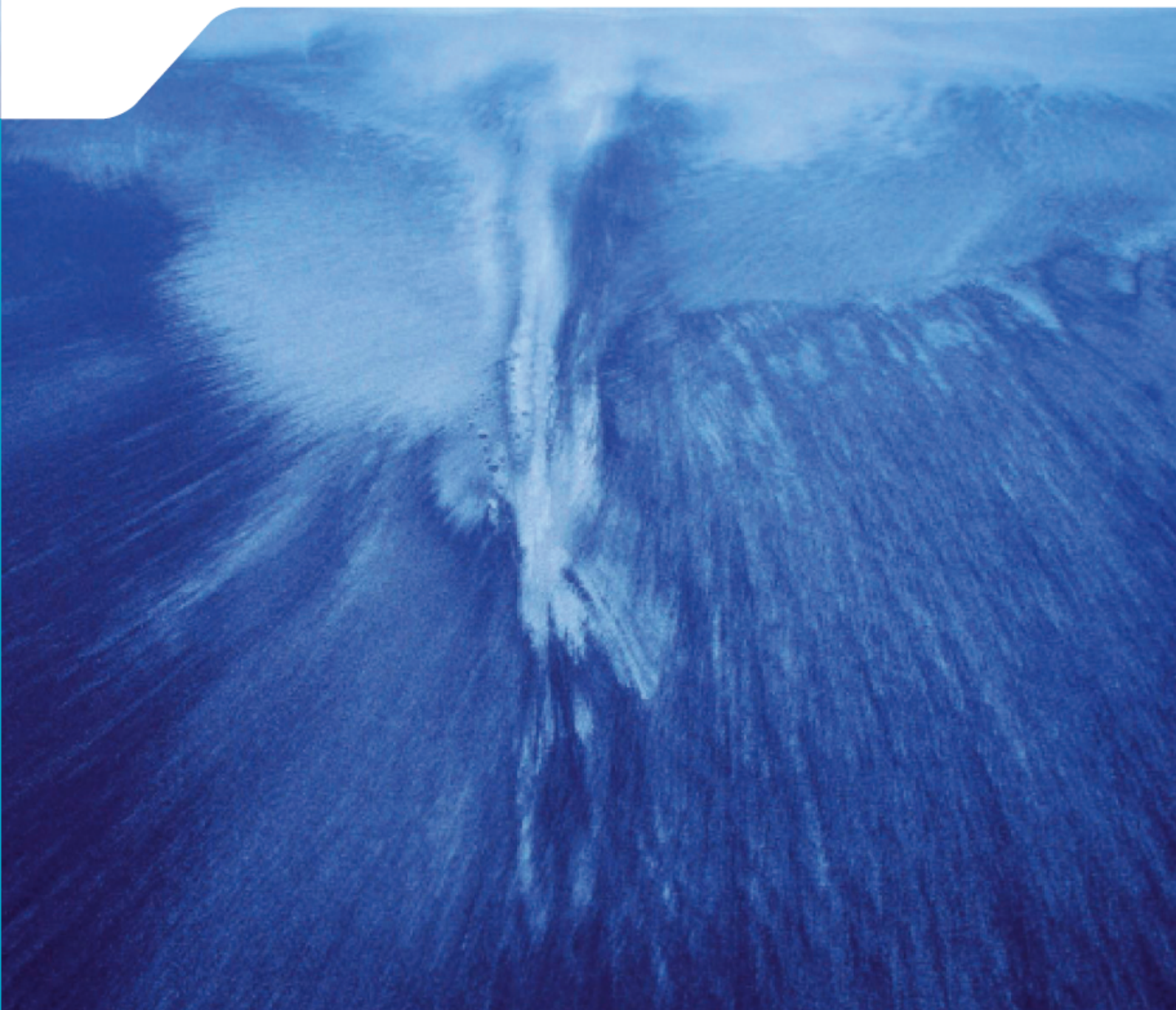


Vindkraft til havs

Teknologi- og industriutvikling fra
et norsk bedriftsperspektiv

Av Gard Hopsdal Hansen og Markus Steen



FME CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies) er et virtuelt forskningssenter som legger vekt på studier og beslutningstøtte som fremmer et nytt bærekraftig energisystem. CenSES integrerer innsikt fra energiøkonomi, energisystemanalyse, statsvitenskap, sosiologi, innovasjonsstudier, teknologi- og vitenskapsstudier.

CenSES er et samarbeid mellom Institutt for Energiteknikk (IFE), Norges handelshøyskole (NHH), Samfunns- og næringslivsforskning (SNF), SINTEF, Høgskolen i Sogn og Fjordane (HiSF)/Vestlandsforskning, Universitetet i Oslo (UiO) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), der sistnevnte har prosjektansvaret.

www.censes.no

VINDKRAFT TIL HAVS

Teknologi- og industriutvikling fra et norsk bedriftsperspektiv

CenSES-rapport 1/2011, 31. august, 2011

Gard Hopsdal Hansen & Markus Steen



OM FORFATTERNE

Gard Hopsdal Hansen er post.doc ved Institutt for tverrfaglige kulturstudier (NTNU). Han jobber primært med problemstillinger knyttet til kommersialisering av ny fornybar energi. Tidligere har han jobbet mye i Kina og særlig med fokus på møtet mellom norske/internasjonale og kinesiske aktører i sjømatnæringen og skipsbyggingsindustrien. Kontakt: gard.hansen@ntnu.no

Markus Steen er stipendiat ved Geografisk institutt (NTNU). Han jobber med problemstillinger knyttet til utviklings- og endringsprosesser i industrier og regioner, med et særlig fokus på offshore vindkraft. Tidligere har han forsket på petroleumsindustrien i et regionalt utviklingsperspektiv, samt regionale og lokale omstillingsprosesser. Kontakt: markus.steen@svt.ntnu.no

DATAGRUNNLAG

- Y 47 dybdeintervjuer (gjennomsnittlig varighet på ca 70 minutter) med norske bedriftsledere og andre aktører som er involvert i utvikling av teknologi og løsninger for vindkraft til havs. Dybdeintervjuene inkluderer 11 intervjuer i bedrifter som primært fokuserer på offshore vind (disse er i teksten markert som Havvindbedrift A, B etc.), 21 intervjuer i bedrifter som i sterkt varierende grad har offshore vind som et av flere satsingsområder (disse er markert som Energi/offshorebedrift A, B etc. i teksten) og 12 intervjuer med andre aktører som på en eller annen måte spiller en rolle i forhold til teknologisk eller industriell utvikling av offshore vind (for eksempel finansaktører og forskere). De utvalgte bedriftene dekker hele verdikjeden i offshore vindkraft. Intervjuene er utført i tidsrommet mars 2010 til august 2011.
- Y Internettbasert survey som ble sendt til 325 bedrifter med utgangspunkt i medlemslistene til Arena NOW, Windcluster Mid-Norway, Norwea og Navitas Network. Undersøkelsen ble besvart av 147 bedrifter (45 prosent), hvorav 94 oppgir å ha offshore vindkraft som satsningsfelt. Disse 94 bedriftene utgjør kjernen i det kvantitative datagrunnlaget for denne rapporten.
- Y Deltakelse på en rekke industriseminarer, møter og konferanser i 2010-2011– blant annet Nerec 2010, Offshore Wind China 2010, Intpow 2011, Pareto 2011, Nowitech 2010/2011, Wind Cluster Mid-Norway 2010/2011.
- Y Omfattende dokumentstudier (forskningsrapporter, offentlige dokumenter, bransjerapporter, medieoppslag etc.).

Vindkraft til havs

teknologi- og industriutvikling fra et norsk bedriftsperspektiv

Vindkraft til havs er i ferd med å bli en betydelig energi- og industrisatsning i Europa. I denne rapporten sammenfatter vi noen sentrale funn i vår pågående forskning på industri- og teknologiutvikling knyttet til havvind i Norge. Rapporten skrives fra et aktørperspektiv. Det vil si at vi i stor grad videreformidler virkeligheten slik bedriftene i bransjen ser den. Ettersom Norge ikke har et hjemmemarked for vindkraft til havs, fokuserer vi her hovedsaklig på de mulighetene og utfordringene bedriftene ser i forhold til deltagelse i det voksende markedet for offshore vind i Nord-Europa.

