkysten av Danmark har vist at vindmøllefundamentene vil kunne øke artsmangfoldet og produktiviteten i et område. Undersøkelsene ble gjort omtrent et år etter den siste møllen ble utplassert, og viste en mangedobling av biomassen i forhold til omkringliggende områder. En del skalldyrarter som taskekrabbe (*Cancer pagurus*) og fisk ble også tiltrukket vindmøllefundamentene.

Vindmøllene ble imidlertid plassert på et bløtbunnsområde, og representerer dermed en tilføring av hardbunnssubstrat, slik at den relative effekten sannsynligvis vil være større enn hvis vindmøllene monteres på eksisterende hardbunn, som vil være mest aktuelt for tilsvarende prosjekter langs norskekysten.

Det er med andre ord ingen tvil om at denne type installasjoner kan gi økt produksjon av flora og fauna i et gitt område. Kreativ utforming av vindmøllens base kan også gi skjul til kommersielt viktige bunndyr som for eksempel europeisk hummer (*Homarus gammarus*). Uansett, vindmøller montert på sjøbunn vil kunne påvirke miljøforholdene og gi endret artssammensetning, og miljøkonsekvensene av slike utbygginger bør alltid utredes og overvåkes nøye for hver enkelt lokalitet.

Konsekvenser for fiskeri-, tare- og havbruksnæring

Potensielle effekter av vindmøller i sjøen på naturlige fiskebestander, for eksempel gytevandring av sild, hyse, sei og torsk langs Mørekynten, vil selvsagt også påvirke fiskeriene i influensområdet. Etablering av vindmøleparker vil generelt medføre en innskrenkning i allmennhetens muligheter til å drive fiske og kunne berøre allerede etablerte driftsformer innen havbruk, som oppdrett av laks og torsk samt havbeite av

stort kamskjell (*Pecten maximus*) og europeisk hummer (*Homarus gammarus*). Ved tildeling av konsesjon for å utvikle vindkraft er det viktig å ta hensyn til allerede eksisterende driftsformer for å begrense konfliktflaten i størst mulig grad.

Gruntvannsområdene på nordvestlandet er et kjerneområde for utbredelse av stortare på verdensbasis, og det viktigste høsteområdet for tareneringen i Norge. Rundt halvparten av taremengden som årlig høstes i Norge, hentes fra kystområdene utenfor Møre og Romsdal, og det er nettopp i disse områdene de planlagte vindmølleparkene er foreslått lokalisert. Foreløpige beregninger fra tareneringen viser at de planlagte vindmølleanleggene utenfor Mørekynten vil kunne legge beslag på et grunnvannsareal som bærer rundt 60 000 tonn høstbar stortare.

Konsekvensene av vindmølleutbyggingen for tareneringen vil avhenge av om hvorvidt, og i hvilken grad, høsteaktiviteten vil kunne opprettholdes inne i vindmølleparkene. I tillegg til selve mølletårnene, vil kabelnettet (mellom turbinene og mottaksstasjonene på land) representere potensielle stengsler for taretrålingen. Konfliktnivået vil i stor grad avhenge av bredden på sikringssoner rundt kablene, trasévalg, og i hvilken grad det er mulig å samordne kabeltraséene.

Offshore wind farms and their potential effects on marine ecosystems

Environmentally friendly production of energy has become increasingly important in recent times, and modern windmills are a frequently used alternative. The majority of windmills are still located on shore, but more recently it has become common practise to also place such installations in sea areas. Offshore windmills are commonly anchored to the seafloor in shallow water areas, and several wind farms are already up and running off the coasts of Denmark, Sweden and Germany. In Norway, a proposal for three large wind farms off the coast of Møre and Romsdal has been forwarded. Aside from the environmental-friendly aspect of wind-produced energy, it is necessary to fully comprehend, and closely monitor, the effects offshore wind farms may leave on marine ecosystems. Windmills anchored to the seafloor will occupy space, and during drift produce noise and electromagnetic radiation that may affect marine communities, their diversity, productivity and potential for human exploitation.