



Runde miljøsententer

RMS RAPPORT NR 04/2007

energiguide

Potensiale for havenergiproduksjon i Møre og Romsdal

Forprosjekt



Storbåra bryt ved Runde

Føreord

Prognosane for energiforsyninga i Møre og Romsdal indikerer eit markert underskot på elektrisk energi i nær framtid, grunna auka forbruk i fylket. På denne bakgrunn har Fylket gjennom prosjektet Energiregion Møre sett i verk utgreiingar om aktuelle tiltak for å fremje ny, fornybar energi frå t.d. vind, biobrensel og bølgekraft.

På møtet i Nærings- og miljøutvalet i Møre og Romsdal Fylke 9. mai 2007 vart det gjort følgjande vedtak: *Nærings-og miljøutvalet ber om at det blir framlagt ei sak der Møre og Romsdal fylke, gjerne saman med eksterne aktørar, ser på mulegheiter for å leggje til rette grunnlagsmateriale for etablering av havenergiproduksjon.*

På bakgrunn av dette vart Runde miljøsender (**RMS**) engasjert av Fylket til å lage ei kortfatta utgreiing om potensialet for energi frå bølger og tidvatn. Avtalen om dette vart gjort i juli, med avtalt rapportering innan 1. oktober 2007. Arbeidet kom så smått i gong i juli, mens det meste av innsatsen er gjennomført i løpet av august og september 2007.

Sweco Grøner har på oppdrag frå ENOVA nyleg gjennomført eit langsomfattande studium av potensialet for havenergi som blir publisert på same tid som foreliggende rapport. Vi har ikkje hatt tilgang til den rapporten og såleis utarbeidd vår studie uavhengig av resultatata derfrå.

Kontaktperson for oppdraget hos Fylket var energirådgjevar Einar Oterholm.

Desse har bidrege skriftleg til rapporten:

Lars G. Golmen og Nils Roar Hareide frå Runde miljøsender, Ole Johan Årnes frå Meteorologisk institutt, Arild Næss frå ENERGUIDE AS og Pål Erik Isaksen frå Norsk institutt for vannforskning, NIVA.

Mange personar og institusjonar elles har vore kontakta og gjeve opplysningar undervegs i prosjektet, takk til alle desse.

Runde, 28. oktober, 2007



Lars G. Golmen, prosjektleiar

Forsidefoto: Helge Runde

Innhald

Samandrag	6
1. Innleiing	8
1.1 Energisituasjonen i Møre og Romsdal	8
1.2 Bakgrunn og formål med studien	9
1.3 Om aktørane Runde miljøsentser og Energiguide	10
2. Energipotensialet i M&R – grovkartlegging	11
2.1 Bølgeenergi	12
2.1.1 Tidlegare studiar og nedskalering	12
2.1.2 Bølgjestatistikk	14
2.1.3 Tidsutvikling for bølgehøgder	15
2.1.4 Bølgjemålingar på Buagrunden 2005-2007	17
2.1.5 Potensialet i Møre og Romsdal	20
2.2 Tidvatn	23
2.2.1 Tide-potensialet i Norge	23
2.2.2 Statistikk og tidlegare studiar	24
2.2.3 Tide-potensialet i fylket	25
3. Oversyn over aktuelle teknologiar	28
3.1 Bølge-energi	28
3.1.1 Internasjonalt perspektiv, bølger	29
3.2 Bølgeenergi anlegg i Norge	30
3.3 Bølgeenergi anlegg i Møre og Romsdal	34
3.4 Tide-energi anlegg	34
4. Nettet i Møre og Romsdal	37
4.1.1 Generell omtale	37
4.1.2 Kapasitet i nettet	37
4.1.3 Kostnadar ved nettilknytning	38
5. Konfliktpotensialet	39
5.1 Internasjonalt arbeid med miljøkonfliktar	39
5.2 Liste over aktuelle tema	40
5.3 Døme: Moglege konfliktar med fiskerinæringa	41
5.3.1 Konflikt og nytte	42
5.4 Parallellar til vindkraft utbygging	43
5.5 Eigarskap/lokal forankring	44
6. Kva kan industri og det offentlege bidra med	44
6.1 Fylkesplanen	44
6.2 Marint utval i fylket og ny utvikling	45
6.3 Innsatsbehov	45
6.4 Utvikling av ny kompetanse innfor tide/bølge energi i fylket	46

6.5 Utfordringar og barrierar for utvikling av ny industri	47
7. Konklusjon, forslag til oppfølging	49
7.1 Forslag til oppfølging	50
7.2 Arbeid i 2008	50
7.3 Arbeide på lenger sikt	51
8. Litteratur/referansar	52
Vedlegg A. Program, IEA workshop 18 okt. 2007	54

Samandrag

På oppdrag frå Møre og Romsdal Fylke har Runde miljøsentert utført eit forprosjekt for å vurdere potensialet for å utnytte energien i tidvatn og bølger til elektrisitetsproduksjon. Prosjektet gjekk over 3 månadar og var i hovudsak basert på eksisterande kunnskap. Det vart fokusert på potensialet i naturressursane bølger og havstraum (frå tidvatnet). I tillegg er det gjeve eit oversyn over aktuelle teknologiar og anlegg som enten har vore prøvd, er i drift eller er under utvikling/utprøving. Sjølv om utviklinga kan ha gått noko ujamnt dei siste 10-20 åra når det gjeld teknologiutvikling, så finst det for begge energiformene anlegg for energiopptak som er i drift og nokre er også tilknytt el-nettet, også norske anlegg. I prinsippet kan tilsvarande anlegg etablerast i Møre og Romsdal på kort varsel.

Ressursgrunnlaget i fylket er lite kartlagt frå før. For bølger vart difor vinddata statistikk frå Meteorologisk institutt for området vest av Runde gjennomgått på nytt. Resultata syner at midlare bølgeenergi der er 50 kW/m, som er høgare enn det tidlegare anslag har synt og som er ein svært høg verdi også i internasjonal målestokk. Dette gjev eit svært høgt teoretisk potensiale for bølgeenergi i fylket, stipulert til minst 90 TWh/år. Dette er ein teoretisk maksimalverdi, langt mindre er realistisk sett utnyttbart pr i dag. Ut frå erfaringstal frå omfattande analyser av ressursgrunnlaget i andre land kopla med lokal kunnskap har vi stipulert det tilgjengelege potensialet på kort sikt til mellom 1 og 2 TWh/år, basert på dagens teknologi. Dette motsvarar 20-40 5 MW "klynger" med 50 anlegg i kvar.

Om ein ser bort frå omsyn som til slutt må takast til farleier, verneområde, fiskeplassar og liknande er det meste av ytre kyststripe i fylket eigna for produksjon av bølgeenergi. For å redusere el-overføringskostnader er det gunstigast å ha anlegga så nær land og nettet som råd. Områda utanfor Sunnmøre peikar seg særskilt godt ut i og med at der er djupt nær land og lite skjermende skjergard som effektivt dempar bølgjene. Men både Romsdalskysten med Hustad/Farstad området og Nordmøre med Averøya og Smøla har eit godt potensiale. Ei tilrådd grundig regional kartlegging av bølgeressursen nær land vil kunne peike ut dei mest enegirike og interessante områda.

For tide-energi er det tilgjengelege potensialet lågare enn for bølger dersom ein baserer seg på eksisterande teknologi som krev ein relativt høg straumfart for å levere tilstrekkeleg med energi for å oppnå lønsemd. Så sterk straum (over 1,5- 2 knop i middel) er det lite av i fylket eller på kysten utanfor. Men det finst teknologiar som kan produsere energi også under dei straumtilhøva ein normalt finn i fylket. Nordmøre synest ha dei beste føresetnadane for tide-energi anlegg i og med at tidvatnet har høgst amplitude der og at det topografisk sett er fleire interessante fjordar og sund der som bør ha eit potensiale. Vi har nemnt nokre av desse, og antyda eit praktisk potensiale i den regionen på minimum 0,2 TWh/år, utan at andre deler av fylket bør utelatast i vidare ressursanalyser.

Faktisk utnytting av det tilgjengelege potensialet for dei to energiformene vil avhenge av ei rad faktorar i tillegg til sjølve ressursen. Dette omfattar tilgang på god teknologi for energiopptak, gode lokalitetar for plassering, tilgong til tilstrekkeleg el-nett, nett-kapasitet, infrastruktur og ikkje minst kompetanse og vilje og interesse for utvikling og investering på dette området. Til sist kjem prisen på elektrisitet i marknaden, som sannsynlegvis vil auke markert dei komande åra også i Norge, og dermed bidra til å gjere miljøvenleg, ny/fornybar energi lønsam.

Fleire av dei nemnde faktorane er oppfylt når det gjeld Møre og Romsdal, ikkje minst finst det eit maritimt miljø med kompetanse som kan ivareta dei fleste av dei tekniske utfordringane. Vi har skissert korleis desse ulike faktorane kan organiserast i eit oppfølgjande prosjekt med 3-5 års varigheit, der målet er først å få gjort ein skikkeleg analyse av ressursgrunnlaget og så få etablert prøvedrift for nokre tide- og bølgeenergi anlegg som også skal levere elektrisitet til nettet.

Summary

Title: The wave- and tidal energy resource in Møre og Romsdal county, Norway. A preliminary assessment.

Year: 2007.

Author: Lars G. Golmen, Arild Næss, Nils R. Hareide, Ole J. Årnes and Pål E. Isaksen

Source: Runde miljøsentser, <http://www.rundecentre.no>, Report No 4/2007.

On contract from the County of Møre og Romsdal, Norway, Runde miljøsentser (Runde environmental centre) has performed a prestudy to assess the potential for tidal and wave energy exploitation in the county. The study was based on existing information and similar studies and experience from elsewhere. Also an overview over existing power takeoff technologies and plants as well as some views on the conflict potential was given, without going into detail.

As no mapping of the local resources had been done before, a hindcast analysis of wind/wave data from a grid point offshore Runde island was performed by the Norwegian meteorological office. This analysis showed an average energy density of 50 kW/m which is significantly higher than previous estimates for the same area. With a coastline of about 200 km in linear distance, this will correspond to a theoretical potential above 10 GW, or 90 TWh/year. This is about 75% of the total present electricity production in Norway.

The practically exploitable potential on the near-term based on limited number of onshore and nearshore plants and taking into consideration some constricting factors, is estimated to 1-2 TWh/year. Based on a preliminary analysis of nearshore topography it was concluded that most of the outer coastline is suitable for wave energy extraction, with an emphasis on the southern part of the county which has the deepest waters nearshore and highest direct exposure to offshore waves. Several 5 MW clusters off shore with 50 plants each are envisioned, supplemented with some shorebased, OWC type, installations in order to reach the 2 TWh/yr target.

The theoretical tidal energy potential will be less than for waves. An exact figure was not given for this resource, as it depends strongly on the limiting factor of minimum design peak current speed which in studies abroad has been set to 1.5 or 2 m/s. Such strong currents hardly occur any time on the Møre og Romsdal coastline or in the fjords. Still, some existing plants can viably produce electricity at far lower current speeds and the technology may be further developed to comply with weaker current regimes. The tidal amplitude is slightly above 1 m in the county with the highest value to the north. Based also on a preliminary analysis of topography it was concluded that the northern part of the county have the most promising locations for tidal energy production, and a production of minimum 0.2 TWh/year within a 5 year timeframe should be accessible provided the low-speed technology works.

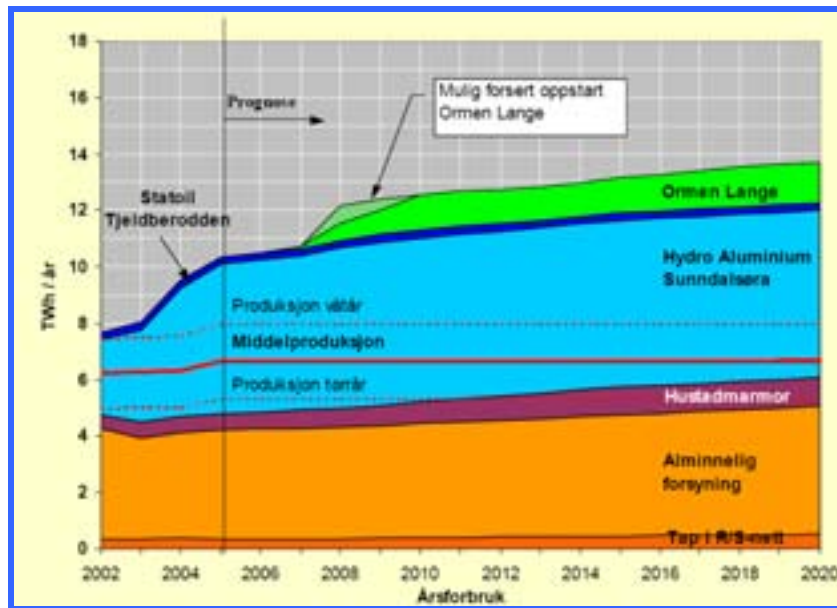
The report finally draws some lines on how to proceed in order to make a successful implementation of the two energy technologies in the county. It is stated there are already several assets besides the resource itself, such as a solid maritime and offshore industry that can handle most of the technical challenges. A project with a 3-5 year time frame is proposed, with the main goals to first map the theoretical and technical resource, also nearshore, and to deploy several pilot plants in the county for testing and demonstration, with delivery to the grid.



1. Innleiing

1.1 Energisituasjonen i Møre og Romsdal

Det er spådd at Møre og Romsdal fylke kan få store utfordringar når det gjeld elektrisitetsforsyning på grunn av forventa auke i forbruket i åra som kjem (**Figur 1**). Fylket har på denne bakgrunn etablert programmet Energiregion Møre som har som mål å sikre kraftforsyninga og auke bruken av fornybare energikjelder og gass. For fornybare kjelder har Fylket hittil fokusert mest på vind og bioenergi, men også havenergi skal med i vurderingane.



Figur 1. Utvikling og prognoser for el-forbruk og forsyning i Møre og Romsdal (ISTAD Nett 2006b).

ISTAD Nett gjorde ein studie i 2006 (Istad Nett 2006b) over energisituasjonen og korleis det forventa underskotet i fylket (**Figur 1**) kunne dekkjast inn. Dei kom fram til resultat som synt i **Tabell 1**.

Tabell 1. ISTAD Nett (2006) sine vurderingar for ny produksjon i Møre og Romsdal.

Ny vasskraft	0.9 TWh
Vindkraft, landbasert	0.6 TWh
Spare- /enøk potensial	0.4 – 0.9 TWh
Fjernvarme planlagt	0.2 TWh
Opprusting av vasskraftverk	0.1 TWh
Gasskraft Tjeldbergodden	4.5 TWh
Gasskraft Fræna/Elnesvågen (I og II)	2.9 (5.6) TWh
Vindkraft (Havsul I-III)	4.2 TWh

Ut frå desse resultatata framstår havbasert vindkraft og gasskraft som dei løysingane som kan gje størst bidrag/produksjon. ISTAD Nett understreka at med usikkerheita i energisituasjonen må ein identifisere og utrede alle potensial, herunder havenergi som ikkje var handsama talmessig i den rapporten.

I ettertid har ein sett at utbygging av havbasert vindkraft kan ligge lenger fram i tid enn forutsatt, m.a. grunna kostnader/svake stønadsordningar og rapporterte tekniske problem (korrosjon) ved



eksisterande anlegg utanlands¹ samt problem relatert til konflikhtar og konsesjonar. Gasskraft har sine egne utfordringar, i samband med CO₂ utsleppa. Skal ein få til varige løysingar for gasskraft i fylket vil det sannsynlegvis bli kravd CO₂ fangst og lagring, noko som bidrar til markert auka kostnader.

I lys av dette kan andre alternativ slik som bølge- og tideenergi framstå som svært lovande og berekraftige for Møre og Romsdal etter kvart som teknologien stadig utviklar seg på desse områda.

1.2 Bakgrunn og formål med studien

NVE konkluderer i sin siste rapport om fornybar energi i Norge (NVE 2007, s. 114) at bølge-energi har høg tettleik, gjerne meir enn 5 gongar den for vind i same område, og at bølgeenergien er den havenergi teknologien som ligg nærast kommersialisering. Bølgeatlas til Young og Holland (1996) markerer at bølgeklimate langs Nordvestlandet er like sterkt som vest av Irland/Skottland, som er rekna for å vere svært energirikt. På nasjonal skala er bølgeenergien sagt å vere tilnærma like stor som vasskraft ressursen. Som synt i lenger bak i rapporten, er Møre og Romsdal del av den mest energirike kyststrekninga Stad- Lofoten. Potensialet for energiproduksjon i fylket bør difor vere godt og det bør såleis vere interessant å sjå nærare på potensialet her.

Også tide-energi i Norge er framstilt som lovande i den nemnde NVE studien, men med ein noko lengre tidshorison for gjennombrot (2010-2015) enn for bølger. Havstraum frå tidvatnet representerer også store mengder energi, sjølv ved moderat straumfart. Sidan densiteten (tettleiken) for vatn er mykje større enn for luft, kan ein undervass turbin ved 2 m/s straumfart produsere same effekt som ein like stor vindturbin i 60 m/s vindstyrke. Energien kan representere opp til 500-1,000 W pr kvadratmeter gjennomstrøymingsareal. Tideenergipotensialet i Norge er rekna til > 2 TWh/år av Statkraft (kun for område nordom Trondheim). Ein Europeisk studie innafor Joule-II programmet konkluderte med 106 interessante tideenergi lokalitetar i Europa, i N-Europa flest rundt Storbritania og i Kvitsjøen.