Rapporten er strukturert som følger: Først presenterer vi hovedtrekk ved utviklingen av havvindsektoren internasjonalt. Dernest presenterer vi norsk industriaktivitet knyttet til havvind og ulike bedrifters perspektiv på teknologi, marked, industrialisering, FoU og politikk. Avslutningsvis diskuterer vi kort behovet for et bedre sammenkoplett innovasjonssystem for vindkraft til havs.

Offshore vindkraft – en ny bransje i sterk vekst

Det er 20 år siden de første vindturbinene ble installert på grunt vann i Danmark. Vindkraft til havs er i rask vekst, men samtidig en relativt umoden bransje (EWEA 2009, Volden m.fl. 2009, Oterhals m.fl. 2010). Ved inngangen til år 2000 fantes det 58 turbiner i europeisk farvann med en samlet installert kapasitet på litt over 30 MW. Ingen turbiner var satt opp på større dyp enn åtte meter. Ved utgangen av 2010 var

Europas samlede installerte kapasitet på nærmere 3000 MW fordelt på 1136 turbiner.

Foruten Hywind, Norges eneste offshore vindturbin, som flyter 220 meter over havbunnen, er ingen turbiner per i dag installert på dypere vann enn 45 meter. Utviklingen i havvindsektoren er på mange måter typisk for en industri som baseres på en naturressurs i den forstand at de lettest tilgjengelige eller minst kontroversielle ressursene utnyttes først (jf. Sæther m.fl. 2011). De første havvindparkene ble anlagt på grunt vann, nær land. Tendensen er at nye havvindparker blir bygget på dypere vann og lengre fra land. Ifølge EWEA (2011b) hadde havvindparkene som ble installert i 2010 en gjennomsnittlig kapasitet på 155 MW, mot 72 MW i 2009. I samme tidsrom gikk gjennomsnittlig dybde fra om lag 12 meter til litt over 17 meter og avstanden til land økte med over 12 km til drøyt 27 km. Mens turbiner på 2-3 MW har dominert vindkraftindustrien på land de siste årene, blir det nå utviklet spesialdesignede turbiner for vindkraft til havs i størrelsesorden 5-10 MW. I dag er over 5 000 MW under konstruksjon i Europa, det er gitt konsesjon til ytterligere 18 000 MW og godt over 100 000 MW offshore vind er planlagt (se tabell 1)¹.

¹ Selv om tabellen kun inkluderer land med energiproduksjon fra havvind per i dag, inneholder totalsummen for 'under konstruksjon', 'konsesjon' og 'planlagt' også andre europeiske land.

Tabell 1 Offshore vind i dag og i framtiden (kilde: EWEA 2011 b)

	På nett (MW)	Under konstruksjon (MW)	Konsesjon (MW)	Planlagt (MW)
UK	1 341	3 590	1 244	47 686
Danmark	854	0	418	1 000
Nederland	247	0	2 719	2 720
Belgia	195	460	750	360
Sverige	164	0	995	10 445
Tyskland	72	938	8 323	16 727
Finland	26	0	400	5 024
Irland	25	0	1 600	2 155
Norge	2	0	350	10 962
Europa totalt	2 926	5 177	17 960	116 519

Til tross for ambisjonene om storstilt utbygging av havvind knytter det seg betydelig usikkerhet til hvilke aktører, organisasjonsformer, rammebetingelser, teknologier og løsninger som kommer til å prege framtiden. Vindkraft til havs utfordres av et behov for vesentlige kostnadsreduksjoner, samtidig som investeringer i strømmettet både til havs og på land må trappes kraftig opp (BVG 2009, EWEA 2009, Volden m.fl. 2009, Oterhals m.fl. 2010).

«Dette er en ny industri. Den er særdeles spennende, men ingen har en fasit på hvordan dette skal gjøres. Teknologisk, kontraktuelt, kommersielt også videre, driver man fortsatt og famler litt. Per i dag vet vi ikke engang hvem våre framtidige kunder kommer til å være.» Leder, Havvindbedrift A (2010)

«Problemet er at denne industrien ikke er etablert i det hele tatt. Verken myndighetskrav eller regelverk er på plass. Det er så mye uforutsigbarhet at det ikke er til å tro.» Leder, Energi/offshorebedrift A (2011)

Med unntak av Havsul I (350 MW) på Mørkysten – som har konsesjon, men mangler økonomiske rammebetingelser – er det ingen konkrete planer om utbygging av offshore vind i Norge. Mange norske

bedrifter posisjonerer seg likevel mot det som kan bli et betydelig marked for videreføring av norsk offshorekompetanse og kapasitet. Dette henger sammen med at europeiske utbyggere av havvind i større grad etterspør offshorekompetanse når prosjektene blir mer komplekse og havvindparkene bygges lengre fra land og på dypere vann. Samtidig handler det om at petroleumsvirksomheten på norsk sokkel er moden, og aktører i deler av petroleumsindustrien ser behov for flere bein å stå på når en økende andel av de nye oljeinstallasjonene i Nordsjøen baserer seg på standardiserte, modulbaserte subsea-løsninger. En internasjonal turbinprodusent med avdeling i Norge opplever å få:

«...utrolig mange henvendelser fra norske industribedrifter som leter etter en post-oil aktivitet (...) og hva som skal til for å komme inn i vindindustrien. Entusiasmen for vind er større enn erfaringen fra vind.» Leder, Energi/offshorebedrift E (2011)

Norske bedrifter og vindkraft til havs

Norske bedrifter som deltar eller utforsker muligheter mot offshore vind kan grovt deles inn i to kategorier:

1) Bedrifter som har vindkraft til havs som et supplement til sin eksisterende virksomhet.

2) Bedrifter som har vindkraft til havs som sin hovedsatsning.

De fleste norske bedriftene som per i dag er involvert i offshore vind tilhører første kategori. Basert på vår survey hvor 94 bedrifter oppgir at offshore vind er et forretningsområde, rapporterer 70 prosent at de også er involvert i offshore petroleum og annen maritim industri. Flere av disse bedriftene beskriver seg selv som *offshorebedrifter* – hvorvidt aktivitetene retter seg mot petroleum, vind eller annen fornybar energi er av mindre betydning. Disse bedriftene er relativt store (42 prosent har mer enn 100 ansatte) og satsingen på havvind organiseres gjerne i egne datterselskaper eller prosjekter der ansatte i moderbedriften går inn og ut etter behov.

Av bedriftene i surveyen som oppgir både petroleum og vind til havs som sine forretningsområder opplyser igjen 70 prosent at mindre enn en tiendedel av bedriftens arbeidstimer blir brukt på prosjekter og aktiviteter som retter seg mot havvind. Bare 13 prosent av lederne innen denne kategorien oppgir at mer enn en fjerdedel av bedriftens arbeidstimer handler om vindkraft. Det er med andre ord betydelig interesse, men relativt begrensede investeringer av ressurser mot offshore vind. Flertallet av disse bedriftene ser vindkraft til havs som en mulighet for å utnytte eksisterende kompetanse og teknologi i et

nytt marked. Det er likevel en betydelig grad av teknologiutvikling i mange av selskapene i denne kategorien – 49 prosent oppgir at de har utviklet nye løsninger/teknologier for havvind, og 52 prosent hevder at de per i dag har levert produkter eller tjenester til en kommersiell utbygging av vindkraft til havs.

I vår survey oppgir 17 ledere at vindkraft til havs er bedriftens hovedfokus. Disse 17 bedriftene er gjennomgående små – kun én bedrift oppgir å ha mer enn 20 ansatte. Elleve av de 17 bedriftene er etablert av uavhengige gründere, 15 ble etablert for mindre enn fem år siden, og 11 er lokalisert på Vestlandet.

Mens aktørene i første kategori i større grad utvikler løsninger basert på bedriftens eksisterende produkter, kompetanse og teknologi, er mange av aktørene i andre kategori involvert i mer offensiv teknologiutvikling. Mer enn 80 prosent av bedriftene i kategori to oppgir at de har utviklet nye løsninger/teknologier for vindkraft til havs, men bare 41 prosent av disse bedriftene har per i dag levert produkter eller tjenester til havvindmarkedet.

Tabellene på de to neste sidene illustrerer hvilke produkter og tjenester norske bedrifter tar sikte på å levere til havvindsektoren. Tabell 2 inkluderer 41 bedrifter som per i dag har gjort leveranser til havvindsektoren. Tabell 3 inkluderer 44 bedrifter som satser, men som foreløpig ikke hatt kommersielle leveranser til sektoren. Hver rad i figurene representerer en enkelt bedrift, og kolonnen til venstre viser hvorvidt bedriften har vindkraft til havs som sitt hovedfokus, eller som et supplement til andre aktiviteter.

Tabell 2: Produkter og tjenester fra norske bedrifters som har levert til offshore vind

[illegible]

Tabell 3: Norske bedrifter med fokus, men foreløpig ingen leveranser til offshore vind

[illegible]

Som det framkommer av figur 2 og 3 er mange norske bedrifter involvert i design og teknologiutvikling, og i stor grad i forbindelse med oppgaver nær eller under havflaten. Kompetanse fra offshore olje og gass er lett synlig i posisjonene norske bedrifter tar eller sikter på i verdikjeden. Blant bedriftene som per i dag har levert til et kommersielt havvindprosjekt er det også mange som sorterer under rådgivning/analyse. Dette henger blant annet sammen med konsekvens-utredningsarbeid på store prosjekt som Doggerbank.

Gjennomgående mener norske ledere i havvindsektoren at kunnskap, erfaring og relasjoner fra offshore petroleum og maritim virksomhet gir grunnlag for betydelige komparative fordeler i det europeiske markedet for havvind – selv om noen av de norske bedriftslederne understreker at enkelte utbyggere ennå ikke helt har forstått nytten av slik kompetanse. Selv om de dedikerte havvindbedriftene i liten eller ingen grad har pågående aktivitet mot olje- og gassektoren, er likevel offshorekompetanse fra petroleumsindustrien høyst tilstedeværende ettersom ledere og annet nøkkelpersonell har bakgrunn fra sektoren.

Ledere i både mer og mindre dedikerte havvindbedrifter oppgir spennende teknologi og forretningsutvikling som personlige grunner til at de ønsker å jobbe med havvind. Klima og miljøspørsmål er viktig for mange, men i vesentlig sterkere grad for de som jobber i de dedikerte bedriftene. En del av våre informanter oppgir også at den modne fasen i petroleumsindustrien byr på få interessante utfordringer.

«Det er klart jeg hadde en tryggere jobb i oljebransjen, men det var som å være med på en eneste lang nedtur... Få opp de siste dråpene og skru av lyset før du går. Offshore vind er usikkert

og uforutsigbart, men veldig spennende!» Leder, Havvindbedrift K (2010)

«Klimaspørsmålet er en viktig motivasjon for meg personlig, men det varierer nok veldig for folk. Jeg tror uansett de fleste synes det er hyggelig å jobbe med noe som bringer verden i riktig retning.» Leder, Energi/offshorebedrift M (2011)

Markeder, teknologier og alternativkostnader

Nord-Europa, spesielt Storbritannia og Tyskland, er i en særstilling hva satsning på havvind gjelder (se også tabell 1). De fleste bedriftene vi har vært i kontakt med er spesielt opptatt av Storbritannia og den såkalte 'round 3'. Dersom planene for runde 3 virkelig gjøres, dreier det seg om utbygging av totalt 25GW. I tillegg til Storbritannias store ambisjoner for vindkraft til havs, er geografisk og kulturell nærhet og samarbeidsrelasjoner og gjensidig kjennskap fra petroleumsindustrien i Nordsjøen viktige faktorer som forklarer norske bedrifters oppmerksomhet mot det britiske markedet.

«Det er ingen tvil om at UK runde 3 er det alle sikter mot.» Leder, Havvindbedrift F (2010)

Svært mange norske bedrifter sikter seg inn mot det største lisensområdet, Doggerbank, hvor Statoil og Statkraft er to av fire konsortiepartnere i lisenseier Forewind. En uttalt målsetting for Doggerbank er 9GW installert kapasitet. Med dagens turbinstørrelser betyr det mellom 2500 og 3000 turbiner. Dersom Doggerbank blir fullt utviklet vil det bli verdens fjerde største energiprojekt noensinne. Første investeringsbeslutning for Doggerbank er ventet i slutten av 2014.

Den store oppmerksomheten mot Storbritannias runde 3, som formelt startet i 2008 og ventes ferdigstilt en gang etter 2020, finner vi hos både etablerte og nye bedrifter. Blant noen av bedriftene som har hatt leveranser til kommersielle prosjekter ser vi imidlertid en litt annen holdning. Disse bedriftene, som allerede er i markedet – og har fått noen referanser og erfaringer – mener at alt for mange norske bedrifter er for lite oppmerksomme på de mulighetene som ligger i pågående eller nært forestående prosjekter.

«I Norge er det mye fokus på UK runde 3, men saken er den at det framdeles er masse arbeid som gjenstår i runde 2 og runde 2 ½ – for ikke å nevne Tyskland.» Leder, Energi/offshorebedrift A (2011)

Et problem for en rekke norske havvindbedrifter er at de i mangel av referanser og konkrete erfaringer finner det svært utfordrende å nå fram til utbyggere i utlandet. Dette gjelder særlig de mindre bedriftene. Mens Statoil og mange store eller godt etablerte leverandørselskaper (til offshoreindustri generelt) regner hele Nordsjøen som sin hjemmebane, oppleves tyske og britiske markeder som langt borte for mange av de mindre bedriftene. Det er også små- og mellomstore bedrifter som sterkest etterlyser et hjemmemarked. Dette gjelder spesielt bedriftene i kategori to som satser mer dedikert på utvikling av teknologi og kompetanse for offshore vind.

I tillegg til Storbritannia og Tyskland har også Frankrike, som per i dag ikke har installert turbiner til havs, nylig signalisert en betydelig satsning. Utenfor Europa har offshore vind fått betydelig oppmerksomhet i blant annet Kina, Japan, Korea og USA. Blant annet har kinesiske energimyndigheter annonsert en målsetning om 30 GW vindkraft til havs innen 2020 (Ye 2011). Per i dag er få norske bedrifter

orientert mot disse markedene. Dette henger sammen med at norske leveranser til havvindsektoren i stor grad dreier seg om enten *store komponenter* som det er tidkrevende og kostbart å frakte (for eksempel fundamenter), *installasjonstjenester* som forutsetter fartøy (som det også er kostbart og tidkrevende å flytte langt av gårde) eller *kunnskap og erfaring*, som forutsetter god kommunikasjon og en viss kulturell nærhet. Bedriftene anser det i tillegg som svært utfordrende å få innpass i nye og fjerne markeder på grunn av politiske og organisatoriske forhold. For eksempel blir norsk og annen utenlandsk deltagelse i USA vanskeliggjort blant annet på grunn av 'Jones Act' som forutsetter at fartøy som skal jobbe i USAs farvann skal være bygget, eid og bemannet av amerikanske borgere. Men til tross for skepsisen til de mer fjerne markedene understreker flere av bedriftene at både Øst-Asia og USA er svært interessante markeder på litt sikt – spesielt for flytende vindturbiner.

«Om vi skal gjøre noe i Asia må vi bygge opp en industri i Kina. Vi kan ikke bygge her og frakte digre understell til Østen.» Leder, Energi/offshorebedrift I (2010)

Innovasjon for kostnadsreduksjon

Vindkraft til havs er per i dag en dyr form for energiproduksjon som krever betydelig offentlig støtte. Sammenlignet med vindkraft på land er både kapitalkostnadene (CAPEX) og utgiftene til drift og vedlikehold (OPEX) vesentlig høyere. En prisdrivende faktor de siste årene har dessuten vært at turbinproduksjonen har vært dominert av noen få store produsenter som ikke har klart å fylle de siste årenes stigende etterspørsel etter vindturbiner både på land og til havs. Dette ser imidlertid ut til å rette seg noe opp ettersom mange nye turbinprodusenter er i ferd med å komme på markedet. Bare i løpet av

2010 ble 29 nye offshoreturbiner annonsert av 21 ulike produsenter (EWEA 2011a). For at de utbyggingsprosjektene som per i dag har konsesjon eller er planlagt skal bli bygget ut, er alle leverandører under press for å oppnå kostnadsreduksjoner og innovasjon. Samtidig dreier utbygging av havvind seg om svært store investeringer som skal vare i flere tiår. Nødvendigheten av å minimere risiko gjør dessuten at en rekke av de store utbyggerselskapene har utviklingssamarbeid med flere turbinleverandører, men samtidig er det lite rom for eksperimentelle løsninger.