Norge synes dermed å ligge "midt på treet" når det gjeld tide-energi ressursen mens vi er i øvste sjiktet for bølgeenergi. Så aktuelle spørsmål er, korleis er tilhøva i Møre og Romsdal og korleis kan fylket få utnytte sin del av dei store energifluksane, 40GW for bølger åleine inn til norskekysten, ein fluks som i tillegg er størst om vinteren då energibehovet er størst? Kva er det praktiske potensialet (NVE har antyda 8 TWh bølgeenergi for norskekysten, NTNU 13-40 TWh/år); kva hindringar ligg i vegen for å få dette utnytta i fylket, og korleis kan ein redusere eller fjerne hindringane og få stimulert til ei fremjande utvikling her? Dette er spørsmål som rapporten søkjer å gje nokre svar på.

Rapporten tek for seg tide-energi (energi frå tidvassgenerert havstraum), sjølv om kunnskap, interesse og merksemd kring denne energiforma for tida kan vere er mindre enn for bølgeenergi. Tide-energi kan også vere vanskelegare å kartlegge/kvantifisere enn bølgeenergi sidan mange lokale tilhøve er med på å forme straumbiletet, men kan på den andre sida vere lettare å utvinne enn bølge-energien.

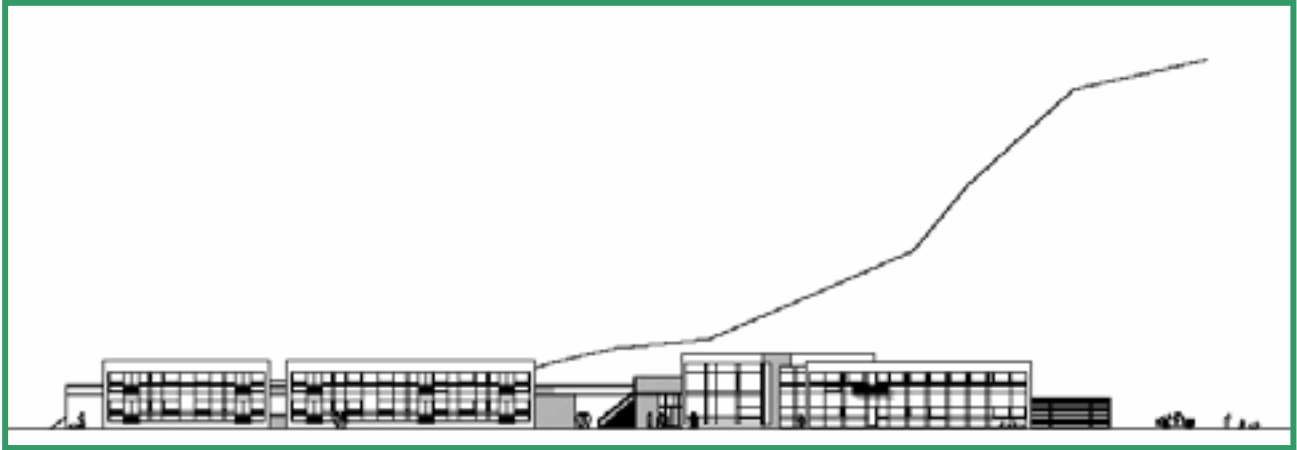
Rapporten byggjer på eksisterande kunnskap og litteratur. Det var semje om å få med "siste nytt" internasjonalt ved at RMS v/L. Golmen deltok på den 7. europeiske bølge- og tide energi konferansen (EWTEC2007) i Portugal, 11.-15. september og det internasjonale energibyrået (IEA) sitt møte om bølge-og tide-energi i Italia i midten av oktober.

¹ Rustangrep rapportert i fleire europeiske offshore vindparker, som er stengt p.g.a. dette. (Teknisk ukeblad).



1.3 Om aktørane Runde miljøsenters og Energuide

Runde miljøsenters AS (RMS), stifta 2004, har som formål å bygge opp forskings- og overvakingsaktivitet på øya Runde. Det var oppstart av arbeid med det nye bygget på Runde (**Figur 2**) 3. september 2007 (Runde miljøbygg AS).



Figur 2. Runde miljøsenters, nybygg, fasade mot NE. Byggestart 3. sept. 2007, innflytting/åpning juni, 2008.

Det skal også arbeidast med fornybar energi frå havet på Runde. Grunnlaget for dette kan ligge internasjonalt, men også i samarbeid med investorar som Rolls-Royce, Tussa kraft samt offentlege institusjonar som Møre og Romsdal Fylke med fleire.

Fylket vurderer å peike ut RMS til regionalt kompetansesenters for fornybar havenergi. Senters er for tida engasjert saman med NIVA på bølgeomålingar offshore/inshore for Ormen Lange prosjektet. RMS er medlem i EU-OEA (European Ocean Energy Association) som er eit godt nettverk, mellom anna innan IEA, med tanke på å få etablert fastare internasjonalt samarbeid mot Møre og Romsdal (både FoU og teknologi/industri) og for å få innpass i EU prosjekt på havenergi.

RMS har kontakt og samarbeid med fleire aktørar innan havenergi, m.a. *GWB Umwelttechnik* gmb i Tyskland. Selskapet har utvikla ein type transportband tidekraftverk, som tar mindre plass vertikalt enn turbinar, kan operere også ved svak vannstrøm. RMS har også ein avtale om å få nytte bølgeenergianlegget STORWAVE som er utvikla i fylket. Sjå elles <http://www.rundecentre.no> for meir info om senters.

Energuide AS vart i stifta 2006 og har base på Nordmøre. Selskapet tilbyr rådgjevingstenester i tidlegfase av prosjekt, samt drifts- og service tenester i driftsfasen. Energuide opererer innan fornybar energi med fokus på vindkraft, små vasskraft og også havenergi.

Gjennom tilknyttinga til eigarselskapa har Energuide brei kompetanse innan energifag. Energuide arbeider også med å etablere eit operativt tilbod med tenester til utbyggerar og uttestarar av havenergi. Sjå også: www.energuide.no. Arild Næss og Per Oterholm i Energuide har bidrege til foreliggende rapport med kartlegging av tilstanden for nett og infrastruktur og på avsnittet om industriens rolle.

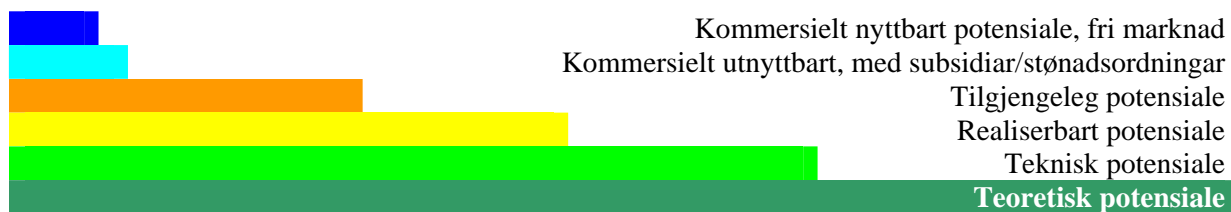


2. Energipotensialet i M&R – grovkartlegging

Kartlegging av ressurspotensiale for havenergi inneber eit omfattande arbeid og er ikkje del av foreliggende forprosjekt. Vi har nytta foreliggende informasjon for å danne oss eit bilete av tilhøva i Møre og Romsdal spesielt. For bølger har vi likevel makta å få utført nokre nye berekningar for tilhøva utaskjers. Vi har også teke med nokre døme på måling av bølger som det er gjort lite av i fylket.

Det er naturleg å ta presentasjon av bølge- og tideenergi potensialet kvart for seg. I prinsippet er det mogleg å integrere dei to typene anlegg i eitt, men så langt vi kjenner til er det tenkt lite rundt slik moglegheit, som kunne samanliknast med flytande kombinerte vind-bølgeenergi anlegg, som er blitt lansert. Ressursmessig er det nok slik at område med bra tide-potensiale ikkje ligg utaskjers men i eit sund etc, der bølgeklimaet er mindre optimalt, slik at kombinerte løysingar nok uansett er mindre aktuelt tema (kan evt vurderast nærare).

I litteraturen skil ein ofte mellom ulike former for energipotensiale, frå det reint teoretisk oppnåelege til det som er kommersielt sett ”drivverdig”. **Figur 3** illustrerer dette, at mens det teoretiske potensialet er stort vil det teknisk sett realiserbare vere vesentleg mindre, og det kommersielt utnyttbare berre ein liten brøkdel av dette igjen, i mange høve. Figuren illustrerer situasjonen slik den sannsynlegvis er for både tide- og bølgeenergi, men kan også representere vindenergi og andre former.



Figur 3. Relasjon/rangering (illustrasjon) mellom ulike potensialstorleikar (etter SEI 2005).

- Teoretisk potensiale: Utnytting av all tilgjengeleg energi.
- Teknisk potensiale : Det som er teoretisk sett utnyttbart med kjend teknologi.
- Realiserbart potensiale: Teknisk potensiale avgrensa til det som er utnyttbart ut frå praktiske, fysiske eller andre omsyn.
- Tilgjengeleg potensiale: Praktisk potensiale avgrensa til det som ikkje er i konflikt med lover og regelverk, vernesoner og liknande.
- Kommersielt utnyttbart potensiale: Del av tilgjengeleg potensiale som gjev langsiktig berekraftig økonomi (i ein fri eller evt subsidiert marknad).

Det er dei to evt tre siste potensialverdiane i lista som er av praktisk interesse. Likevel må ein først finne verdiar for høgare nivå i rangeringa, og ta utgangspunkt i desse for å resonnerer seg fram til tilgjengeleg/kommersielt potensiale. I foreliggende studie vil vi tilnærme oss det tekniske og realiserbare potensialet, men ikkje vurdere nærare det dei to siste storleikane på lista, som krev nærare analyser for spesifikke område, samt økonomiske kalkylar, m/u subsidiar.

Det siste er eit usikkert moment, dagens subsidie-ordningar er dårlege, men kan forventast å bli betre. Dreg ein parallell til strategien for CO₂ fangst og lagring i Norge så ligg det der som ein klår føresetnad at Staten må inn med betydelege subsidiar, alle fall i startfasen. Så kvifor skulle ikkje dette kunne gjelde også for utvikling av ny/fornybar, evigvarande energi frå havet?



Som døme kan vi syne til ein analyse for tideenergi potensialet i Irland (SEI 2005), som fann at det teoretiske potensialet er 230 TWh/år, mens det kommersielt utnyttbare var 0,92 TWh på det tidspunktet (dette siste talet bør auke i takt med utviklinga av teknologi og energimarknaden).

2.1 Bølgeenergi

Vi har teke for oss eksisterande rapportar og datakjelder som omhandlar bølgeklimaet langs norskekysten og på Møre, og ekstrahert det vi syns er aktuelt.

2.1.1 Tidlegare studiar og nedskalering

Det er gjennomført studiar og gjort estimat av for bølgeenergi-potensialet for heile norskekysten av fleire instansar. Vi har funne fram tal frå m.a. Statkraft og NVE.

St. meld. 65 (1981): Utbygg 130 km av vestlandskysten: 6 TWh/år.

130 km kystlengde er av storleiksorden halvparten av ytre kystline av Møre og Romsdal. M.a.o. potensialet dersom ein kunne nytte heile ytre kystline, er minst 12 TWh/år.

Norges hydrotekniske laboratorium (NHL) i Trondheim gjennomførte i 1990 ein analyse av bølgeklimaet langs kysten, og fann at havområda utanfor Møre hadde ein effekt på 30-40 kW/m (**Figur 4**). Denne verdien gjev effekt pr løpemeter normalt på bølgeretninga.

Anslag for bølge-energi i Norge (NVE 2007): 400 TWh/år totalt inn mot kysten.

Anta at 1/6 av dette kan nyttast, med 20% virkningsgrad: 13 TWh/år (NOU 1998, NVE 2007). Dette ka ein rekne som eit estimat for realiserbart potensiale (3,3 % av teoretisk verdi).

Ved å legge anlegg på line utafør kvarandre ut frå kysten kan den totale energioppsamlinga teoretisk bli auka ut over 12-13 TWh/år, sjølv om dei ytre anlegga då vil fange opp mest energi og dempe bølgjene vidare innover.

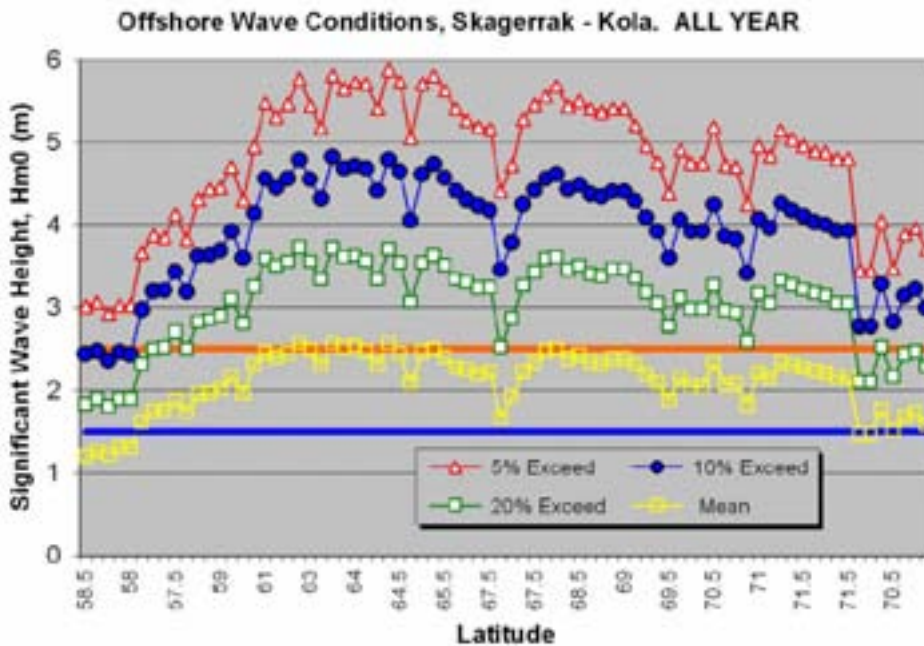
Estimatet på > 12 TWh/år må truleg betraktast som eit øvre anslag for det realiserbare energipotensialet med noverande teknologi. Ein slik produksjon ville åleine dekke fylkets energibehov langt fram i tid, forutsatt at straumen kunne leverast rimeleg jamt fordelt over året. Ulike faktorar slik som lokalitet- og arealtilgong, miljø, omsyn til skipsfart etc vil uansett gjere det vanskeleg å utnytte heile den ytre kystlina, slik at eit reelt anslag for potensialet vil ligge under det omtalte nivået.





Figur 4. Beregna effekt frå bølger for nokre utaskjers punkt langs norskekysten (NHL 1990). Verdiane er effekt pr løpometer normalt på bølgefjorplantingsretninga (kW/m).

I 2006 gjennomførte Fugro/Oceanor ein studie for Sjøfartsdirektoratet av bølgeklimaet langs kysten og innover i fjordane, for å sjå på seglingstilhøva for hurtigbåtar. Deler av rapporten er interessant for foreliggende studie. M.a. var det gjort modellering av bølgedempinga frå kysten og innover for fleire transekt på Møre.



Figur 5. Beregna statistikk for bølgehøgde (Hs) utaskjers langs norskekysten (Fugro/Oceanor 2006). Området langs Møre, 62-64° N, har dei høgaste verdiane. Hs er signifikant bølgehøgde, d.v.s. gjennomsnittet av den tredjeparten som utgjer dei høgste bølgene i ein måleserie.



Figur 5 Syner bølgestatistikk for ytre kystområde langs norskekysten frå den studien. Det framgår her at området mellom 62°N (Stad) og 65°N (Helgeland) har dei høgste bølgjene, sett over året.

Helgelandskysten er i større grad enn Mørrekysten prega av langgrunt farvatn og små øyar (arkipelag), som bidreg til å dempe bølgjene inn mot land. Såleis bør Møre og Romsdal ha eit fortrinn i og med at det her er større djupner nær land og meir brådjupt mange stader. Særleg gjeld dette Sunnmøre.