«Det må være proven technology på Doggerbank! Det verste som kan skje er at vi opplever en massefeil på 2000 turbiner en dagsmarsj fra land. Du kan ikke bare komme med noe som ser kjempefint ut!» Leder, Energi/offshorebedrift J (2010)

Vindkraftindustrien både på land og til havs domineres per i dag av turbiner bestående av tre lange vinger festet til en rotor på toppen av et høyt tårn. Få av våre informanter mener dette designet vil forandre seg nevneverdig i framtiden, men for å oppnå bedre ytelse, høyere pålitelighet og mindre vedlikeholdskrevende løsninger mener de aller fleste at det er rom for store teknologiske forbedringer både under og over havflaten.

Direktedrevne, girløse turbiner blir trukket fram som en mulighet for å redusere vekt og vedlikeholdsbehov. Flere av de store turbinprodusentene (Siemens og GE) og også de mindre norske (SWAY og Blaaster) arbeider nå med å utvikle og teste girløse turbiner for vindkraft til havs. Danske Vestas, på sin side, beholder giret i havvindturbinen de har under utvikling og hevder dette gir bedre ytelse. Blant de norske bedriftene er Chapdrive (hydraulikkbasert løsning) og Anglewind

(girbasert løsning) involvert i nye løsninger som innebærer at en større del av vekten flyttes fra nacellen (turbinhuset) på toppen av tårnet og ned til bakke/havnivå.

Videre er det også forskjellige løsninger for fundamenter og en viss usikkerhet om hva som vil bli løsningene for framtiden. Foreløpig har monopeler vært mest brukt, men på dypere vann er det forventet at gravitasjonsbaserte betongfundamenter og kanskje særlig jackets av stål vil bli foretrukket. Dette er teknologier norske bedrifter kjenner godt fra petroleumssektoren. Flytende vindturbiner er også noe de fleste mener kommer, men hvorvidt dette markedet kommer i en relativt nær eller ganske fjern framtid er stadig et åpent spørsmål. Utviklingen av (det globale) markedet for ny fornybar energi påvirkes av mange faktorer. Jordskjelvet og atomulykken i Japan tidligere i vår, og debatten om ny fornybar energi som har fulgt i kjølvannet (og ikke minst Tysklands beslutning om å avvike kjernekraft innen 2022), illustrerer hvordan enkelthendelser kan få stor betydning for oppslutning og interesse rundt nye teknologier.

Så langt har havvindutbygginger vært preget av skreddersydde løsninger langt på vei basert på teknologi og komponenter fra landbasert vindkraft, entreprenørvirksomhet og petroleumsindustrien (Oterhals m.fl. 2010). Et tema som synes å oppta hele bransjen er behovet for tryggere, raskere og billigere løsninger for installasjon og vedlikeholdsoppgaver til havs. Også på dette området er det flere forskjellige løsninger som testes og promottes. Mange av de tidlige vindparkene ble bygget ved hjelp av fartøy fra konstruksjons- og entreprenørbransjen designet for lettere formål (for eksempel brobygging), mens noen av de senere parkene er utviklet ved hjelp av fartøy designet for olje- og gassindustrien. Problemet med

de lettere fartøyene er at de i liten grad er egnet for oppdrag på dypere vann og de er avhengige av relativt godt vær for å oppnå tilstrekkelig stabilitet. Dette kan gi store forsinkelser. Fartøy fra petroleumsindustrien er derimot større og mer stabile, men til gjengjeld vesentlig dyrere i drift. I framtiden vil havvind i større grad bli konstruert med spesialdesignede fartøy som ikke minst er konstruert for serieoperasjoner. Men også de aktørene som sikter på aktiviteter innen installasjon og logistikk til havs må forholde seg til hvilke fundamentteknologier og totalløsninger utbyggerne tar sikte på for de store utbyggingene som kommer i løpet av det neste tiåret.

«De nye kundene som dukker opp er store energiselskaper som overhodet ikke har erfaring fra offshore eller denne typen utbygginger. Derfor blir vanvittig mange prosjekter et utrolig rot!» leder, Energi/offshorebedrift A (2010)

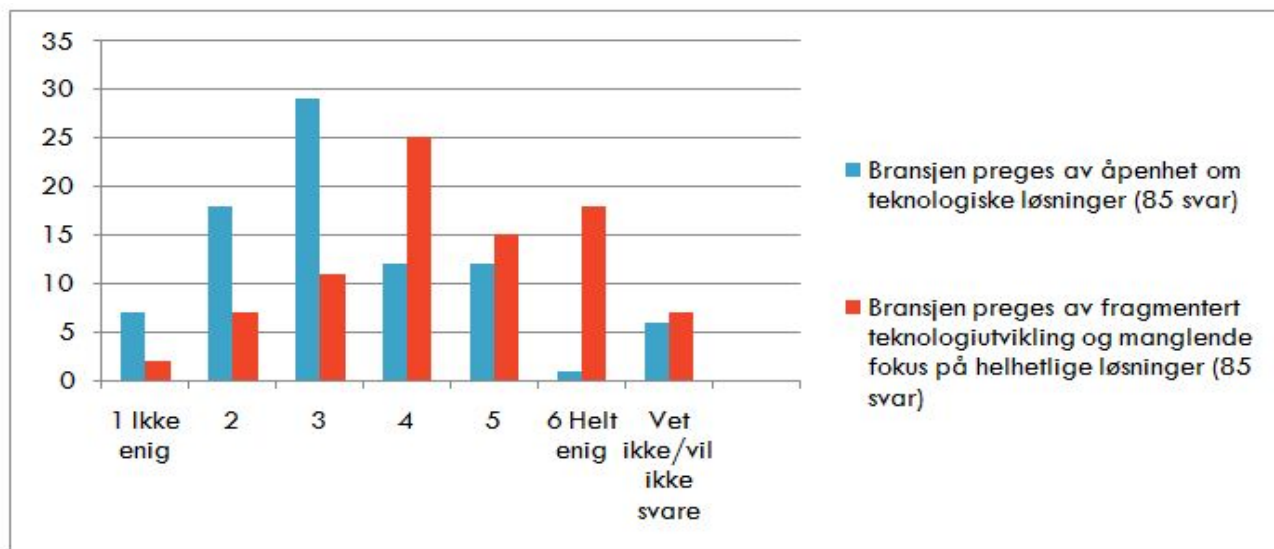
Offshore vindkraft er en bransje som per i dag baserer seg på forskjellige teknologiplattformer. Hvorvidt en investering i en del av verdikjeden blir vellykket eller ikke avhenger langt på vei av de valg og investeringer som er eller blir gjort i andre deler av verdikjeden. For at havvind skal bli konkurransedyktig mot mer etablerte former for energiproduksjon er bedriftene under kraftig press for å finne løsninger som reduserer kostnadene knyttet til produksjon og installering av turbiner og drift. Bransjen er jevnt over samstemt i at

standardisering og serieproduksjon er en viktig nøkkel for å oppnå lønnsomhet, men samtidig kan standardisering bidra til å 'låse' den teknologiske utviklingen for tidlig.

«Vi trenger litt mer samleband i denne industrien – vi kan ikke begynne forfra i hvert eneste prosjekt. Samtidig er det på sett og vis litt farlig å rope etter standardisering i en industri som er i en jomfrufase.» Leder, Havvindbedrift A (2010)

«Denne bransjen må få ned kostnadene, må få store volum, og de vi sikter på med vårt konsept er Runde 3 i UK, og der blir det store kontrakter. Jeg sa tidlig at vi må sikte på 100 enheter i året.» Leder, Havvindbedrift K (2010)

De fleste bedriftslederne mener at graden av fabrikasjon eller fysisk produksjon av komponenter vil være moderat i Norge. Dette henger sammen med høyt kostnadsnivå og avstand til markeder, men også en forventning om at de landene som satser stort over offentlige budsjetter vil ha egen industriutvikling og arbeidsplasser som en del av gevinsten. Samtidig er det flere som påpeker at den store utbyggingen som er planlagt i Storbritannia ikke er mulig uten at norsk havnekapasitet blir tatt i bruk. Det vil i så fall også innebære betydelig aktivitet på land i forbindelse med sammenstilling av store komponenter som fundamenter.



Figur 1: Bedriftslederne om teknologiutvikling

«Det er vel ingen steder i verden som Gud har skapt som er bedre egnet for å lage betongfundamenter enn her...» Leder, Energi/offshorebedrift K (Vestlandet, 2010)

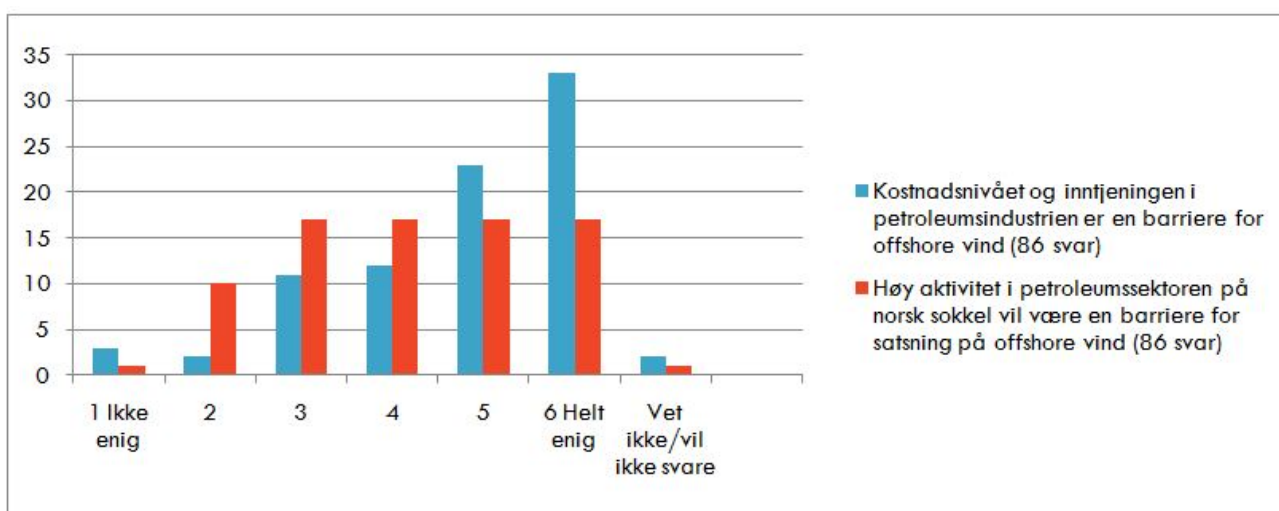
«For å få til noe i Norge må du gjøre minst mulig i Norge!» Direktør, Energi/offshorebedrift A (2010)

Vindkraft til havs har foreløpig i stor grad vært en sammenkobling av kompetanse og komponenter designet for vindkraft på land, og fra offshore petroleum. Med det økende fokuset på offshore vind i det internasjonale markedet er det nå imidlertid en klar tendens til at offshore vind er i ferd med å bli sin egen bransje. I denne nye bransjen møtes vindindustrien på land, petroleumsindustrien og øvrig maritim industri, og som flere av våre informanter påpeker vil det ta noe tid før disse aktørene og teknologiene finner hverandre. Flere av våre informanter har i intervjuer pekt på at vindkraft til havs har vært preget av manglende fokus på helhetlige løsninger. Dette kommer også fram i surveyen (se figur 1). En del av årsaken til dette er, i følge flere norske bedriftsledere, at de store turbinprodusentene i svært liten grad deler tekniske

data med aktører i tilstøtende deler av leverandørnettverket. Dette bidrar til at det blir vanskeligere å optimalisere fundamenter, installasjon og andre komponenter og tjenester som inngår i utbygginger av havvindinstallasjoner.

Om koblinger og utfordringer i forholdet til olje og gass

Foruten leveranser av enkeltstående komponenter og tjenester, handler også offshorekompetanse i stor grad om organisering av komplekse operasjoner i et krevende miljø. Kvalitetssikring, innkjøp og koordinering av leverandører og leveranser, utvikling og tilpasning av teknologi, logistikk og HMS i forbindelse med store operasjoner offshore er kompetanse petroleumsindustrien har bygget opp over tid, og som kan komme til nytte når vindkraft skal bygges i europeiske farvann. Offshorekompetanse, både på komponent- og organisasjonsnivå ser ut til å møte større interesse i markedet nå som vindparkene blir større og bygges ut på større dyp og lengre fra land enn for bare få år siden. For eksempel har havvindprosjektene Beatrice, Alpha Ventus, Nordsee Ost og Doggerbank alle betydelig norsk deltagelse.



Figur 2: Petroleumsindustrien og vindkraft til havs

Teknologisk og operativ kompetanse fra offshore olje og gass blir trukket fram som Norges fremste konkurransefortrinn når industrifolk, forskere og politikere snakker om offshore vind, men i koblingen mot olje og gass ligger også noen betydelige utfordringer (jf. fig. 2). Mens lønnsomheten og utfordringene i petroleumssektoren har tillatt og, for den del, forutsatt unike løsninger, skreddersøm av installasjoner og kontinuerlig teknologiutvikling, er vindkraft til havs avhengig av offentlige subsidier og større grad av standardisering for å bli konkurransedyktig mot andre og mer etablerte former for elektrisitetsproduksjon. Ettersom den norske havvindsektoren per i dag langt på vei drar på de samme ressursene (kapital, arbeidstimer, fartøy etc.) som petroleumssektoren, bidrar de økonomiske forutsetningene til at det kan bli vanskelig for både bedrifter og politikere å opprettholde oppmerksomheten over tid. Store investeringer i framtiden er vanskelig når dagen i dag betaler så veldig mye bedre.

«Det er jo begrensede ressurser innen offshore. Dersom det blir gjort nye store funn, for eksempel utenfor Finnmark, så er det klart at industrien snur seg rett tilbake til olje og gass

igjen (...) Det er så mye bedre betalt – og vi kan det fra før!» Leder, Energi/offshorebedrift I (2010)

«Man kan jo gjøre vind når det ikke er noe annet...» Leder, Energi/offshorebedrift D (2010)

«Du kan jo tenke deg, skal vi velge den veldig rike oljeindustrien eller skal vi velge denne fattige og usikre industrien... Tough choice liksom!» leder, Energi/offshorebedrift J (2010)

At vindkraft til havs blir en egen sektor innebærer at turbiner, fartøy, logistikk-løsninger til lands og til vanns og hele verdikjeder tenkes og designes på nytt, som igjen innebærer et styrket fokus på integrasjonsproblematikk mellom komponenter og løsninger over og under vann. Denne tiltagende spesialiseringen betyr også at det antagelig ikke vil være nok å være god på offshore olje og gass når havvind bygges i framtiden.

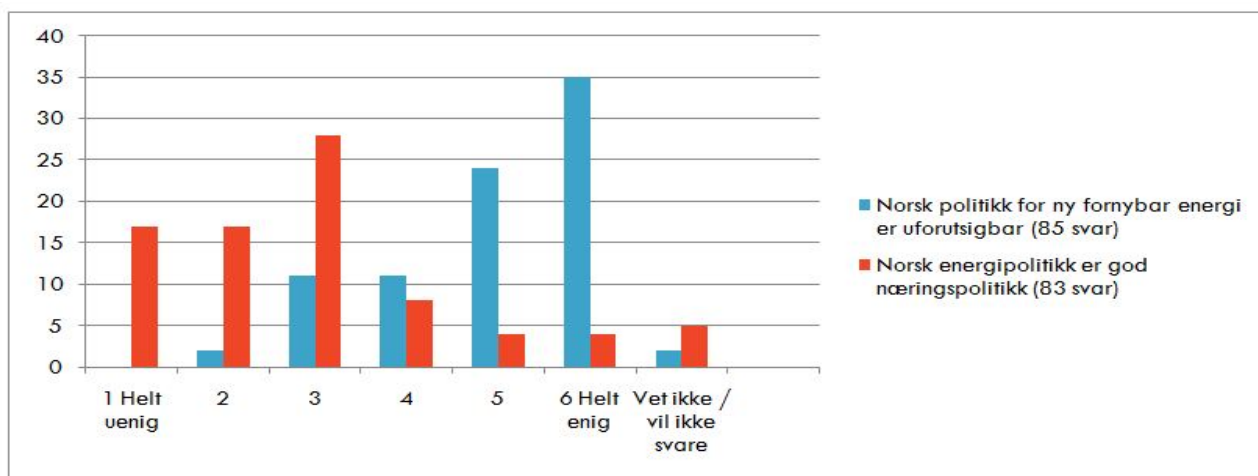
«Offshoreleverandørene trenger et push. De har for mye å gjøre i olje og gass. Men det kan være for sent å konvertere den dagen oljen og gassen har tatt slutt (...) vi har et vindu mellom nå og 2014...» Leder, Havvindbedrift E (2010)

Politikk, FoU og rammevilkår

Med noen svært få unntak er industriaktørene enige om at norsk politikk for industriutvikling relatert til fornybar energi mangler både forutsigbarhet, helhet og visjoner (jf. figur 3). Tolv år og åtte olje- og energiministere har kommet og gått siden forrige energimelding (St.melding nr. 29, 1998-1999), og bare en tredel av energimeldingens målsetning om 3 TWh årlig fra vindkraft (på land) innen 2010 ble realisert. Tidligere olje og energiminister Terje Riis-Johansen annonserte flere ganger i 2009 og 2010 at vindkraft til havs kan bli Norges neste industri og energieventyr, et budskap også næringsminister Trond Giske har fremmet. Men i mars 2011 mente den nye olje- og energiministeren, Ola Borten Moe, at utbygging av offshore vind i Norge er for dyrt.