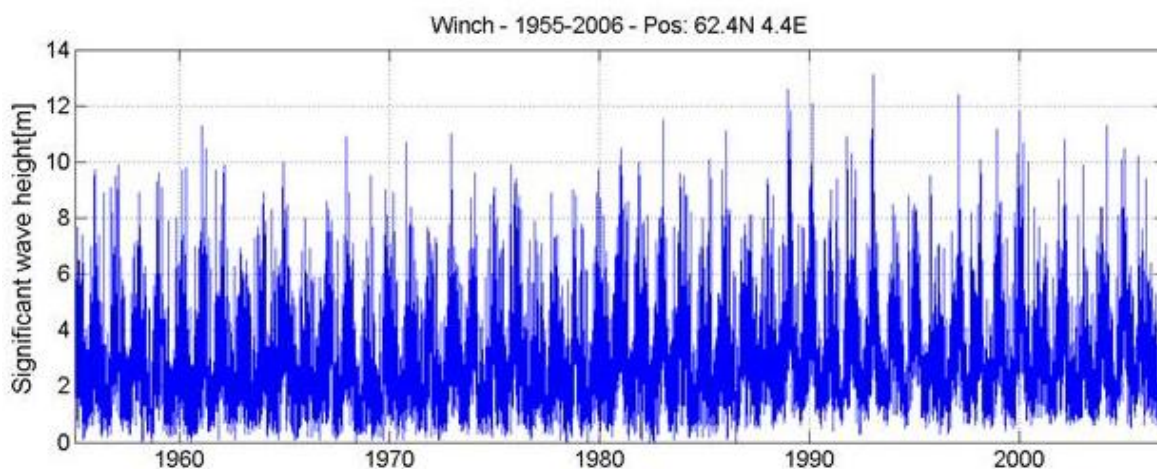
M.a.o. Mørkekysten med sine relativt djupe kystområde bør ut frå dette ligge best an i landet for å kunne utnytte bølge-energi.

2.1.2 Bølgestatistikk

I samband med prosjektet fekk vi Vervarslinga på Vestlandet i Bergen til å foreta ein rask gjennomgang av bølgestatistikk for Møre basert på deira verdata arkiv (Hindcast arkiv, Winch modellen) frå 1955 til no. Framstillinga av grunnlagsdata har endra seg noko opp gjennom åra, etterkvart som nye metodar har blitt tekne i bruk.

Figur 6 syner berekna bølgehøgde (H_s , signifikant bølgehøgde) for eit punkt ca 30 km W av Runde. (H_s , signifikant bølgehøgde, er gjennomsnittsverdien for den høgste tredelen av alle bølgjene innafor eit tidsrom; 6 timar i dette tilfellet). Der framgår av figuren at bølgjene hyppig går over 8-10 meter. Midlare bølgehøgde for perioden er 2.72 m, og max H_s er 13.2 m. Dei høgste bølgjene ligg gjerne rundt ein faktor på 2 over H_s .

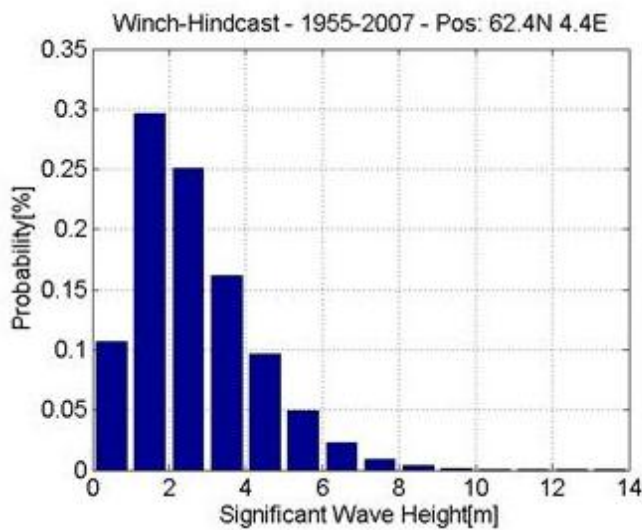
Figur 7 syner statistisk fordeling av dei same bølgehøgdene, med sannsyn (%) for overskriding av gjeven verdi. I 60% av tida er $H_s > 2$ m, og i 20% av tida er $H_s > 4$ m etc.



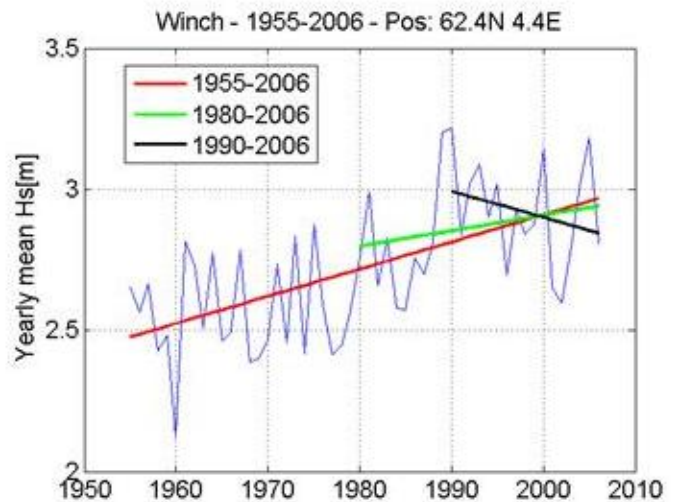
Figur 6. Signifikant bølgehøgde (H_s) for perioden 1955-2007, for målepunkt på Mørkekysten. H_s er signifikant bølgehøgde, d.v.s. gjennomsnittet av den tredjeparten som utgjer dei høgste bølgjene i ein måleserie.

Bølgjene vest av Runde har hyppigast førekomst av bølgehøgde (H_s) mellom 1.5 – 2.5 m, respektivt med periode 6-9 sekund.

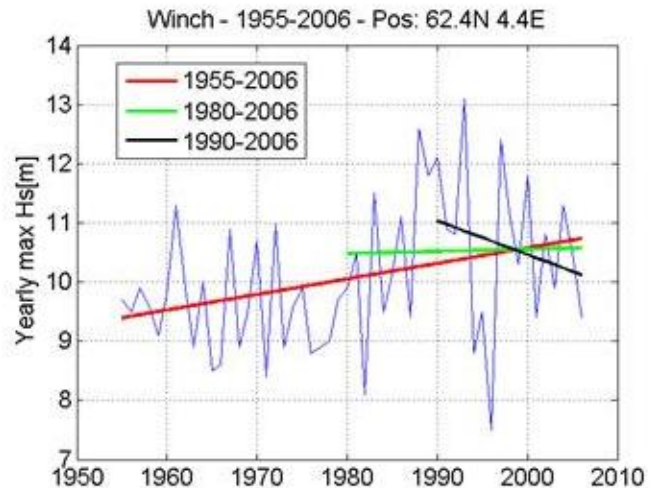




Figur 7. Statistisk fordeling av bølgehøgder (Hs) vest av Runde.



Figur 8. (Til høgre.) Trendar i bølgehøgder vest av Runde over ulike tidsperiodar.



2.1.3 Tidsutvikling for bølgehøgder

Der er interessant å vite om det er ein trend i Hs, evt om den aukar eller minkar. Dette har betydning for framtidig satsing på bølger, både med omsyn til energipotensialet, og også for forventa H_{max} som bestemmer dimensjoneringa av anlegga. Det er fleire publikasjonar som peikar i retning av at bølgehøgder i Nordaustatlanteren aukar (Carter og Draper 1988, Wolf og Woolf 2006), og dette gjeld også for andre havområde som austkysten av USA (Komar og Allan 2007).

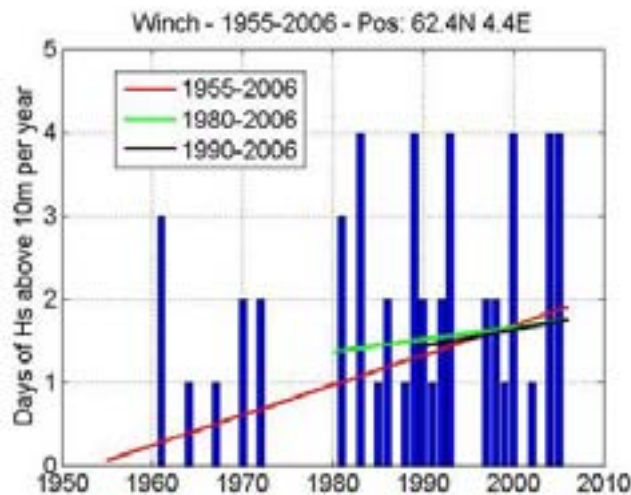
Statistikken for Møre indikerer ein langsiktig trend med auke på ca 0.5 m, mens det for dei siste 10 åra kan ha vore ein viss nedgong (**Figur 8**). Også perioden som er tilknytt bølgjene med høgast energi har synt tendens til nedgong siste åra. Biletet er m.a.o. ikkje heilt eintydig. **Figur 9** syner at varigheita (lengd) av periodar med Hs vedvarande over 10 m har auka i det siste; talet på "ekstrem" situasjonar har auka.

Ut frå dette samt målingar og data frå andre stader og kopla med klimaprognoser er det rimeleg å anta at bølgeklimaet langs Vestlandet ikkje blir svekka i alle fall, i åra som kjem.

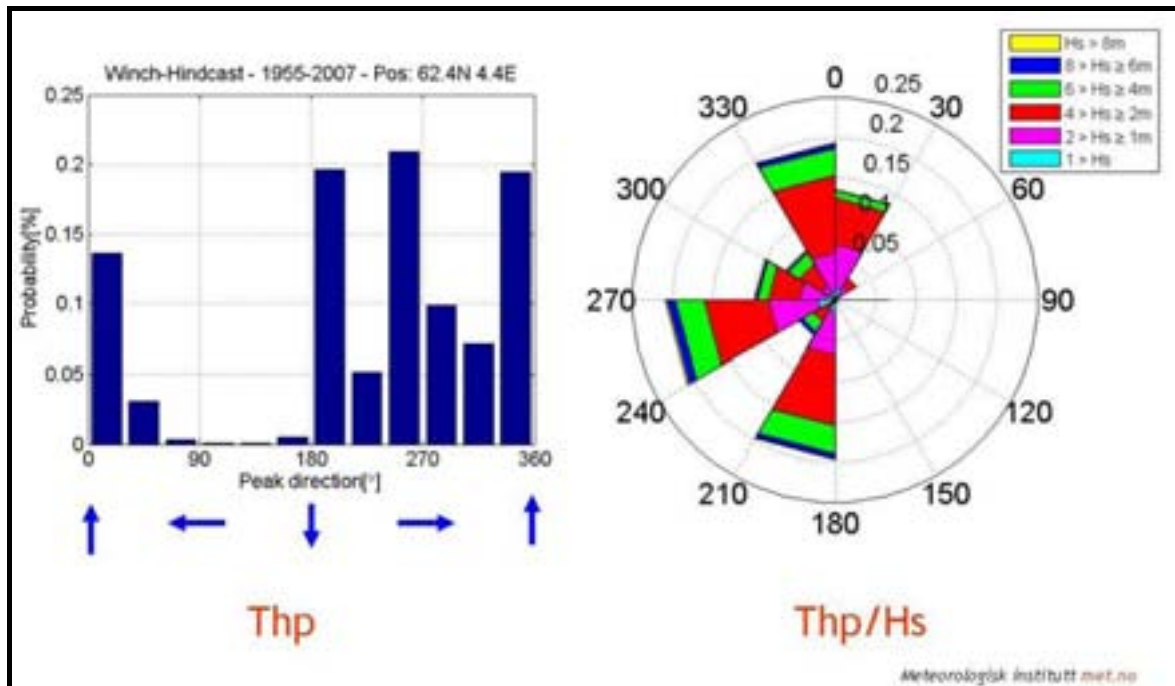


Bølgeretninga utafor kysten av Møre er typisk frå sørvest, eller nordvest (**Figur 10**). Lenger inn mot kysten kan ein forvente ei viss retningsendring p.g.a. refraksjon (botnpåverknad) eller diffraksjon ("hjørneeffekt").

Potensialet i bølgjene utanfor Runde for perioden 1955-2007 er framstilt i **Figur 11**, i form av effekt pr løpemeter normalt på bølgeretninga. Gjennomsnittleg effekt er 50 kW/m (maksimal momentan effekt er 1.300 kW/m). Dette gjennomsnittstalet på 50 kW/m ligg over dei tala som vi har referert til tidligare, og er nesten på høgde med nivået i andre område som vest av Skottland/Irland, som er rekna blant dei mest energirike i verda. 50 kW/m harmonerer også bra med bølgeatlaslet til Young og Holland (1996).

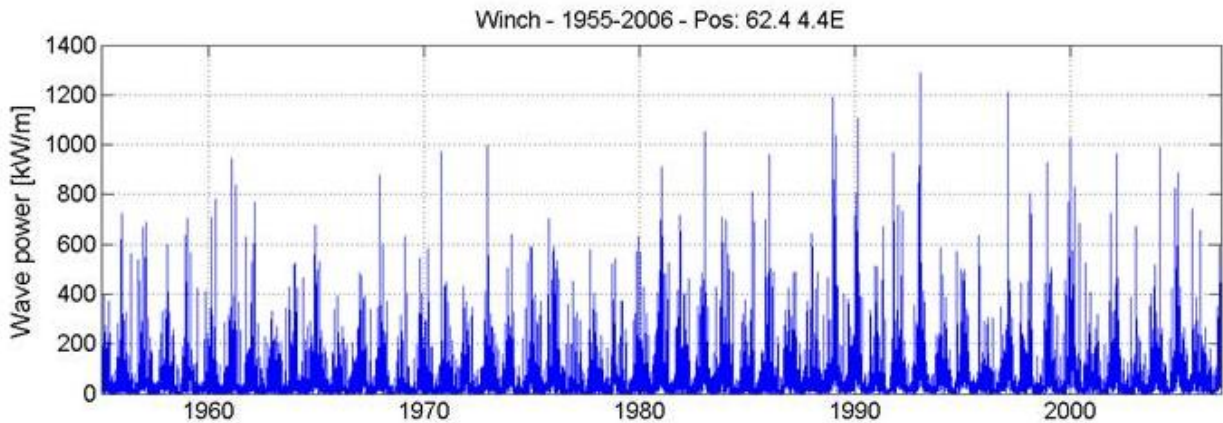


Figur 9. Varigheit av periodar med bølger over 10 m.



Figur 10. Retningsfordeling av bølger vest av Runde.





Figur 11. Energipotensialet for bølger vest av Runde utrekna med Winch modellen til VpV/Met.no.

2.1.4 Bølgeomålingar på Buagrunden 2005-2007

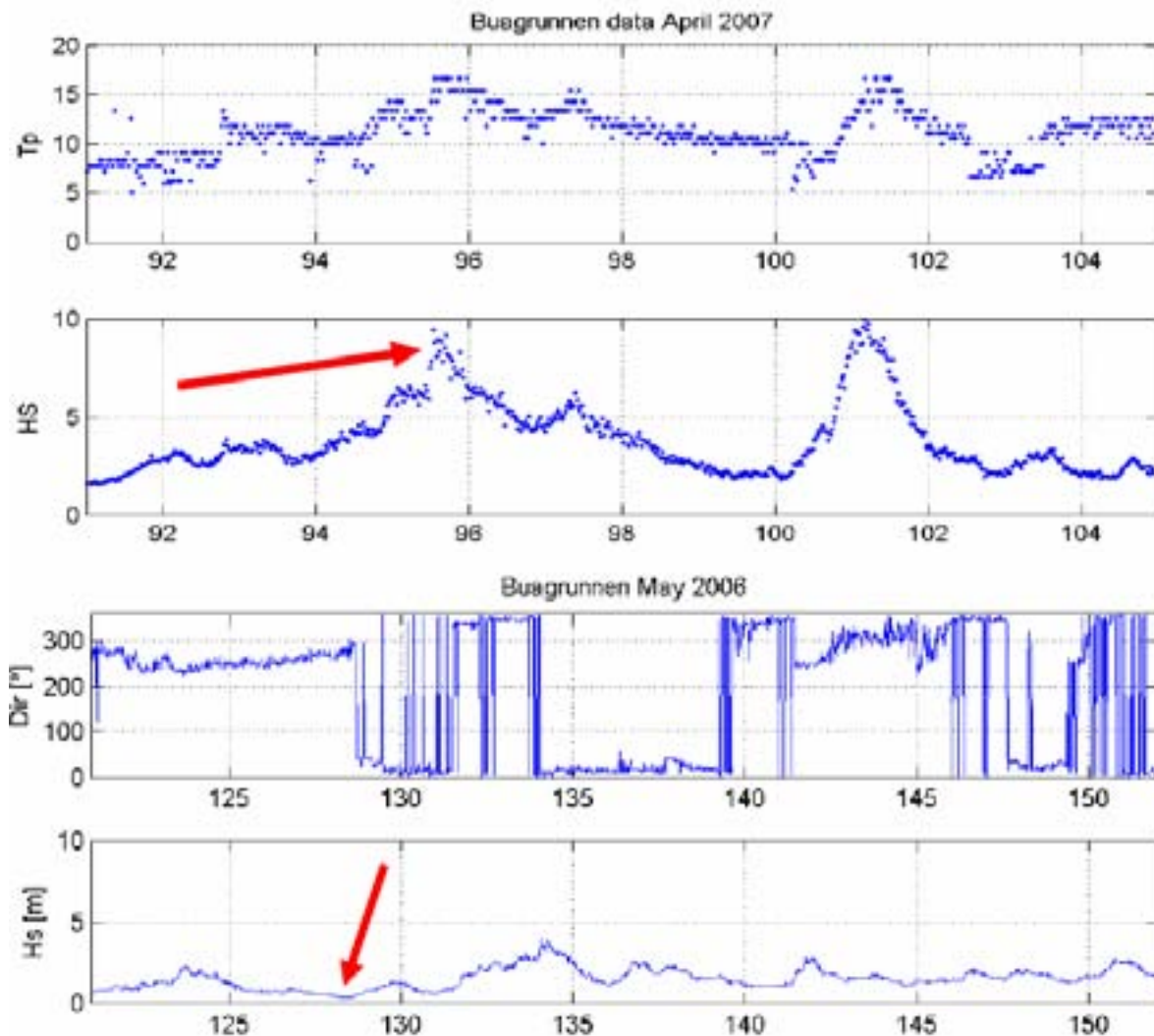
Med assistanse frå Runde miljøseniter gjennomførte NIVA målingar av bølgehøgde/retning på Buagrunden kontinuerleg frå hausten 2005 til sommaren 2007. Målingane var på oppdrag frå Hydro, og vart sendt fortløpande med HF-signal frå bøya til mottaksstasjon på Runde. Det var samstundes plassert ei målebøye i Julsundet.