En rekke forhold spiller inn på kostnadsbildet for vindkraft til havs, og ulike virkemidler kan benyttes for å fremme bransjen. I Norge finnes det per i dag støtteordninger som et stykke på vei kan bidra til utvikling og testing av teknologi for havvind, men det finnes i svært liten grad rammebetingelser som kan bidra til utbygging av havvind hjemme. Dette handler ikke bare om svake eller manglende økonomiske

rammebetingelser, men også om at konsesjonsprosesser og konsekvensutredninger knyttet til havvind i Norge tilsynelatende har stoppet opp. Generelt mener bedriftene at langsiktig produksjonsstøtte i en eller annen form må til for å bygge ut havvind i noen som helst skala på norsk sokkel. Forutsigbarhet er viktig av flere grunner. Med tanke på å etablere vindparker til havs er det avgjørende for utbyggere og investorer å redusere usikkerheten knyttet til det framtidige kostnads- og inntektsbildet. Et annet viktig moment som kan bli glemt i en diskusjon om rammebetingelser er at en betydelig andel av de norske ambisjonene og kompetansen som retter seg mot havvind ikke handler om leveranser av komponenter, men derimot tjenester, som for eksempel installasjon. Mens en leveranse av et fysisk produkt som en girboks eller et understell blir levert og betalt i løpet av konstruksjonsperioden, forutsetter installasjon av turbiner at tjenesteleverandøren disponerer et fartøy eller rigg som i større eller mindre grad er spesialisert og egnet for oppgaven. Et spesialdesignet fartøy for å installere vindturbiner til havs representerer en svært høy investering som først etter lang tid og mange oppdrag vil være nedbetalt.



Figur 3: om norsk politikk for ny fornybar energi

«Når du gjør en investering på mellom halvannen og to milliarder kroner må du ha lengre sikt enn tre år framover. I Tyskland tror jeg det er commitment fra regjeringen på de prosjektene som er i pipeline i dag, men hva som skjer etter 2015 vet vi jo ikke.» Leder, Energi/offshorebedrift D (2010)

Dersom man ser offshore vind som et rent energipolitisk anliggende uten koblinger til industriutvikling og klima, er det åpenbart at teknologien per i dag er for dyr sammenlignet med andre former for elektrisitetsproduksjon – men det gjelder også i Storbritannia og Tyskland og andre land hvor det satses store offentlige midler på å erstatte kull, gass og kjernekraft med vind. Noe av forklaringen på den svake koblingen mellom elektrisitetsproduksjon og teknologiutvikling kan være at den norske elektrisitetsforsyningen langt på vei har vært basert på hyllevareteknologi – som har vært mer enn bra nok for å utnytte vannkraften. Samtidig har petroleumsindustrien, som over de siste fire tiårene har utviklet seg til å bli Norges største og mest kunnskapsintensive næring, på mange måter bidratt til at den energirelaterte innovasjonspolitikken har blitt fastlåst til denne industriens interesser og behov.

Flere av bedriftslederne peker dessuten på at økonomi som fagfelt har fått for stor innflytelse over energipolitikken i Norge. Bedriftslederne, som ofte selv er ingeniører, understreker at teknologisk utvikling ikke er noe som skjer av seg selv, men noe man aktivt må delta i for å henge med i. Mange understreker at politiske beslutningstakere og virkemiddelapparatet i alt for stor grad ansetter og rådfører seg med økonomer, og at dette gir en effekt der både energi-, klima- og industripolitikk handler om å innfri kortsiktige målsetninger basert på kjente faktorer.

«Jeg mener at det er en brutal kunnskapsmangel på hvordan man får fram industriprodukter i både Forskningsrådet, Innovasjon Norge og departementene.» Leder, Havvindbedrift B (2010)

«Jeg har snakket med medlemmer av olje- og energikomiteen og folk i OED mange ganger, men de har lite kompetanse og det er ingen kraft i det de sier.» Leder, Havvindbedrift E (2010)

«Jeg er ikke sosialist, altså, men økonomer... det er jo bare en gjeng med avanserte regneark. De har ingen mulighet å vurdere om det vi tenker på i dag vil virke om seks år. Det er 100 000 ingeniørtimer i mellom!» Leder, Havvindbedrift B (2010)

De bedriftslederne vi har snakket med understreker at offshore vind for Norges del primært handler om industriutvikling og derfor bør sortere som industripolitikk. Det betyr ikke at spørsmålet om norsk energiforsyning, globalt klima og andre energi- og klimapolitiske vurderinger ikke hører hjemme i en diskusjon om offshore vind i Norge, men heller at det er industriutvikling og målsettinger om å levere til det internasjonale markedet som er drivkraften bak de norske bedriftenes satsning på feltet.

«Energipolitisk sett er offshore vind i Norge en fjern opsjon. Men næringspolitisk kan det jo være noe annet. Koblingen mellom energipolitikk og næringspolitikk er ikke spesielt velutviklet...» Leder, Energi/offshorebedrift B (2010)

Bedriftene om FoU-satsningen

Norske myndigheters innsats mot offshore vind har i stor grad rettet seg mot forskning og utvikling (FoU). To av de første åtte Forskningsssentrene for Miljøvennlig Energi (FME) fokuserer på havvind: Nowitech og Norcowe. I tillegg er flere programmer i Forskningsrådet og Innovasjon Norge innrettet mot offshore vind. Norske bedriftsledere har en ambivalent holdning til denne satsningen.

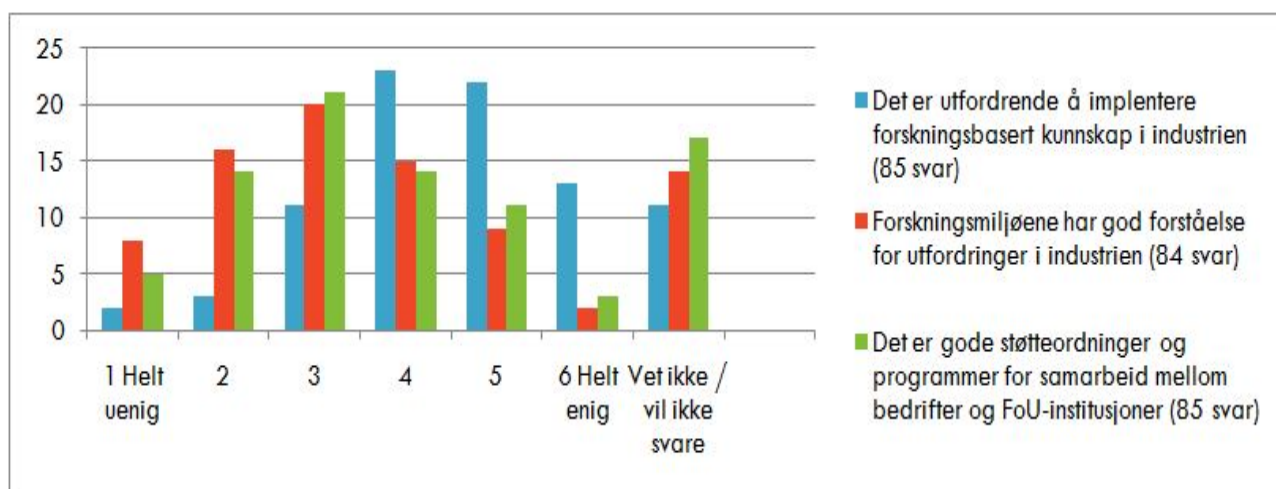
«Det norske politikere har fått i gang er jo forskningssenter, og det er jo flott, men det gir ikke noen substans når det gjelder å gjøre noe der ute.» Leder, Havvindbedrift E (2010)

«Det er bra at forskningsmiljøene jobber for å bli gode på dette, men vi har ikke tid eller ressurser til å sitte i sånne brødløse kommisjoner for å hjelpe dem med å bli gode nok slik at de en gang i framtiden kan bidra til å optimalisere produktene våre.» Leder, Havvindbedrift G (2010)

På den ene siden er de aller fleste positive til at det offentlige bidrar med midler til forskning på offshore vind. Nowitech har en grunnbevilgning fra Forskningsrådet på 160 millioner kroner over åtte år,

mens Norcowe mottar 120 millioner kroner i samme periode. I tillegg kommer midler fra industrien og forskningsinstitusjonene selv. Mange næringsaktører synes det er veldig bra at universitetene kommer på banen, at det stimuleres til bedriftsintern FoU og, ikke minst, at flere av støtteordningene er innrettet på en slik måte at industrien og forskningsinstitusjoner må samarbeide. På den andre siden mener mange bedriftsledere også at for mye midler og kontroll havner i universitetssystemet på bekostning av industrien, og at dette er penger som kunne vært brukt til å virkeliggjøre teknologi industrien mener er klar for fullskala testing og kommersialisering.