Vi presenterer eit lite utdrag av målingane på buagrunden for å syne døme på slike data og dokumentere at det finst ein visst datagrunnlag frå fylket som kan analyserast vidare for å kome nærare eit faktagrunnlag for energipotensialet. Slike målingar vil vere naudsynt å ha frå fleire lokalitetar i fylket for å kunne danne seg eit fullgodt bilete av tilhøva.

Figur 12 syner tidsseriar av signifikant bølgehøgde, bølgeretning og peak periode basert på nokre av målingane på Buagrunden. Det er stor skilnad på tilhøva frå periodar med mykje sjø, som i april 2007, til periodar med rolegare tilhøve, som i mai 2006. Hs var over 10 meter enkelte tider, det harmonerer med hindcast statistikken og motsvarar faktisk max bølgehøgde på 16-17 meter. Sjølv i rolege periodar er der brukbare tilhøve for bølgeenergi anlegg, det er sjeldan heilt stilt. Energien vil fordele seg på ulik frekvens og bølgeretning ettersom situasjonen og vertilhøva blir endra. **Figur 13** syner døme på dette for to tidspunkt, høvesvis i april 2007 og mai 2006.

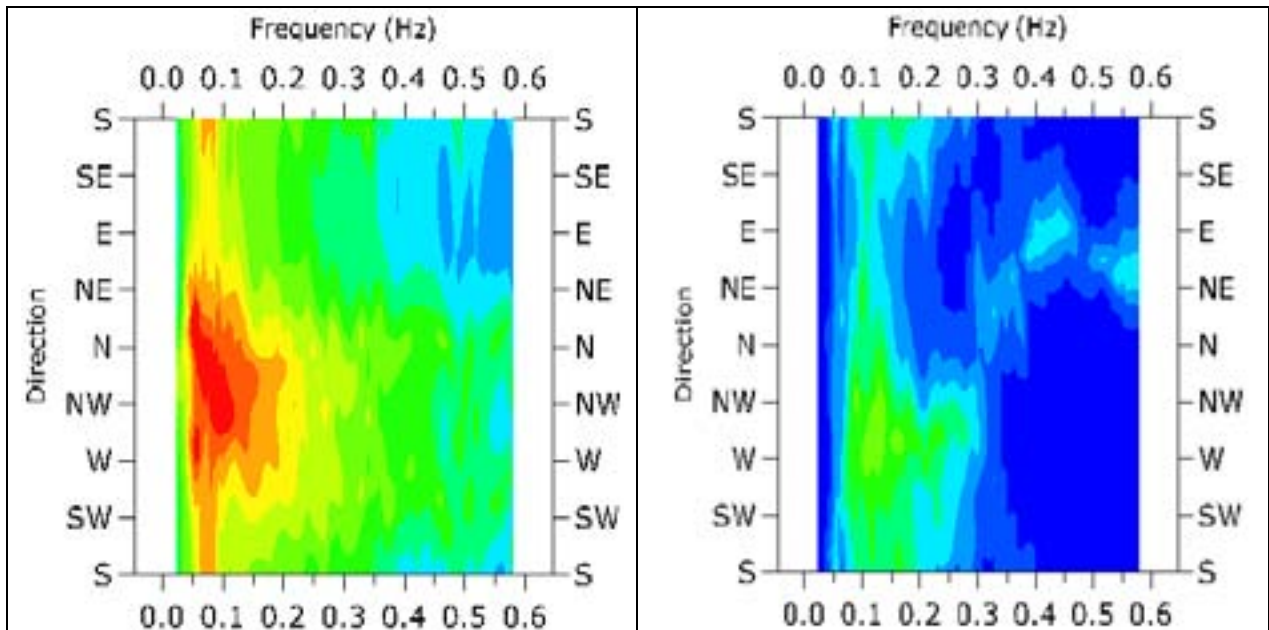
Med bruk av rette analyseprogramma kan ein skilje mellom langbølgja dønning og kortare vindsjø, og eventuelt også om desse har ulik retning. Slike analyser er relevante for å finne effektivitet for bølge energianlegg som eventuelt er retningsavhengige (t.d. Pelamis eller Wave Dragon type, evt landbaserte OWC anlegg), men er mindre relevant for vertikalt-svingande bøyer. Motsvarande analyser er også relevante i høve til styrke-design av anlegga for ein gjeven lokalitet, og for å simulere/modellere bølgefplanting frå ein offshore måleposisjon innover mot land.





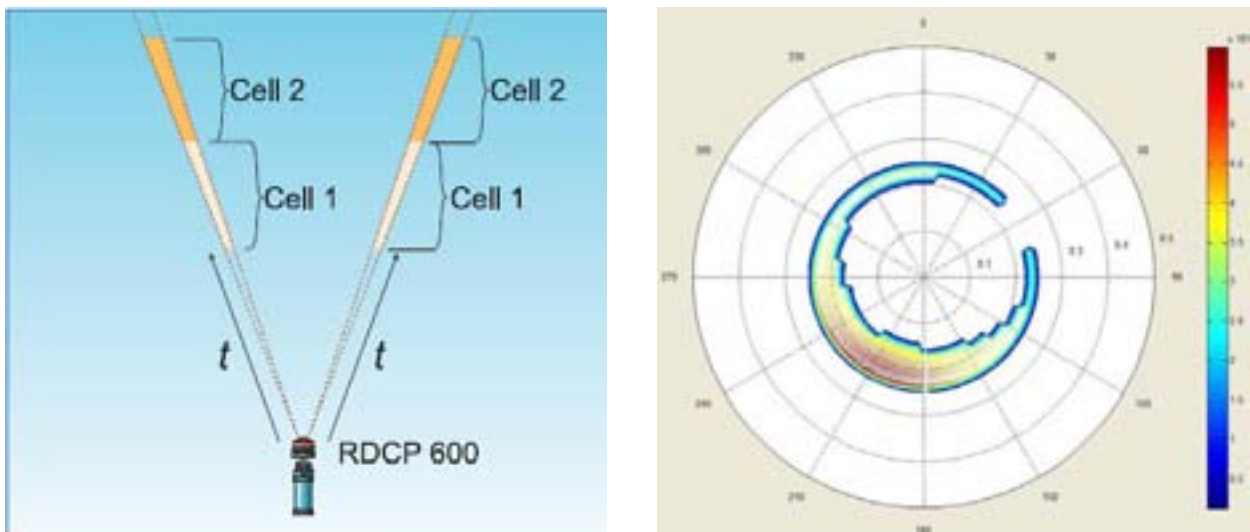
Figur 12. Bølgehøgd (Hs, i meter) og bølgeperiode (Tp, sekund) for dei høgste bølgjene i kvart 20 minutt måleintervall basert på faktiske målingar på Buagrunnen ca 12 n mil av land i april 2007 (mykje sjø), og Hs samt bølgeretning i mai 2006 (rolege tilhøve). Y-akse verdi er dag nr i året (juliansk dag). Pilene indikerer tidspunkta for data som er framstilt i energispektra i neste figur.





Figur 13. Energispekter versus bølgefrequens- og retning for to utvalgte tidspunkt i måleseriene fra Buagrunden synt i førre figur (april 2007, mai 2006).’

I juni-juli 2007 vart det utført prøvemålingar ved Runde med ein ny versjon av AADI (Bergen) sin RDCP600 profilerande Doppler strømmålar som også var konfigurert for å måle bølger. Målelokaliteten var på ein stad tiltenkt testing av bølgeenergi anlegg på sørsida av øya. **Figur 14** syner målareren og måleprinsippet samt resultat for eit tidsrom den 22. juni. Slike instrument er velegna til å avdekke bølgeklimaet på ein gjeven lokalitet. Målingane bør dekkje alle årstider dersom det er tale om kontinuerleg bruk av lokaliteten.



Figur 14. Til venstre: AADI RDCP600 profilerande doppler strøm/bølgeomålar. Til høgre: Resultat av målingar med RDC600 ved Runde, 22 juni 2007, med resultat for bølgeenergien fordelt etter retning, og frekvens (radiell akse).

2.1.5 Potensialet i Møre og Romsdal

Det teoretiske potensialet i fylket er stipulert til over 90 TWh/år, men som vi ghar sett, er det kun ein liten del av dette som er praktisk utnyttbart. Ut frå tala framfor er det rimeleg å sette ein verdi rundt 12-13 TWh/år som eit maksimalt realiserbart potensiale i fylket. Med fråtrekk for avgrensingar m.o.t. topografi, djupner m.m. vil det faktisk realiserbare kunne vere 1/5 av dette, eller 2-3 TWh/år. Dette harmonerer bra med NVE sine nemnde estimat på 3,3 % av teoretisk potensiale (3,3% av 90 TWh/år = 3 TWh/år). Ut frå erfaring frå andre stader er det grunn for å vere konservativ i første omgang m.o.t. bruk av slike tal, i og med at den faktiske effektiviteten for energiomsetning i anlegga gjerne er lågare enn det leverandøren seier (typisk 1/5, 20%). Vi vil difor tilnærme oss eit realistisk anslag ved å halvere det oppgitte talet til 1-2 TWh/år for Møre og Romsdal.

Dette er ei "top-down" tilnærming til eit potensiale basert på kor mykje bølgeenergi som kjem inn mot land utanfrå. 1 TWh/år motsvarar ein kontinuerleg produksjon på ca 100 MW. Med realistiske produksjonstal på 50-100 kW for aktuelle anleggstypar i dag, vil dette innebere av storleiksorden 1.000 einskilde anlegg uplassert i fylket. Dette høyrer mykje ut, men om ein tenkjer seg anlegga plassert i klynger utaskjers, t.d. 50 anlegg pr klynge (5MW), og supplert med nokre OWC anlegg på land, så er dette fullt mogleg å realiserte innafor tilgjengeleg areal. Framtidige anlegg vi også kunne oppnå vesentleg høgare effekt enn dei oppgjevne tala, som er basert på historiske erfaringstal. Ein årsproduksjon på 2 TWh vil innebere dobbelt så mange anlegg men framleis er det god plass til desse.

Plassering av anlegg

Kvar er så gode lokalitetar for slike anlegg, langs kysten av Møre og Romsdal? (**Figur 15**). Rapporten "Skip i sjøgang" (Dale 1979) peika ut område langs kysten med farleg store bølger (evt kritisk kombinasjon av straum og bølger), basert på intervju av losar m.fl. Kysten av Møre og Romsdal var rikeleg representert, med fire kritiske område: Statthavet, Runde-Godøy, Hustadvika og Grip-Smøla (Den Norske Los 1997, s. 172). Kan dette vere gunstige område for utvinning av bølge-energi? Det er ikkje automatikk i dette, men det gjev ein indikasjon.

Kysten av Sunnmøre har gjerne litt større djupner nær land enn områda lenger nord, og der er lite skjerming mange stader for havbåra. Så grovt sett vil Sunnmørskysten kunne vere best eigna for bølgeenergi produksjon. Andre faktorar slik som nettilgong og behov for straumen vil kunne legge føringar som gjer at ein ikkje naudsynleg vel ut dei beste lokalitetane ut frå ressursgrunnlaget. Både Romsdal (med Ormen Lange anlegget og Hustadmarmor) og Nordmøre (med Hydro-Sunndalsøra og Tjeldbergodden) har store konsumentar, mens Sunnmøre har ein betydeleg verkstadsindustri også med høgt forbruk.

Potensialet er større jo lenger ut frå land ein kjem. Difor bør det satsast på plassering av anlegg ut frå kysten. Vi har i **Figur 15** skissert nokre interessante område for slik plassering, i ein oppstartsfase.

For anlegg nær land er område A - Stadt-Runde (utafor Åramsundet/Vanylvsgapet) og område B- nord for Breisundet interessante, p.g.a. god eksponering nær land og djupner ned mot 50 m. Her vil ein og ha kort avstand til skjerna område og hamner i Storfjorden/Vartdalsfjorden dit anlegg kan fraktast for servise/vedlikehald. Og der er kort avstand til mange bedrifter og kompetansmiljø innafor den maritime klynga.

For utaskjers plassering har vi antyda 4 lokalitetar i første omgang, i avstand ca 6 n. mil frå land. (Av praktiske omsyn, t.d. til tråling, kan det vere aktuelt å legge seg innom 6 n. mil.) Her vil høvelege djupner vere eit lokaliseringsskriterium, vi har t.d. antyda klynge D plassert på Mebotnen, og klynge E på Buagrunden der djupnene er 60-80 m, noko som skulle høve bra for t.d. oscillerande bøyer (punkt-absorbatorar), eller for Pelamis type anlegg.



Vi ser for oss klynger på t.d. 200 flytande anlegg (bøyer) i kvar klynge. Med ein nominell effekt for kvar bøye på 100 kW vil kvar klynge representere 20 MW, eller 80-90 GWh/år om ein reknar med ca 50% verkningsgrad. Om kvar bøye opptek eit areal på 100 x 100 m, så vil 200 bøyer okkupere eit område på ca 2 km². Til samanlikning er dei tre planlagde Havsul anlegga som skal produsere 4,2 TWh/år fordelt på til saman 208 km². Dette gjev ein el-produksjon på om lag 20 GWh/år pr km², eller om lag det halve av det ei klynge av bølgeanlegg nøkternt rekna kan produsere pr arealeining.

Dette indikerer at skal ein legge energianlegg utaskjers så kan bølgeanlegg gje meir energi pr arealeining enn vind, og såleis beslaglegge mindre areal for same produksjon.

I ein oppstartsfasen bør også nokre landbaserte anlegg utplasserast. Det kan vere anlegg av type bølgekammer/svingande vassøyle, slik som "Pico" anlegget på Azorane, eller det planlagde TWEC anlegget på Færøyane (gunstig også for å styrke nordisk samarbeid på energifronten). Det kunne også vurderast om Norwave sitt bølgejerne konsept kunne revitaliserast og etablerast ein stad i fylket.

Kriterer for aktuelle stader for slike landbaserte anlegg er tilstrekkeleg djup nær land til at høge vindbølger og havdønning bevarar det meste av energien heilt inn mot land. Dei beste områda eksponeringsmessig sett er då sør for Romsdalsfjorden, helst frå synste Nordøyane og sørover. Om ein tek omsyn til faktorar som nærleik til nett og forbrukarar, til tilstrekkeleg avstand frå busetnad og til estetiske faktorar kunne evt stranda mot Breisundet mellom Flø og Vartdal eigne seg; der er rimeleg bra eksponert for havbåra.

Vi nærmar oss ikkje meir til aktuelle lokalitetar for plassering av større anlegg, til det trengs det vidare analyser av ressursgrunnlaget og eliminering av område der ein kan sjå bort frå anleggs plassering av ulike grunnar som vern, fiske, ferdsle etc.

Vi har ikkje gått inn på bruk av små "mini" anlegg (kW-storleik) for produksjon av energi frå bølger eller tidvatn. Her vil ein kunne ta ut ein visst potensiale og dekkje behov lokalt, sjølv om samla bidrag til total el-produksjon kanskje ikkje blir så stor.





Figur 15. Kysten av Møre og Romsdal, med antyda lokaliseringsområde for h.h.v. kystnære anlegg og anlegg lenger ut (ca 6 n. mil av land) i ein oppstartsfase.

2.2 Tidvatn

2.2.1 Tide-potensialet i Norge

Hammerfest strøm gjorde ein studie av tide-potensialet i Nord-Norge, sør til Trondheimsfjorden, og fann 60 stader vurdert som interessante, (Harald Johansen, pers. komm.), d.v.s strøm > 2.5 m/s for tidevassmøller. Anslaget for årsproduksjon var **650 GWh/år**.

Statkraft har som tidlegare nemnt, funne eit potensiale på **2 TWh/år**, for område nord for Trondheimsfjorden. Dette er 3X anslaget til Hammerfest Strøm.

Når ein reknar på dette potensialet eller tenkjer på utbygging så er det fleire faktorar som må takast omsyn til:

Tidvatnet langs norskekysten er regelmessig og predikerbart, med periode på ca 12,5 time. Dette er positivt og gjer at utnytting av energien vil kunne planleggast.

Fasen til tidvatnet endrar seg med ca 50 minutt kvar dag. Det gjer at innfasing mot dagleg max forbruk t.d. ikkje er beinfløkt, her må ein kanskje tenke buffring av energien, t.d. ved å pumpe vatn opp i høgdebasseng og tappe ut når det er størst behov for energien. Så sjølv om tidvatnet er regelmessig, så må ein ta omsyn til den daglege tidsforskyvinga.