Videre hevder mange bedriftsledere at det er alt for ressurskrevende å delta i forskning i sammen med universitetene og at resultatene som kommer ut av slikt samarbeid både er vanskelige å forstå og å implementere. Mange peker på at det er et stort gap mellom akademia og industri hva kompetanse, motivasjon og tidshorisont angår, og at det som oppfattes som spennende av forskerne ikke nødvendigvis er like interessant fra et industriperspektiv (jf. figur 4). Til tross for at begge FME'ene som fokuserer på offshore vind har en rekke



Figur 4: Om forholdet mellom FoU og industrien

industripartnere, som langt på vei skal være med på å definere hva som er interessant forskning, er det lite entusiasme for FME'ene blant bedriftslederne.

«De (en av FME'ene) driver med det de har lyst til, i stedet for det vi avtalte... Da ender vår innsats opp som bedriftsmidler til forskningen – og det er vi ikke interesserte i å være med på.»
Leder, Energi/offshorebedrift I (2010)

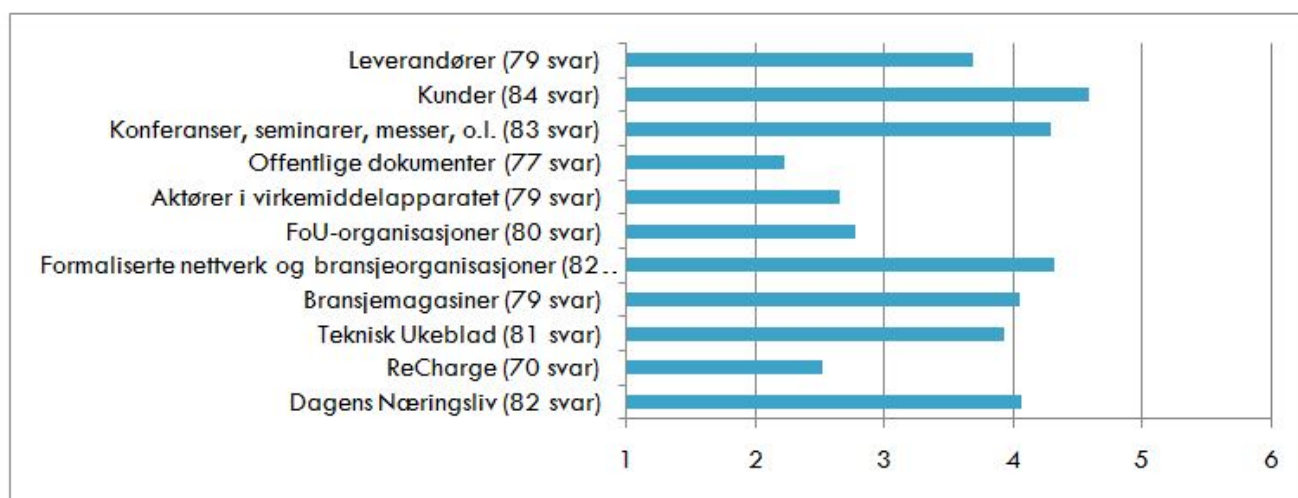
Nettverk, støtteorganisasjoner og informasjonstilgang

Diverse bedriftsnettverk og organisasjoner jobber med å fremme vindkraft til havs, eller vind/fornybar energi mer generelt. Mens noen er basert på etablerte bedriftsmiljøer (som Navitas Network), er andre etablert med et spesifikt fokus på havvind. De mest sentrale aktørene er de regionale Arena-programmene Arena NOW (Vestlandet) og Windcluster Mid-Norway (Midt-Norge), NORWEA som arbeider for å fremme vind- bølge- og tidevannsenergi nasjonalt, samt INTPOW som jobber aktivt med internasjonalisering av norske bedrifter innen havvindmarkedet og øvrige fornybarsektorer.

Generelt sett oppfattes disse organisasjonene og det

arbeidet de gjør som positivt av bedriftene (her forholder vi oss kun til havvindrelaterte aktiviteter). Som vist i figur 5 oppgir en høy andel bedrifter at ulike samlinger er viktig for å holde seg oppdatert på utviklingen innen bransjen. Fra faglitteraturen om næringsklynger og relaterte teorier er det dessuten velkjent at sammenkomster og arenaer hvor ulike aktører møtes, som konferanser, seminarer og workshops, fungerer som en slags midlertidige klynger hvor mennesker og bedriftene de representerer møtes og kan utveksle synspunkter og erfaringer. Slike møter ansikt-til-ansikt er dessuten viktig for etablering av tillit, som igjen er essensielt for etablering av mer formaliserte kommersielle relasjoner, særlig i risikofylte bransjer. En rekke av våre informanter oppgir da også at deltakelse på arrangementer i regi av for eksempel Arena NOW og Windcluster Mid-Norway er nyttig for å møte kjente og ukjente aktører i bransjen. Mange vektlegger verdien av de uformelle møtene som skjer i pauser og lignende.

«Jeg har stor sans for sånne møter der man innkaller aktørene og har en slags foredragsholder... Men pausene er jo det viktigste. Jeg tror kanskje noen av disse



Figur 5: Om betydningen av ulike kilder for å holde seg oppdatert innen bransjen

organisasjonene har for store ambisjoner når det gjelder å få i gang prosjekter – det klarer vi bedre selv.» Leder, Havvindbedrift E (2010)

Det er også tydelig at en del bedrifter bruker nettverk og organisasjoner bevisst for å posisjonere seg i bransjen. Som en leder i en bedrift på Vestlandet sier:

«Den nyttige pakken for oss er Arena NOW for å få det lokale nettverket her hvor vi jobber, og Intpow for å komme oss ut» Leder, Havvindbedrift K (2010)

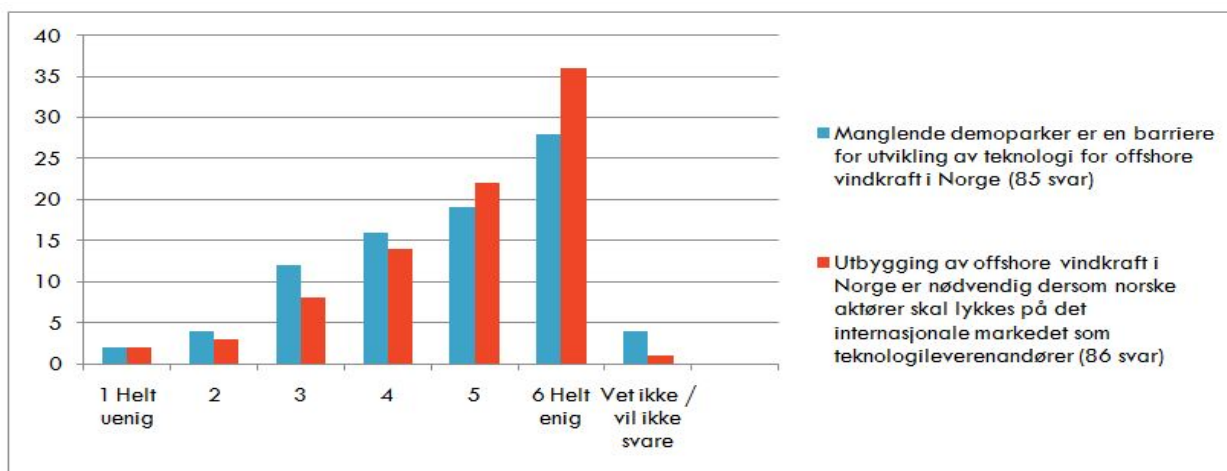
Det er imidlertid ganske stor variasjon i hvorvidt bedriftene opplever at disse aktørene og de aktivitetene de promoterer har nytteverdi. Flere peker på at de ulike organisasjonene – som jobber på ulike geografiske nivå med noe variasjon i bransjefokus – er for lite koordinerte og at også disse aktørene må bli flinkere til å se og ta ulike roller. Ikke minst er det svært mange av våre informanter som mener at det er for mange tilbydere av seminarer, konferanser og andre typer bransjesammenkomster.

«Vi prøver jo å delta på disse seminarene og konferansene, men det er som en jungel. Vi får jo tre invitasjoner daglig, så det er en jobb i seg selv å skille det som er bra fra det som er mindre bra.» Leder, Havvindbedrift J (2010)

«Det er begrenset hvor mye sånt vi trenger altså, masse møter, styrer, diskusjoner, intensjoner, styrer og stell. Det er ikke det som skaper industri, da må du ut og bygge noe. Brette opp armene og bygge.» Leder, Havvindbedrift K (2010).

Behov for et sammenkoblet innovasjonssystem

En sentral utfordring for offshore vind, som for mange andre nye teknologier, er manglende forståelse og koordinasjon på tvers av ulike aktørgrupper. Ingeniører og teknologiske forskere kan være eksperter i å kombinere teknisk kunnskap og komponenter for å optimalisere teknologiens ytelse mot et naturgitt optimum, men dersom disse ikke vet og tar tilstrekkelig hensyn til hvordan andre aktører – brukere, produsenter, politikere og investorer – ser den samme teknologien og utfordringene og mulighetene som ligger i den, kan det som for dem er en forbedring gjøre jobben vanskeligere for andre grupper. Den samme logikken gjelder også de andre aktørgruppene. For å gjøre jobben sin ordentlig er det også viktig at brukere, produsenter, politikere og investorer et stykke på vei har forståelse for hvilke motivasjoner, målsetninger og forventninger de



Figur 6: Om betydningen av demoparker og hjemmemarked

andre aktørene har i forhold til gjeldende teknologi.

Et relativt stabilt hjemmemarked av en viss størrelse har vært en sentral faktor for de landene som har hatt en vellykket industriutvikling innfor vindkraft (se blant annet Lewis & Wiser 2007). Svært mange bedriftsledere peker på manglende hjemmemarked som den største barrieren for å utvikle industriell og teknologisk kompetanse for offshore vind i Norge (jf. figur 6). Det er ikke en forventning om stor omsetning i Norge som ligger til grunn for ønsket om et hjemmemarked. Snarere handler det om at en hjemlig arena er viktig for å kvalifisere teknologi, etablere relasjoner og bygge referanser som i neste omgang kan brukes i det internasjonale markedet. Selv om EUs regelverk tilsier at norske bedrifter skal ha samme sjanse som nasjonale bedrifter i kommersielle vindkraftutbygginger mener de fleste bedriftslederne at industribedrifter i de landene som har politisk støtte for et hjemmemarked for offshore vind har en fordel som på ganske kort tid vil utvikle seg til et forsprang.

«Det største problemet er at vi ikke har noe hjemmemarked – det er et kjempeproblem!»
Leder, Energi/offshorebedrift I (2010)

«Først så må du ha ideer og teknologisk grunnlag. Så må du ha en prøvearena. På en kontorpult som dette bygger du bare papirfly.»
Leder, Havvindbedrift B (2010)

«Det er jo fare for at norske offshorebedrifter aldri vil få den erfaringen som skal til for å komme gjennom nåløyet. Så det å ha et lokalt marked for å få vist hva vi er god for, og kanskje utvikle litt ny teknologi, er etter min oppfatning helt essensielt.» Leder, Havvindbedrift E (2010)

«I dag er det jo ikke en bank i Norge som skjønner finansiering av vind. De bare flakker med blikket... Vil du finansiere en oljerigg så har

de kompetanse og kan ta høyere risiko fordi de skjønner produktet.» Leder, Energi/offshorebedrift M (2011)

Et begrenset hjemmemarked handler også om at læring og teknologisk utvikling har bedre forutsetninger når det finnes en arena hvor industri, forskning, politikk og kapital kobles sammen rundt håndfaste oppgaver. Per i dag opplever mange bedriftsledere at både forskere, politikere eller finansaktører mangler vilje og/eller forutsetninger for å forstå hvilke utfordringer industrien står ovenfor både med hensyn til teknologi og marked. Et hjemmemarked kan bidra til å styrke gjensidig forståelse, kunnskapsproduksjon og beslutningsgrunnlag til fordel for utvikling av offshore vind som teknologi og bransje.

Hovedfunn

Basert på vår studie vil vi framheve følgende hovedfunn:

- Y Mange norske bedrifter posisjonerer seg mot store utbygginger i Nordsjøen (særlig UK runde 3) og jobber for å skaffe seg referanser og erfaring i forkant av investeringsbeslutningene som forventes tatt fra og med slutten av 2014.
- Y Flertallet av bedrifter som orienterer seg mot vindkraft til havs jobber også med olje og gass, men investerer begrensede ressurser på å utvikle nye løsninger for havvind.
- Y Norske bedrifter som har vindkraft til havs som hovedsatsningsområde er små og relativt nyetablerte. Mange av gründerne bak disse bedriftene har bakgrunn fra offshoresektoren.
- Y Kunnskap og erfaring fra offshore petroleumsvirksomhet trekkes fram som det fremste konkurransefortrinnet for norske aktører som satser på havvind. Samtidig ligger det i

denne koblingen utfordringer knyttet til alternativkostnader og skalering av produksjon.

- Y Bedriftene understreker at norsk strategi for havvind bør dreie seg om industri- og teknologiutvikling for eksport, ikke hjemlig energiproduksjon.
- Y Manglende hjemmemarked og demoparker trekkes fram som en stor barriere for utvikling av

norsk kompetanse og kapasitet for offshore vindteknologi for eksport.

- Y Norge har omfattende FoU-satsing relatert til havvind. Mange bedrifter (særlig små og mellomstore) mener imidlertid at FoU-satsningen for offshore vind har begrenset kommersiell verdi.
- Y Delvis manglende felles interesser og svak kontaktflate mellom forskningssektor og industri, til tross for omfattende og formalisert samarbeid.

Kilder

- BVG (2009) *Towards Round 3: Building the Offshore Wind Supply Chain*. London: BVG Associates.
- EWEA (2009) *Oceans of Opportunity*. In *EWEA Report*. European Wind Energy Association.
- EWEA (2011a) *The European offshore wind industry key trends and statistics 2010* Brussels: European Wind Energy Association.
- EWEA (2011b) *Offshore wind farm pipeline in Europe, end 2010*. Brussels: European Wind Energy Association.
- Lewis, J. I. og Wiser, R. H. (2007) Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms. *Energy Policy*, 35, 1844-1857.
- Oterhals, O., Hervik, A., Tobro, R. og Bræin, L. (2010) *Markedskarakteristika og logistikkutfordringer ved offshore vindkraftutbygging*. In *Møreforskning Rapport*.
- Sæther, B., Isaksen, A. og Karlsen, A. (2011) Innovation by co-evolution in natural resource industries: The Norwegian experience. *Geoforum*, 42, 373-381.
- Volden, G. H., Bull-Berg, H., Skjeret, F., Finne, H. og Hofmann, M. (2009) *Vindkraft offshore og industrielle muligheter*. In *SINTEF rapport*, 86.
- Ye, X. (2011) China to boost offshore wind power to 30 gigawatts by 2020. *Peoples Daily Online*, 22.juni,2011.



CenSES — Centre for Sustainable Energy Studies
Det humanistiske fakultet
NTNU
N-7491 Trondheim
www.censes.no
censes@ntnu.no

Publikasjonen kan bestilles her:
www.censes.no/publikasjoner
E-post: censes@ntnu.no
ISBN 978-82-93198-00-0 (trykt)
ISBN 978-82-93198-01-7 (pdf)

Bilde forside:
© Trym Ivar Bergsmo/Statoil
Layout omslag: altkanendres.no