Faktorar som vind og lufttrykksgradientar genererer andre strømmønster som enten kan forsterke eller redusere tidvass-strømmen.

Vind og bølger varierer, langs kysten kan toppen i bølgeenergien vere ute av fase med vindperioden med mange timar. Bølgjene bygg seg opp og legg seg seinare enn vinden, og såleis kan desse to energiformene utfylle kvarandre bra i ein energi mix. Det vil imidlertid alltid forekomme rolege og oftast samanfallande periodar med svak vind og lite bølger. I slike periodar, kanskje assosiert med kulde og høgt elektrisitetsforbruk om vinteren, vil tideenergi kunne dekke opp noko av den manglande produksjonen frå dei to andre energiformene.

I fjordar og fjordmunningar med stor ferskvasstilførsle vil brakkvasslaget generere eit eige sirkulasjonsmønster, typisk med utgåande vannstrøm i overflata og inngåande "kompensasjonsstrøm" djupare nede. Dette kan overstyre strømmen frå det barotrope tidvatnet. Og ein turbin kan i verste fall bli plassert i eit sjikt med stort vertikalt strømskjær som reduserer effektiviteten og aukar slitasten. Tidvatnet følger tilnærma ei sinus-kurve. Tidvass-strømmen vil følge same mønsteret, med (enkelt forklart) max strøm midt mellom flo og fjøre og mellom fjøre-flo. Det vil sei at der vil vere lange periodar i løpet av ein dag så strømmen er for svak til å kunne drive tide-anlegg effektivt. Erfaring frå andre stader antyder ein effektivitetsfaktor på 0.3-0.4 i høve til "installert effekt" (Cassedy 1991). Dette må også takast omsyn til ved utbygging; det er viktig å ha målt strømmen på lokaliteten på førehand.

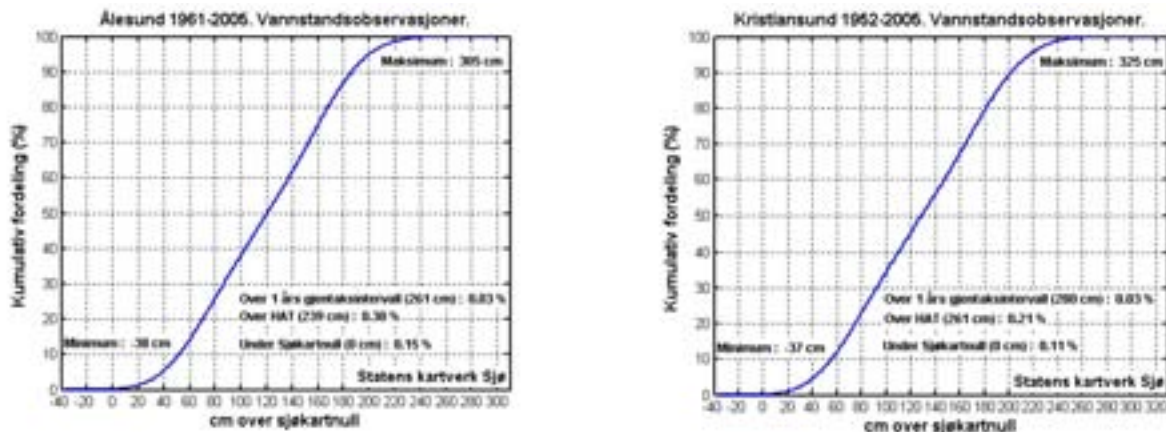
Eit tideenergi anlegg med undervass-turbinar vil naturleg nok ta ut noko av energien frå vannstrømmen og samtidig sleppe vatnet gjennom/forbi. Difor er det ei tak for kor store/mange turbinar som kan plasserast i eit sund eller i ein fjordmunning. Den teoretiske grensa for ikkje å skape blokkering er 59% av energien i vannstrømmen (Betz kriteriet). Uttak av 10-15% av energien vil normalt vere akseptabelt (SEI 2005). Viss turbinane er plassert på line i strømmens retning bør avstanden mellom dei vere 10-20 turbindiametrar. Er dei plassert på tvers, vil t.d. ein avstand på 5 diametrar (senter til senter) for turbinar som opptar 70% av djupet på staden medføre 11 % blokkering, noko som ligg innafor det akseptable.



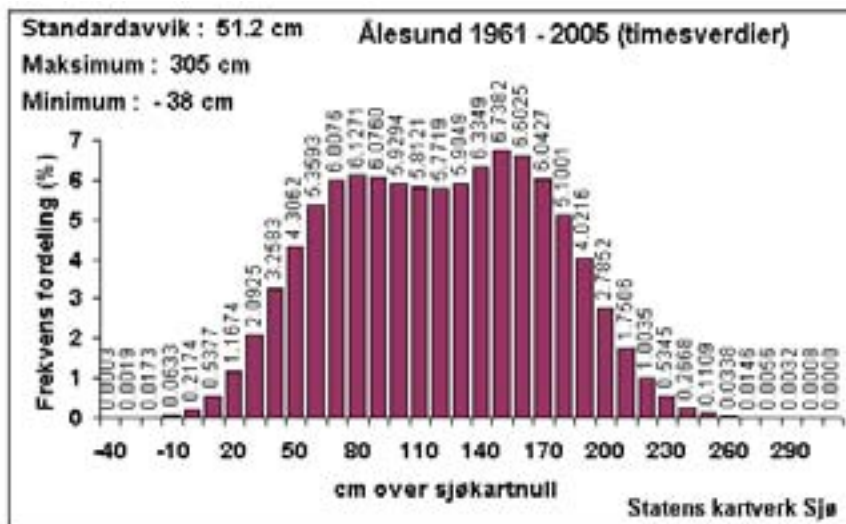
Undervasssturbinar med horisontal akse vil gjerne ha stor diameter, 20-30 m eller meir. Det avgrensar djupne intervallet som er utnyttbart til intervallet frå 10 m (p.g.a. skipstrafikk) og nedover til 30-40 m. Flytande anlegg kan dekke grunnare sjikt enn dette. Skal turbinane stå på botnen vil botndjupet vere avgrensande faktor, 40-50 m max. Vertikal aksel turbinar slik som Kobold klassen tek mindre plass vertikalt og kan egne seg betre for plassering i grunne sund.

2.2.2 Statistikk og tidlegare studiar

Tidvatnet i Møre og Romsdal har ein middel variasjon flo-fjøre på 1,5 – 2 meter. Kristiansund har ca 20 cm større skilnad flo-fjøre enn Ålesund. Ut frå dette skulle Nordmøre liggj noko betre an enn Sunnmøre m.o.t. tideenergi. Her spelar imidlertid ein faktor som botntopografi inn, slik at det reelle biletet kan vere annleis, og også medføre store lokale skilnadar.



Figur 16. Kumulativ fordeling av faktiske vassstand observasjonar for Ålesund og Kristiansund. Kjelde: Statens kartverk sjø (Sjøkartverket). Her er meteorologisk innverknad også med slik at slilnaden mellom flo og fjøre tidvis blir mykje større enn dei astronomiske tabellverdiene.



Figur 17. Frekvens fordeling av vassstand observasjonar (timesverdiar) i Ålesund, relativt til referansenivået (sjøkart null).

Høgste observerte springflo nivå i Kristiansund er 325 cm og for Ålesund 300 cm (**Figur 16**), begge inntraff i 1993. **Figur 17** syner frekvensfordeling av tidvatn observasjonar i Ålesund.



Møre ligg om lagt midt på treet når det gjeld midlare tideamplitude i Norge. Den er størst i området Rørvik- Vestfjorden (over 3,5 m meter skilnad mellom flo og fjøre i Narvik), og avtek så litt vidare nordover og austover, inntil den igjen aukar til ca 3,5 m i Aust-Finnmark (Vardø). Den moderate amplituden på Møre gjer at området hittil har vore rekna som mindre interessant for tide-energi, og foreliggande energiberekningar har blitt gjort for sjøområda nord for Trondheim.

Møre kan likevel ha visse fortrinn i høve til Troms og Finnmark i alle fall, på grunn av skilnad i fjordtopografien. I nord er det ofte vide opne fjordar med djup eller ingen terskel ved munningen, som resulterer i moderat tidvasstraum. På Møre er mange fjordar djupe, med mykje volum/vatn, og har samstundes ein grunn terskel eller innsnevring i munningen slik at tidvasstrømmen der likevel kan bli markert og kanskje utnyttbar for energiføremål. Dette er imidlertid ikkje blitt vurdert konkret tidlegare, så langt vi kjenner til.

Simulering/modellering av det synoptiske strømbiletet innover mot kysten og innover i fjordane dreve av tidvatn eller andre krefter krev relativt store ressursar om ein skal oppnå tilstrekkeleg detaljeringsgrad.

Vi har i annan samanheng (habitats-prosjekt) simulert/estimert maksimal strøm av M2 komponenten med ROMS 2D modellen på NIVA (hovedakse komponenten i tide-ellipsen) for eit område frå Trøndelagskysten og sørover. Resultat er synt i **Figur 19** med 500m horisontal oppløysing i gridet, og med eit utsnitt ved Sandøy/Nordøyane med 100 m grid.

Resultata syner kvar strømmen er sterkast, som forventa der djupnene grunnest opp og i sund. Resultata er tekne med mest som døme på kva som er mogleg å simulere. Skal ein opp i større detaljeringsgrad, må ein evt nedskalere og bruke andre modellar.

2.2.3 Tide-potensialet i fylket

Reine oppdemnings/barriere anlegg er neppe realiserbare i fylket. Til det er tidvassamplituden for liten, så vi ser bort frå dette.

Tideenergi anlegg av type undervasssturbin er imidlertid interessante å vurdere, både type horisontal-og vertikal aksla. Desse krev ein viss minsteverdi for straumen for å kunne produsere opp mot det dei er dimensjonert for (nominell effekt). Denne verdien er ganske høg for mange anlegg, gjerne med 1,5 til 2 m/s som kriterium for maksimumverdien for tidvass straumen. Dette motsvarar ein middel straumfart over eit tidvass-syklus på om lag det halve.

Kunnskapen om straumtilhøva i fylket er mangelfull, men det er rimeleg å anta at så høge verdiar som dette knapt finst nokon stad, med unntak av i trange/grunne sund. Vår erfaring frå ulike stader er at straumen oftast ligg under 0.5 m/s. Fylket har mange opne djupe fjordar med djup munning slik at ein ikkje får særleg auke i straumen på grunn av innsnevringar.

Dei aktuelle turbinane produserer imidlertid energi ved straumstyrker langt under dei nemnde max verdiane. Produksjon skjer også ved straum under 0,5 m/s som er meir normalt forekomande langs Vestlandet. Under slike tilhøve må ein imidlertid ikkje rekne med å oppnå den oppgjevne (nominelle) effekten for anlegga, og kost/nytte brøken blir større.

Det halvdaglege tidvatnet (M2 komponenten) dominerer i fylket. Modellstudiar av Moe m.fl. (2003) har synt at på deler av kysten av Sunnmøre (nordsida av Breisundet) dominerer den daglege måne-sol komponenten K1 over den halvdaglege M2 komponenten. Dette er ikkje stadfesta av målingar, men viss det stemmer, inneber det redusert tideenergi potensial i dette området i høve til øvrige område i fylket.

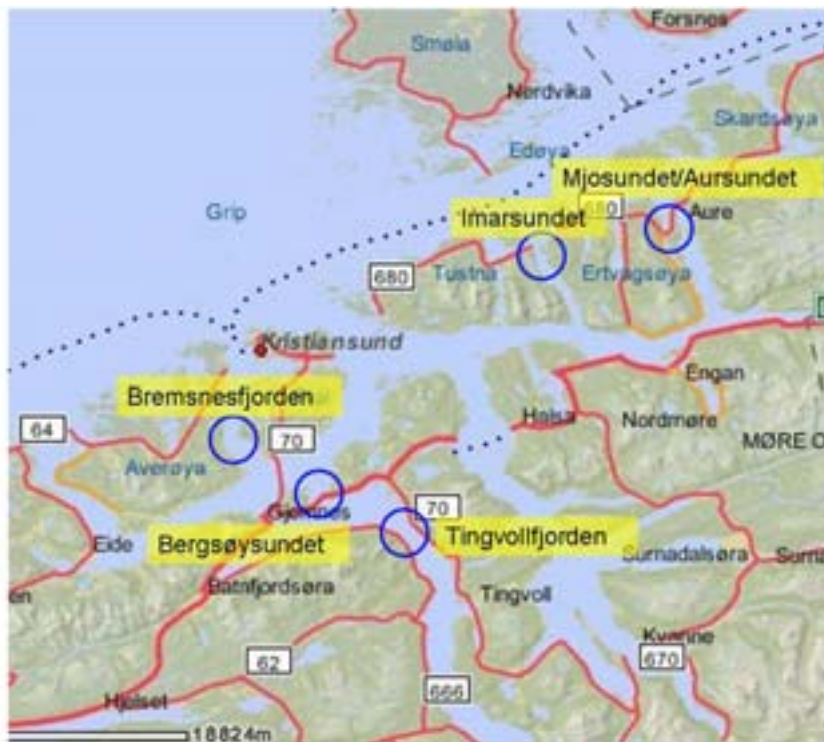


Nordmøre har den største tidvass-amplituden i fylket, og har også fleire interessante fjordar som kunne eigne seg for i alle fall utprøving av tideenergi-anlegg. I 2006 utarbeidde Runde miljøseniter og Energuide eit forslag om å sjå nærare på fem lokalitetar på Nordmøre (**Figur 18**). Vi opprettheld i denne rapporten desse lokalitetane som interessante, utan å ha straumdata derfrå. Det å skaffe slike data er ein føresetnad for å kunne gå vidare med detaljerte analyser.

Andre straumsterke lokalitetar er også interessante å vurdere, til dømes Skodjebraumen og Dragsundet (Herøy) på Sunnmøre.

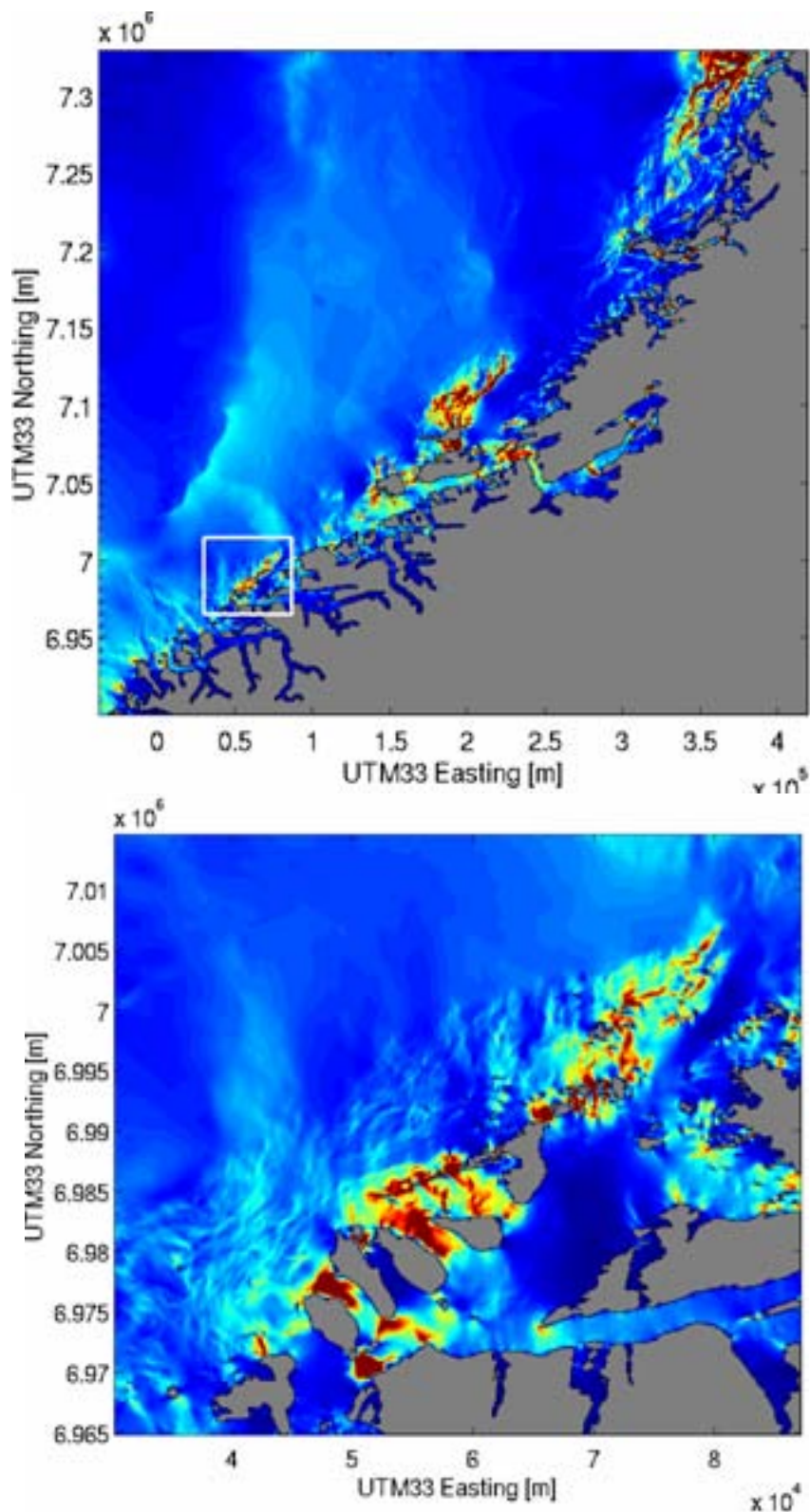
Det er vanskeleg å gje ein eksakt verdi for potensialet for tide-energi. Om ein antar ein oppstart på fem lokalitetar med utplassering av 2 stk 100 kW turbinar (1 på kvar side) pr lokalitet, så vil årsproduksjonen kunne bli av storleiksorden 3-5 GWh.

Det er rimeleg at dette talet kan aukast monaleg når ein har fått erfaring med anlegg og drift. Ein moderat 10x oppskalering og plassering også i andre fjordar vil då gje ein produksjon på 0,2 TWh/år. Dette bør kunne oppnåast innafør ein 5 års tidshorisont.



Figur 18. Kart over fjordane på Nordmøre, med antyda lokalitetar for vidare utgreiing av potensialet for tide-energi.





Figur 19. Simulert strømfart p.g.a. tidvatnet med 2D ROMS (Rutgers University) modellen, med 500 m oppløysing øvst, og 100 m oppløysing i utsnittet for Nordøyane nedst. Blå farge gjev område med svak strøm, raud farge område med høg strømfart. Kjelde: NIVA.



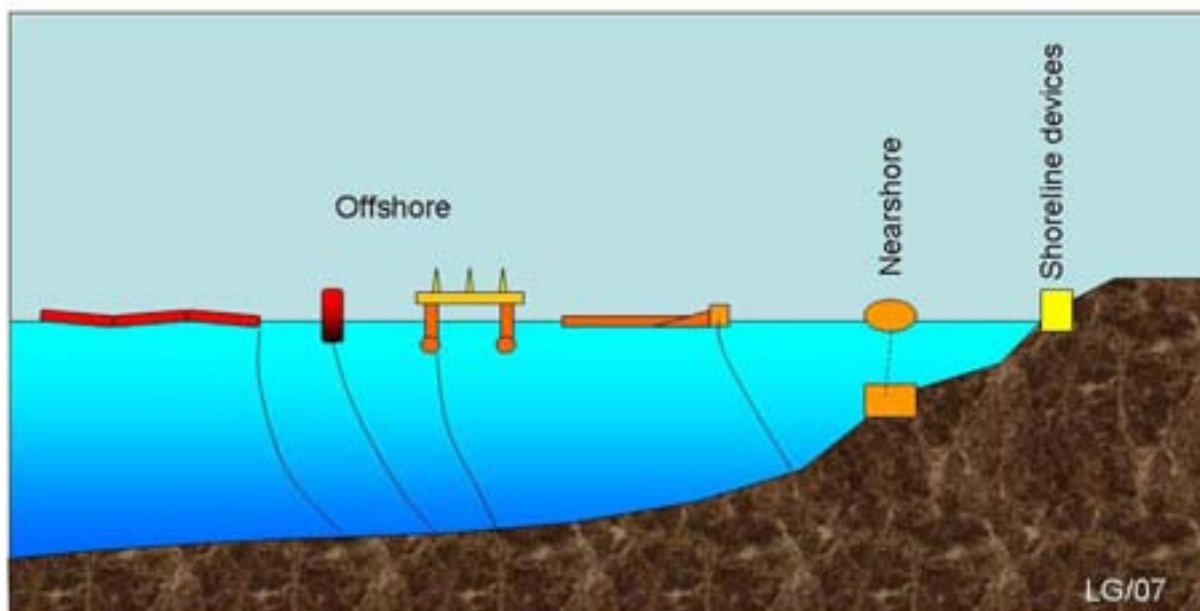
3. Oversyn over aktuelle teknologiar

3.1 Bølge-energi

Det eksisterer mange forslag og patentar (> 1,000 stk har vore nemnt) for bølgekraftverk. **Figur 20** og **Figur 21** illustrerer ulike typar bølgeenergi anlegg, sortert etter plassering og type/prinsipp.

Fleire konsept har røter tilbake til 17- eller 1800-talet, og tanken om å utnytte energien i bølger og tidvatn er langt eldre enn dette. "Møller" for utnytting av tidvatnet har lenge vore i bruk på eigna stader, mens utnytting av bølgeenergi på kommersiell skala ennå er i startgropa.

Bølgeanlegg-klassifisering/lokalitet



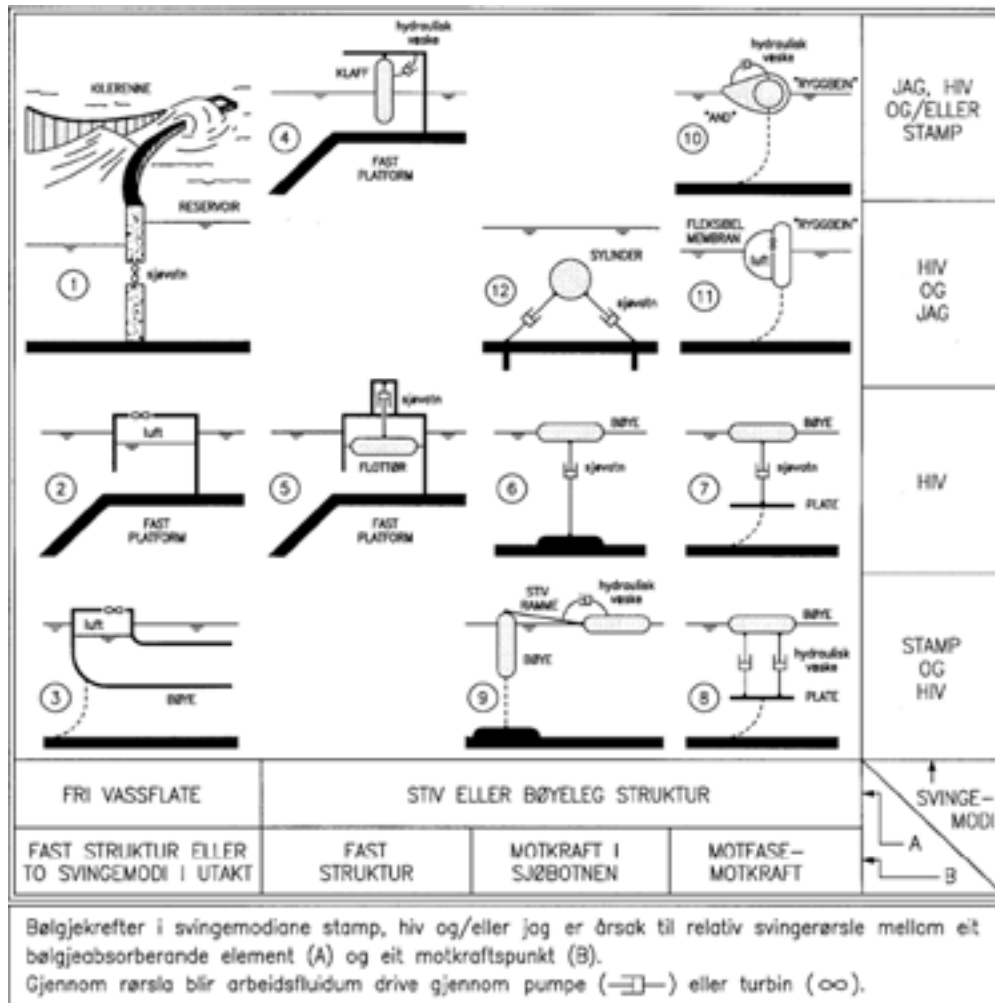
Figur 20. Skisse over ulike anleggstypar for utnytting av bølgeenergi, gruppert i høve til plassering/djup.

Anleggstypar for utnyttig av bølgeenergi kan delast inn i følgjande kategoriar (CRES 2006):

1. Oscillating water columns	Svingande vassøyle/bølgekammer
2. Overtopping devices	Høgdebasseng
3. Heaving devices	Bøyer, vertikal-rørsle
4. Pitching devices	Kjede av samanhengande "bøyer"
5. Surging devices	Utnytte bølgeassosiert strøm

Pr dags dato er det ingen permanente storskala (X MW) bølgekraft anlegg i drift nokon stad så langt vi kjenner til, men det er fleire større pilotanlegg på hundretals kW nominell effekt utplassert for testing over fleire år og som også leverer energi til nettet. Og for spesielle applikasjonar slik som å skaffe elektrisk energi til lysbøyer har bølgekraft blitt utnytta i mange år.





Figur 21. Prinsippskisse for ulike typar bølgekraftomformarar (G. Hagerman 1992, Falnes 1996).

Forklaring til **Figur 21** (etter Falnes 1996):

Eit bølgekraftanlegg kan vera plassert i stranda, nær land på ein molo eller på ein botnståande konstruksjon (1, 2, 4, 5), eller plassert i djupare vatn langt frå land (3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Bølgekraftene verkar på ein rørleg absorbatore, som arbeider enten mot eit fast punkt (på land eller sjøbotnen) (1, 2, 4, 5, 6, 12) eller mot ein annan rørleg, men motkraftytande, struktur (3, 7, 8, 9, 10, 11). Når eit langt "ryggbein", felles for fleire like absorbatore, skal gi motkraft, bør det ha ei lengd på meir enn ei typisk bøljelengd. Den svingande rørlege absorbatoren kan vera sjøvann (1, 2, 3), eit bøyeleg medium (11) eller ein stiv kropp (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12). For dei fleste bølgekraftanlegg er absorbatoren i vassflate, men han kan også vera litt neddukka (12). Svingerørsle kan vera vertikal (hiv), horisontal (jag) eller roterande omkring ein akse langs rådande bølgefrontretning (stamp). Luftturbinar (2, 3, 11) eller hydraulisk maskineri kan brukast for å konvertera den absorberte bølgeenergien til nyttig energi. Det hydrauliske maskineriet kan vera ein vass turbin (1) eller ei pumpe som skaffar trykk i ei hydraulikkvæske (vatn eller olje), som driv ein hydraulisk motor.

3.1.1 Internasjonalt perspektiv, bølger

Etter energikrisa ("oljekrisa") i 1973 var det i mange land sett i gong forskning og utvikling av ny, fornybar energi, inkludert havenergi. USA var leiande men også Japan, UK og andre land løyvde betydelege midlar til slik forskning der Norge kom med for fullt på slutten av 1970-talet. Internasjonalt vart dei offentlege tilskota til utvikling av fornybar energi markert redusert etter 80-talet og har aldri



nådd opp til nivået då, målt i realverdi og knapt nok nominelt. Likevel heldt forskning og utvikling fram, særleg i UK, Danmark og Portugal, og seinare Irland.

For bølgeenergi er det mange godt utvikla konsept internasjonalt, slik som Pelamis (UK, m/Hydro støtte), Wave Roller (Finland), Seabased WEC (Sverige), PowerBuoy (USA), SEEWEC (UK), Wave Dragon (Danmark), Wavemob (UK), Wave Energy (Hellas), C-Wave (UK) og mange fleire. **Figur 22** syner nokre døme.

Wave Dragon har fått mykje merksemd og støtte frå m.a. EU til utvikling og testing. Også Pelamis sitt konsept med ei flytande lenke av sylindrar ligg langt framme i utviklinga og den leverer straum til nettet i Portugal, i eit forsøksprosjekt.

Pr dags dato er vi kjent med i alle fall to fullskala anlegg som er i prøvedrift i Europa: LIMPET (500kW svingande bøye, Wavegen Ltd.) etablert år 2000 på Islay i Irskesjøen og European Pilot plant, ("Pico plant") på Azorane (fangdam, 400 kW). Sjå **Figur 22**. Det skotske Pelamis anlegget er også langt framme etter test av eit 750 kW anlegg ved Orknøyane (EMEC senteret), og nå med fast installasjon i Portugal.

På nordisk nivå er som nemnt både Sverige og Danmark langt framme, og Færøyane har energiselskapet der, SEV, gått saman med Wavegen i selskapet SeWave for å bygge bølgeenergi anlegg inne i fjell.

EU satsar meir midlar i FP7 til utvikling av bølge/tide teknologi. Dei fremste landa er Irland, UK, Portugal, Tyskland og Danmark mens dei fleste EU land har eit visst fokus på energiforma. I Norge er det framleis mulegheit til å få noko stønad, m.a. gjennom NFR RENERGI programmet, og ENOVA.

3.2 Bølgeenergi anlegg i Norge

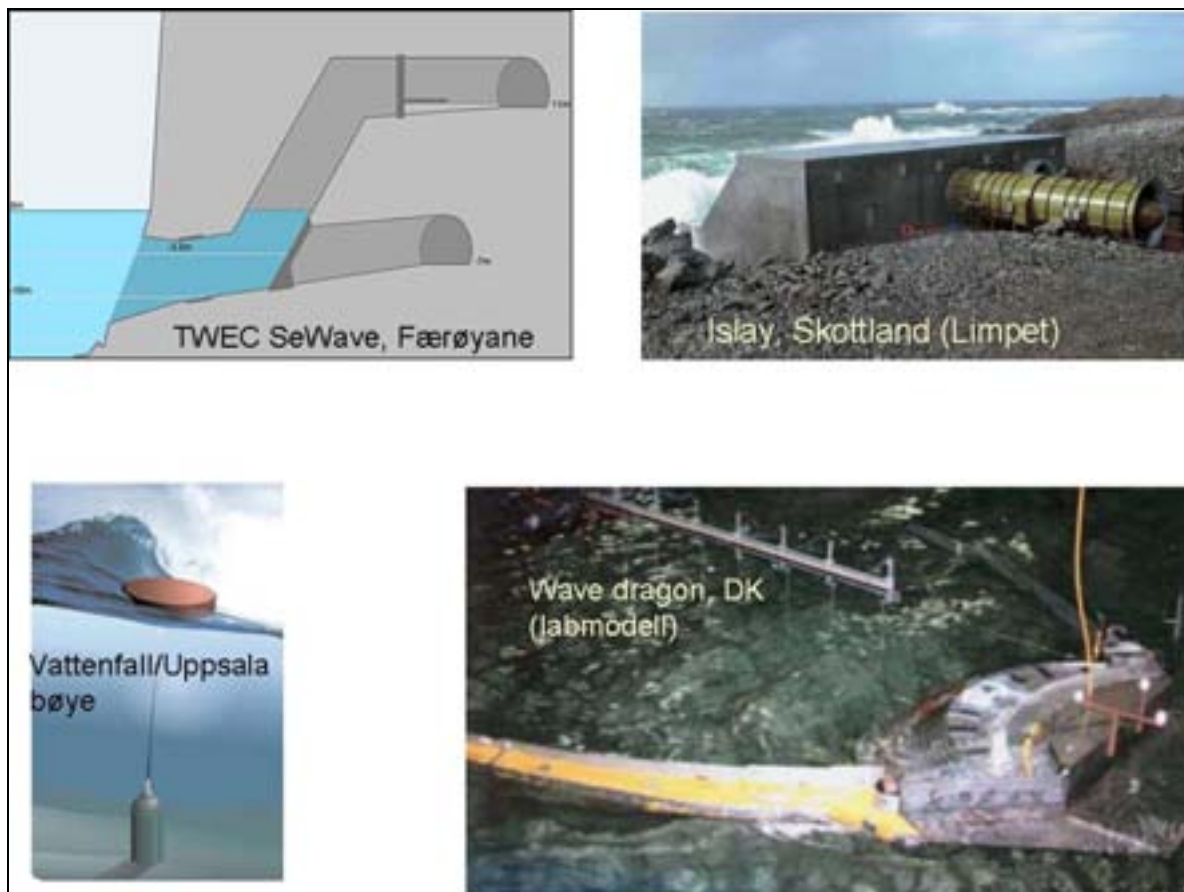
I Norge vart det satsa ein god del statlege midlar til bølgeforskning frå 1978 og fram til 1992. Forsking/utvikling av tideenergi var det då lite fokus på; dette har kome i fokus dei seinare åra.

Mest kjent i Norge er prototypene for bølgeenergi som var installert på Toftestallen på Sotra; Kværner Brug sin vertikale svingande søyle, og Norwave si bølge-renne (**Figur 23**). Førstnemnde havarete i 1986 og bølgerenna var i bruk til 1991, då forsøka på Toftestallen vart lagt ned.

Årsakene til dette kan vere mange. Etter 1992 vart det kraftige kutt i statlege løyvingar til bølgeforskning, og aktiviteten vart redusert til teoretiske studiar og laboratoriearbeid, først og fremst lokalisert til NTNU i Trondheim. Det at Toftestallen ligg langt frå kompetansemiljøa i Trondheim, og at Bergen ikkje lukkast med å bygge opp liknande kompetanse var nok også medverkande årsaker til kulminasjonen av bølgeforskinga i Norge. Norwave heldt fram med marknadsføring internasjonalt, og gjennom samarbeid med Indonesia (Indonor) vart det saman med SINTEF prosjertert eit 1,1 MW anlegg på Java midt på 90-talet. På grunn av politisk uro i Indonesia på slutten av tiåret vart dette prosjektet sett på vent.

Fram gjennom 1990-åra vart det gjort lite på bølgeenergi i Norge, med unntak av teoretiske studiar og laboratoriearbeid i første rekkje ved NTNU, som har halde ved like kompetanse på teknologien og har etablert senter for fornybar energi der bølge/tide energi inngår som studieobjekt.





Figur 22. Skisse av planlagt anlegg på Færøyane (OWC- type, svingande vassøyle, med ein turbin plassert i den vertikale vegg øvst); Islay OWC anlegget i Irskesjøen; Seabased (Uppsala/Vattenfall) sin WEC bøye og danske Wave Dragon.

Nokre eldsjeler rundt om heldt på med egne forsøk og har bygd prototyper. Det galdt mellom anna Brødrene Langset på Nordmøre, som i 1995 lanserte eit nytt bølgekraftverk design, ei optimalisert bøljepumpe, som blei testa ut på NTNU med støtte frå Norges forskningsråd (NFR) gjennom NYTEK programmet.

Rundt år 2000 kom eit oppsving i aktivitet tilknytt utvikling av havenergi i Norge, der både Statkraft, Statoil, Fred Olsen med fleire har bidrege, saman med det offentlege (ENOVA, NFR), og fleire anlegg er testa ut.

I 2001 kunne vi lese m.a. om forsøk med eit bølgekraft konsept ved Måløy (Bjørn Harstad, bølgetunnel med turbin). På byrjinga av 2000-talet vidareutvikla Ola Stornes frå Tingvoll sitt bølgekammer "Storwave", med uttesting på NTNU etc. ConWEC konseptet v/Ulf Akenes, Tapchan konseptet, Torger Tvetter sin bøljepumpe (no under uttesting i Romsdal), T. Skaaluren i Rosendal sitt konsept for energiutnytting av havstraum, og fleire med lokalt tilsnitt.

Frå slutten av 1990-åra vaks det igjen fram interesse for bølge og tideenergi hos styresmaktene (NVE, OED, NFR). I 2000 arrangerte NFR ein workshop omkring vidare satsing på bølgekraft forskning, og konklusjonane derfrå var positive, om enn avventande. Det vart diskutert å etablere eit Norsk bølgekraft forum (nå etablert i regi av Statkraft), og få meldt Norge inn i internasjonale fora slik som IEA si havenergi gruppe.





Figur 23. Kværner Brug sin OWC (prinsipp nr 2 i figur 21) og Norwave sin bølgerenne ved Toftestallen, Sotra (prinsipp nr 1 i figur 21).

Sjølv om teknologiutviklinga i Norge kan ha gått seint i perioden etter 1990, skjedde det mykje anna tilknytt kunnskapsoppbygging, slik som kartlegging av straum og bølgeklima langs kysten ved hjelp av målingar og modellar. Dette er blitt utført både av oljeindustri og forskingsinstitusjonar. Slik sett er grunnlaget for å kunne vurdere ressursgrunnlaget betre no enn for 20 år sidan. I tillegg har det skjedd mykje innafør material-utvikling, elektronikk/IT, modellering/simulering, elforsyning og teknologi-utvikling innan relaterte sektorar som havenergiutvikling kan drage veksjar på.



Figur 24. WaveEnergy (Sandnes) sitt anlegg, her som del av molo. (Prinsipp nr 1 i figur 21).



På forskningssida har, som nemnt, etableringa av Senter for Fornybar Energi på NTNU-SINTEF stimulert til fornya nasjonal satsing. Der kan folk med idear får testa ut sine konsept under kontrollerte vilkår og av kyndig personell. Bruk av slike kompetansemiljø er oftast eit krav frå NFR og andre dersom det blir løyvt pengar til testing/utvikling. Dette er imidlertid ikkje nokon garanti for ny innovasjon. I Danmark t.d. har ein registrert at det er "folkeingeniørane" som står for innovasjon innan havenergi, svært lite nytt kjem frå etablerte forskingsinstitusjonar. Det er truleg at situasjonen er liknande i Norge, og at det her ligg ei utfordring og samstundes ei mogelegheit for Forskningsrådet og andre offentlege organ til å justere prosedyre for støtte etc, ved t.d. å tenke desentralisere kompetansemiljø, mindre regionale "teknologiklynger"etc. for å fange opp og utvikle nye idear.

I det aller siste synest det som at det offentlege bidraget i Norge har minka slik at industrien nett no ser til andre land (UK, Portugal, Irland) for å få vidareutvikla anlegga sine. Her må det sannsynlegvis takast politiske grep slik at utviklinga kan halde fram i Norge.

For det ligg utan tvil eit stort potensiale for elektrisitetsproduksjon frå bølger og havstraum langs vestlandskysten og i Møre og Romsdal så vel som i andre land med eksponert kyst. Utanlands er dette dokumentert gjennom mange studiar, nasjonale/regionale, mens det i Norge ikkje har vore gjennomført detaljerte studiar regionalt/nasjonalt av slik karakter, der det blir sett på både ressursgrunnlaget, konkrete teknologiar, og praktiske spørsmål knytt til eventuell installasjon av ulike anleggstypar.

Vi nemner kort nokre nyare norske konsept som det har vore publisert informasjon om.

Wave Energy sin "slot cone generator", med utprøving av eit 200 kW anlegg på Kvitsøy. Dette er eit landbasert anlegg, med skråstilte fangdammar i fleire høgder støyt inn i fjellet over havnivå. Vatnet blir så tappa på baksida gjennom fleire turbinar. Utviklinga er støtta med 8 mill kr frå EU. Samarbeid med Univ i Ålborg, NTNU, Univ i München m.fl. ser nå til utlandet (UK, Spania) for vidare kommersialisering, p.g.a. gode støtteordningar i desse landa. **Figur 24** syner ei skisse av ein mogleg storskala installasjon, integrert i ny molo.

FOBOX (Fred. Olsen) sin "Buldra" plattform (**Figur 25**), med utprøving ved Jomfruland og planlagt 10 MW installasjon ved Karmøy. Dette er eit sjøbasert konsept, med oppankra plattform. Støtte frå ENOVA og EU (15 mill kr). Nyleg har FOBOX valt å skrinlegge Karmøy og i staden legge vidare utvikling til UK (Wave Hub, Cornwall) p.g.a. det norske avgiftssystemet. Det er planlagt ei 5 års kommersiell prøveperiode i UK, med ei 36x36 m stor plattform.



Figur 25. FOBOX sin "Buldra" plattform. Arbeider om lag etter prinsipp nr 5 i figur 21.



3.3 Bølgeenergi anlegg i Møre og Romsdal

Fleire i Møre og Romsdal og i nærliggande region har utvikla bølgekraftverk i ei eller anna form. STORWAVE anlegget, utvikla av Ola Stornes på Tingvoll, har vore gjenstand for grundig utprøving hos NTNU og ein 20 kW prototype har blitt prøvd ut i fylket. Dette er eit strandmontert bølgekammer med svingande vassøyle (type 2 i Figur 4).

HSPS sette i drift ei prototype på Erviksanden i Vågsøy kommune i Sogn og Fjordane vinteren 1998. Systemet består av eit skråstilt firkant-kasseprofil med trakt mot sjøen. Bølgjene som slår inn mot fronten skaper eit overtrykk mot stempelet som blir skyvd oppover og stoppar mot demparar i øvre stilling (ved fullt slag).

Nokre anlegg/konsept med tilknytning til regionen:

- **Torger Tvetter** sitt bølgepumpe anlegg. Pilotinstallasjon på Hustad, Fræna i 2007 (bøyebasert pumpesystem med neddykka turbin).
- **Pelagic Power**, Vanvikan. Botnplassert anlegg med bølgepumper og overflatebøyer, med utprøving i Flatanger i 2006, med støtte frå ENOVA.
- **Ola Stornes**, STORWAVE, bølgekammer, utvikla på Tingvoll, testa på NTNU, i Bud og Kvisvika. (Type 2 i Figur 21).
- **Ånund Ottesen**, Ulsteinvik, med fleire forslag (<http://www.owwe.net>), m.a. offshore turbindreve bøljesamlingsanlegg integrert med vindmølle.
- **Ingvald Straume**, Sotra: Testing av bølgepumpe i Hjeltefjorden, 2007. (Liknar Type 12 i Figur 21).
- **Havkraft**, Geir A. Solheim, Deknepollen, konsept for utnytting av bølgeenergi.
- **Svepro** v/ Ernst Johnny Svelund, Tustna; flytande bølekraftverk med peltonturbin.
- **Hafstad Sea Power System (HSPS)**, Vågsøy Sogn og Fjordane

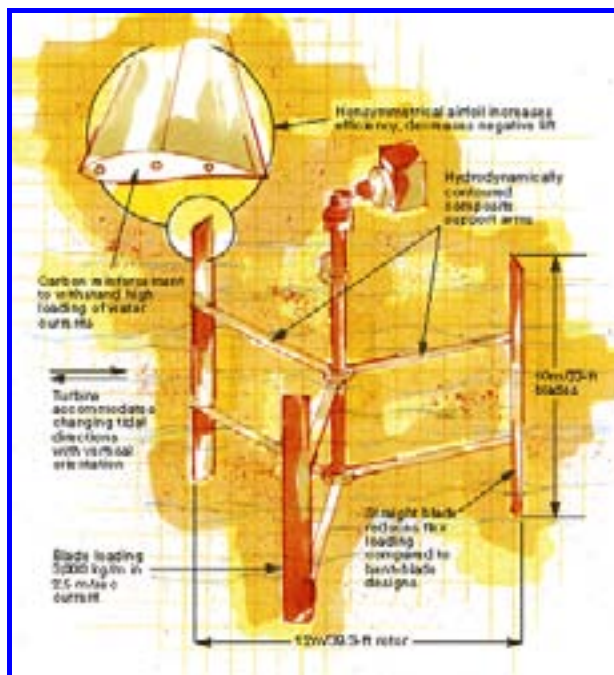
3.4 Tide-energi anlegg

For tidvatn har nokre landbaserte anlegg (demning, barriereanlegg) som utnyttar nivåskilnaden mellom flo og fjøre vore i drift lenge. Verdens største anlegg, LaRance i StMalo, Frankrike (240 MW) kom i drift i 1966 og produserer enno. Like etter etablerte Russland eit stort anlegg ved Kvitsjøen (Kislaya Guba, Cape Prityka). Ved Bristolkanalen i Wales er det planlagt eit liknande barriere-kraftverk (Severn-anlegget) som er 36 gonger større enn LaRance, og Kina har planer om eit 300 MW anlegg nær grensa til Nord-Korea (Yalu river).

Som for bølgeenergi forskning, kom det også ny fart i studium av tide-energi etter oljekrisa på 70-talet. I 1994 kunne vi lese om planer for verdas første frittstående, horisontal-aksel tidevassmølle for utplassering ved Fort William i Skottland. Sidan har fleire liknande anlegg blitt utvikla, og Norge følgjer for øvrig godt med på dette området.



I 2001 vart ENERMAR turbinen (**Figur 26**) utplassert i Messinastredet på 18-25 m djup. Den vertikalkaksla Kobold turbinen der produserer 25 kW ved ein strømfart på 2 m/s.



Figur 26. Skisse av Kobold turbinen som har stått i Messinastredet (Italia) sidan 2001.

Det er nemnt at ein vil kunne produsere tideenergi ved strømfart med mot 0,5 m/s (1 knop; NVE 2007 s. 123). Andre opererer med 1,5 eller 2 m/s som minimum strømfart. Det er då tale om strømmen ved maksimal inn/ut strømming, ikkje gjennomsnittsverdien over ein tidvass syklus. I praksis vil minste-strømmen avhenge av design og anleggstype. 0.5 m/s kan verke lågt for turbin type anlegg men kan vere tilstrekkeleg for andre konsept (transportband type).

Hammerfest Strøm gjorde ein studie av tide-potensialet i Nord-Norge, sør til Trondheimsfjorden, og fann 60 stader vurdert som interessante, (Harald Johansen, pers. komm), d.v.s strømfart > 2.5 m/s for tidevassmøller. Anslaget for årsproduksjon var 650 GWh. Statkraft har som tidlegare nemnt, funne eit potensiale på 2 TWh/år, for område nord for Trondheimsfjorden.

Hammerfest Strøm var først ute med moderne utvinning av tideenergi med sin 300 kW turbin () i Kvalsundet etablert i 2003, og som har stått i tre-fire år utan problem. Den har levert elektrisk strøm til nettet motsvarande forbruket til 25 husstandar (0,7 GWh/år). Til utvikling etc er det brukt ca 100 mill kr, med noko støtte frå NFR. Det er planlagt ein neste fase med inntil 1 MW i sundet, og vidare utvikling internasjonalt. Siste nytt er at Hammerfest strøm flaggar ut sin kommersialisering til Skottland, samarbeid med Scottish Power og utvikling først av 1 MW demomodell, p.g.a. svake norske stønadsordningar.

Statkraft har designa eit 3.6 GWh/år anlegg for plassering i Kvalsundet ved Tromsø. Dette prosjektet er no vedtatt flytta til UK p.g.a. av norske avgifter/svake støtteordningar for fornybar energi.

Tidal Sails, Haugesund (Are Børgesen) har patentert ei anordning med aluminiums-segl festa til waierar (**Figur 27**). Dei har fått stønad frå ENOVA og NFR til utvikling. Systemet er designa for strømfart > 4 knop (2 m/s). Det var/er utplassert ein pilotmodell ved Haugesund (i Skjoldastraumen). I 2008 vil det bli montering av eit anlegg i Tysnes.



Nokre andre anlegg/typer:

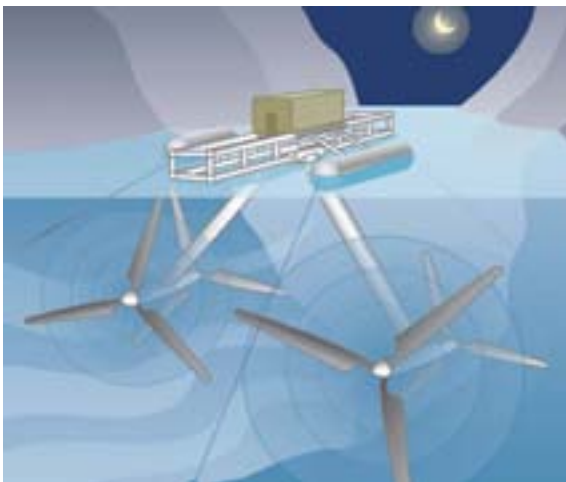
Runde miljøsentor/GWB Umwelttechnik: Samarbeidsprosjekt om eit ”transportband” (Strömungskraftwerk) med flaps som slår opp medstrøms, og som slår seg ned motstrøms. Utvikla for elver, men mogleg å nytte i sjøen, også neddykka. Fungerer også ved låg strømfart.

Atlantstrom Folven Melhus (Vågsbø, Flatsetsund).

TideTec (Per Kollandsrud, Ås): Patentert tidevassturbin, samarbeid med Russland (2005).



Figur 27. Skisse av Tidal Sails (Haugesund) sitt patenterte tideenergi anlegg.



Figur 28. To aktuelle anleggstyper for tidevannskraft, i h.h.t. Statkraft (venstre) og Hammerfest energi/Statoil (høgre).



4. Nettet i Møre og Romsdal

4.1.1 Generell omtale

Kvalitet og storleik på el-nettet langs kysten i fylket vil kunne setje grenser for storleiken av utbyggingar av bølge/tide energi. Vi har difor berørt også dette temaet utan å gå i detalj.

Det finst ein eigen Kraftsystemutredning for Møre og Romsdal. Regional kraftsystemutredning er heimla i "Forskrift om energiutredningar" fastsett av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE). NVE har utpeikt Istad Nett AS til å koordinere arbeidet med kraftsystemutredning i Møre og Romsdal.

Kraftsystemutredninga blir oppdatert årleg, siste oppdatering er frå mai 2007. Kraftsystemutredninga består av to delar: hovudrapport som er offentleg tilgjengelig og ein grunnlagsrapport som er underlagt teieplikt. **Figur 29** syner dei ulike konsesjonsområda i fylket.

Utredninga omtalar forbruk og produksjon samt høgspennettet i fylket. Utredninga omtalar dagens og framtidig overføringsbehov, det er også skissert ei rekkje tiltak for å møte dagens og framtidens behov.

Møre og Romsdal har stort behov for ny kraft. Ny produksjon i regionen vil både kunne redusere behovet for nettutbygging og redusere tap i nettet. Havenergi vil neppe kunne avhjelpe energibehovet på kort sikt, men kan på lengre sikt bli ein vesentleg bidragsytar.

Det er planer om fleire nye produksjonsanlegg i fylket, både for gasskraft og vindparkar, samt småkraft. Det kan fort bli kamp om den nettkapasiteten som finst. På den andre sida vil realisering av mange av desse planane medføre store nettforkerkingar, som igjen kan vere gunstig for etablering av anna ny produksjon frå bølge/tide energi, dvs. fleire kan dele på kostnadane.

Det er ikkje utarbeidd nokon spesielle systemtekniske krav for nettilknytning av havenergi prosjekt. For vindkraft finst det relativt omfattande krav frå Statnett.

For havenergi kan ein sjå for seg mange ulike tekniske løysningar med ulike typar generatorar og regulering m.m. Det er naturleg at det etter kvart vil kome slike krav for havenergi også.

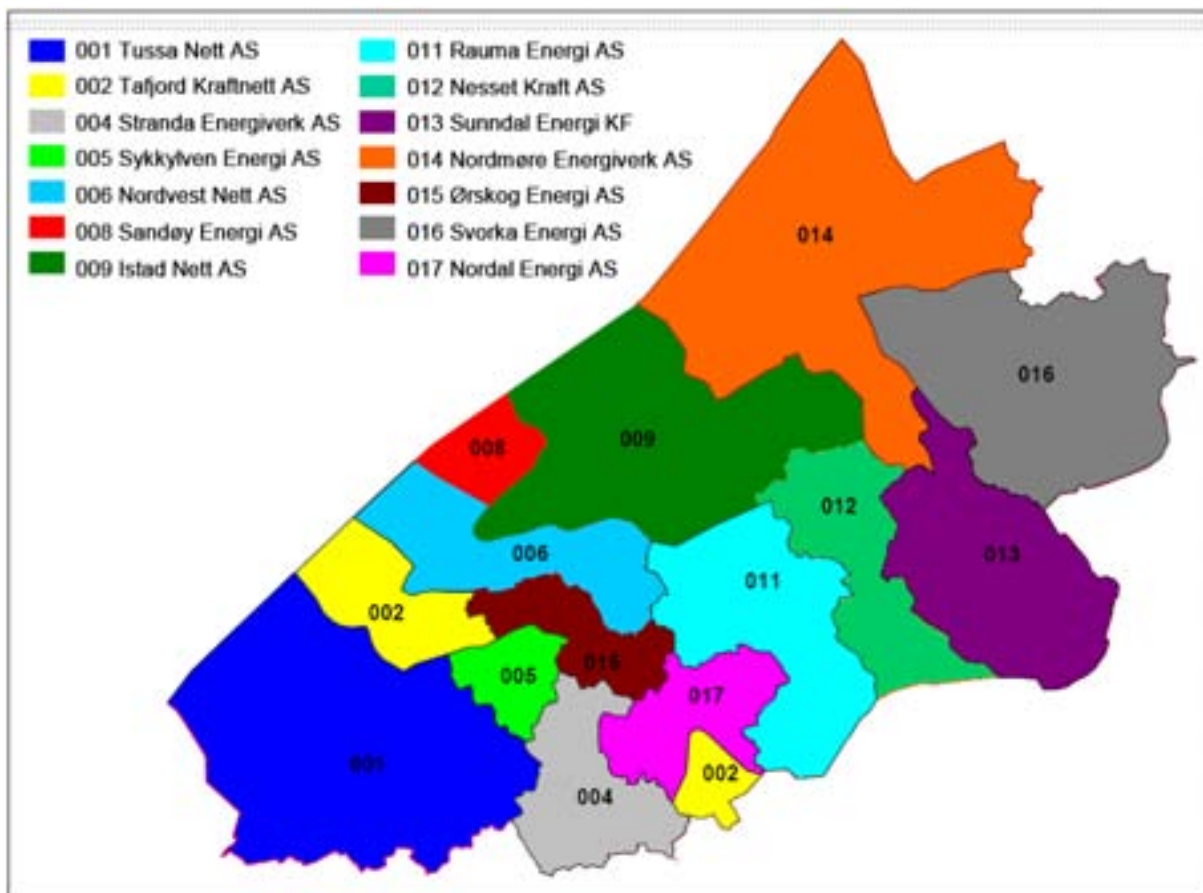
4.1.2 Kapasitet i nettet

Møre og Romsdal har relativt mange netteigarar. Langs kysten er det i alt 6 netteigarar. I samband med tide-energi kan det vere aktuelt med lokasjonar lengre inn i fjordane også, slik at ein kan kome i kontakt med endå fleire netteigarar.

For pilot installasjonar med effekt under 10 MW vil det normalt kunne matast inn på ei 22 kV line. 22 kV linjer finst i rimeleg nærleik til dei fleste aktuelle stadar langs kysten. Kapasiteten for ny innmating som kan takast mot vil variere mykje, og er avhengig av lokale forhold. For større installasjonar av bølge/tide anlegg er det nødvendig med tilkopling på høgre spenningsnivå enn 22 kV.

Høgspenn stasjonane langs kysten i Møre og Romsdal er: Håheim, Sula, Nørve, Parken og Alvheim på Sunnmøre, og Aukra, Bolli og Fræna i Romsdal, og Kristiansund, Nordheim, Gylthalsen, Smøla og Tjeldbergodden på Nordmøre.





Figur 29. Områdekonsesjonar i Møre og Romsdal. Kjelde: Regional kraftsystemutredning Møre og Romsdal 2007.

4.1.3 Kostnadar ved nettilknytning

Nettselskapa kan fastsetje eit anleggsbidrag for å dekkje anleggskostnadane ved tilknytning av ny produksjon eller dersom auka produksjonskapasitet gjer det nødvendig å forsterke nettet.

Kostnadene ved nettilkopling består av eventuelt anleggsbidrag ved tilkopling og årlege kostnadar for innlevering av energi på nettet. De årlege kostnadane består av eit fastledd og eit energiledd. Fastleddet dekkjer faste kostnadar som netteigar har ved å holde nettet. Energileddet dekkjer tapet i nettet som følgjer av innmatinga.

Møre og Romsdal har generelt stort behov for auka produksjon, og mange stadar vil innmating av ny kapasitet kunne redusere tapet i nettet, og dermed gi et negativt tapsledd, dvs. pengar til gode for produsent.

Statnett har ein eigen innfasingstariff for sentralnettet på 0,1 øre/kWh for ny produksjon med nettmessig gunstig plassering. Denne tariffen gjelder i dag for heile Møre og Romsdal, men det er ikkje sagt noko om kor lenge dette vil bli oppretthalde.

For lokalitetar til dømes ute i open sjø kan det bli betydeleg lengde på sjøkablane. Sjøkablantar er kostbart og kostnadane ved nettilkopling kan da bli store.



5. Konfliktpotensialet

Innverknad på naturmiljøet frå anlegg for utnytting av havenergi (bølge/tide) vil avhenge av anleggets plassering, utforming og storleik. Bølgeenergi anlegg vil nok for det meste innebere synlege installasjonar/komponentar og estetiske/visuelle verknadar vil nok vere størst for større anlegg lokalisert på sjøen, nær land. Tideenergi anlegg kan bli passert under vassflata, og dermed ikkje verke estetisk forstyrrende.

I tillegg vil graden av visuell ulempe variere med avstand til viktige område for friluftsliv, reiseliv, kulturminne og -miljø. Tiltak i sjø må og merkast med lys eller liknande for å vere godt synleg for ferdsel. Anlegg lokalisert lenger til havs vil ikkje ha dei same visuelle utfordringane, i sterk kontrast til t.d. havmøller som ragar høgt over havflata og er synleg lang veg.

Miljøkonsekvensar av havenergianlegg er eit aktuelt tema å utgreie i alle land som planlegg for slike eller har anlegg i drift. I Norge har det hittil vore lite fokus på dette, sidan utviklinga ikkje har kome lenger enn til utprøving av nokre pilotanlegg. Dette gjev også høve til å ligge i forkant og vere budd på det som måtte kome, ulikt utviklinga av vindenergi der fleire miljøspørsmål har blitt handsama i etterkant av utbygging.

5.1 Internasjonalt arbeid med miljøkonfliktar

IEA har etablert undergruppa OES (Ocean Energy Systems) som også arbeider med miljøaspekta. Eit særskilt møte i IEA-OES 18. oktober 2007 belyste spørsmål knytt til dette. Agendaen for møtet er synt i Vedlegg A, og både status og planer for vidare forskning knytt til temaet vart diskutert. Runde miljøseniter/NIVA var invitert og representert. Møre og Romsdal fylke bør kunne få innpass i denne IEA gruppa som arbeider både med ressurs/teknologi og konsekvensar.

Det vart understreka på IEA møtet at kunnskapsbasen er mangelfull og at dette gjer også at mange utbyggingsplanar legg lista unødig høgt for å vere "føre-var" m.o.t. moglege miljøverknadar. Det var også påpeika at anlegg kan ha positive verknadar for økosystem, ved å fungere som "kunstige rev", der fisk og fastsittjande dyr kan finne ein skjermat plass. Dette bør det forskast vidare på.

Det er for nokre større prøveanlegg som EMEC på Orknøyane og det portugisiske pilotområdet utarbeidd prosedyrar og manualar for konsekvensanalyser på førehand og kontroll/oppfølging av miljøverknadar.

Utvikling av tide-energi i USA/Canada kan ha stansa litt opp i det siste, m.a. utbyggingar i Bay of Fundy. Dette fordi planlagt storstilt utbygging vil redusere tidvassamplituden bukta innafor og dermed tørrlegge store littoralsoner som i dag blir overflødd to gongar for dag. Dette vil få store konsekvensar for biologi og fiskeri. Vidare vil isen om vinteren i dette området kunne skape problem for anlegga enn tidlegare anteke. For bølgeenergi anlegg var det ingen nye kritiske miljømoment som kom opp på IEA møtet.

Det vart og nemnt at organisasjonar og ulike interesser som ikkje direkte representerer naturmiljøet eller verneinteresser også kan vere kritiske til havenergi anlegg. Det vart synt til døme frå den britiske "Wave Hub" på Cornwall kysten (Fobox etablerer seg der no) der vindsurfarar har protestert mot at bølgeenergianlegga vil dempe bølgiene innover mot land, og dermed ta frå dei gleda og grunnlaget for denne fritidsaktiviteten. Ein kan sjå for seg at liknande grupper også vil mobilisere i Norge, og at det difor er viktig med dialog i forkant for å unngå konfliktar.



5.2 Liste over aktuelle tema

Konsekvensane for følgjande tema bør være vurdert før ein vel lokalitet for eit bølge/tide energianlegg (lista er ikkje utfyllande)

Natur og miljø

- Lokal marinbiologi, førekomst av korall, viktige område for marine pattedyr, botndyr, fisk og skaldyr.
- Fiske-, gyte- og låssettingsområde. I tillegg til kasteplassar.
- Viktige områder for sjøfugl, eks hekkeplassar.
- Verneinteresser og inngrepsfrie naturområde
- Forhold til vilttrekk (fugl)
- Forureining under drift og ved evt. avvikling
- Verknaden av støy. Gjeld både for menneske, sjøpattedyr og andre marine artar
- Elektromagnetiske verknader frå anlegg og kablar
- Mulige endringar av strømforhold, erosjon og sedimentering på sjøbotnen og i strandsona. Er mest aktuelt der botnen består av lausmassar og på grunnare areal.
- Friluftsliv og tilgang til strandsona.

Fiske og havbruk:

- Mulige konsekvensar for navigering og skipstrafikk; trafikkleier.
- Føremøner og ulemper i samanheng med evt redningsaksjonar
- Fortrenging av oppdretts- og fiskerinæringa, og fritidsfiske
- Tråling i nærleiken av anlegg og evt landkabel.
- Mulige konsekvensar ved tråling av tare, reke og fisk (fangsttap, miljø)

Skipstrafikk

- Skip i naud, mulige konsekvensar for sjøkabel og skip
- Skip i naud, mulige konsekvensar for havari av anlegg
- Kollisjonsfare

Andre næringar:

- Reiseliv og turisme.
- Olje og gass
- Fritid; havrafting, fisking, dykking, jakt o.l.

Tilhøve til andre offentlege regelverk og planar

- Status har området i kommuneplana.
- Avklaring for tiltakets lokalisering i høve til offentlege etatar.



- § 16-2 i Plan- og bygningslova omhandlar krav om konsekvensutredning for planer med vesentlege verknader. (PBL gjeld ikkje utanfor grunnlina.)
- Moglege typar konflikt, erfaringar frå andre stader; regional tilnærming.
- Eigendomsretten til bølgeenergi (privatrett m.m.)
- Utnytting av bølger og havstraum utanfor territorialgrensa kan innebere ein potensiell konflikt. Dette gjeld også internasjonalt farvatn.
- Framand og ukjent kapital inn i lokale utbyggingar; utfordringar, løysingar.

5.3 Døme: Moglege konfliktar med fiskerinæringa

Møre og Romsdal er eit viktig fiskerifylke. Fylket har ein variert flåte som utnyttar ressursar både på fjerne farvatn, langt til havs, langs kysten, skjergarden og i fjordane. Bølge/tideenergi anlegg vil i større eller mindre grad legge fysisk beslag på noko sjø/botnareal og kan også innebere tryggleikssoner rundt anlegga med restriksjonar på ferdsle og fiskeri. Det er difor viktig å vere føre-var og ha med seg fiskerinæringa dersom ein satsar vidare på utplassering av haveneregi anlegg. Vi nyttar litt plass i rapporten for å illustrere nokre aktuelle problemstillingar innafor denne sektoren.

Fjord

Der er tre store fjorsystem i Møre og Romsdal. Desse er Storfjordsystemet, Moldefjorden, Sunndalsfjorden-Tingvollfjorden. Det føregår ein del fiske i desse fjordane. Særleg i skråningane frå overflata og ned til 3-400 meter. Langs den djupe midtrenna i fjordane føregår der forholdsvis lite fiskeriaktivitet. Der føregår viktige fiskeri etter torsk, sei lange, brosme og lysing dei grunne fjordarmane. Den viktigaste fiskereiskapen i fjordane er garn. Breiflabb er viktig.

Det blir i tider av året fiska pelagisk med snurpenot etter artar som sild og brisling og små sei, og småskala tråling etter reker i nokre fjordar.

Skjergarden

I skjergarden føregår der diverse fiskeri. Det blir drive juksa, line garn og snurrevadfiske etter fleire fiskeartar. I tillegg teinefiske etter krabbe, hummar og kreps. Dette fisket blir drive både av fritids og yrkesfiskarar.

Utaskjers fiske

Frå skjergarden og utover mot Kontinentalskråninga (Storegga) føregår det fleire viktige fiskeri. Fiske etter sild føregår med snurpenot som krev relativt stort manøvreringsrom. Mellom skjergarden og 12 nautiske mil blir det dreve fiske etter torsk sei, breiflabb og fleire andre artar med garn. Det blir og dreve omfattande taretråling og snurrevadfiske i dette området.

Utom 12 nautiske mil blir det drive diverse typar havfiske. Til skilnad frå innafor 6 n. mil er det her lov å drive trålfiske. Dette kan og legge føringar for kva typar bølge/tide energi anlegg som bør utplasserast i ulike arealsoner.

Eggakanten

I eggakanten blir det drive trålfiske ned til ca 300 meter. Mellom 150 og 750 meter blir det drive garn og linefiske. Dette området er svært produktivt og der er stor fiskeriaktiviteten heile året. Her ligg det også eit vesentleg konfliktpotensiale.



Djuphavet

Djupare enn 750 meter vest om Storegga blir det ikkje drive fiske i nemneverdig grad. Men der kan til tider foregå snurpenotfiske etter makrell og litt pelagisk tråling etter makrell og kolmule.

Tabell 2. Oversyn over dei viktigaste fiskeria på Møre, og mogleg konfliktpotensiale (ja/litt/nei).

Fiskeri	Djupfjord	Grunnfjord	Skjergard	Utanskjers 0-6 nm	Utanskjers 6-12nm	Storegga	Djuphav
Trål	litt	litt	nei	nei	litt	ja	litt
Garn	Ja	ja	litt	ja	ja	ja	nei
Line	litt	litt	litt	ja	ja	ja	nei
Snurrevad	litt	litt	nei	ja	ja	nei	nei
Fritids	ja	ja	ja	ja	ja	nei	nei
Tareråling	nei	nei	nei	ja	ja	nei	nei
Teiner	Ja	ja	ja	litt	nei	nei	nei
Snurpenot	ja	ja	nei	ja	ja	nei	nei

5.3.1 Konflikt og nytte

Konfliktnivået vil som nemnt, truleg vere avhengig av storleik og type havenergi installasjonar som skal settast ut. I tillegg kjem der overføringsleidningar for elektrisitet. Det er og viktig å vite om konstruksjonane er fastståande eller oppankra og om dei har bevegelige delar. Omfang av fortøying og storleik på sikkerheitssoner er og viktige parametarar.

I dei fleste tilfelle vil konstruksjonar som blir plasserte anten på havoverflata eller på botnen ha negativ innverknad på fiskeri. Dersom installasjonane er plassert på land derimot, vil konflikt med fiskeri vere liten.

Det kan og peikast på positive effektar for fiskeri. Enkelte installasjonar kan virke som kunstige rev som gir ly og gode oppvekstforhold for fisk.

Ved større bølgekraftanlegg vil ein sannsynlegvis måle bølgehøgder. Dette vil vere nyttig informasjon for fiskeri og skipsfart.

Tidevassanlegg vil nødvendigvis måtte leggast til område med mykje straum. Dette er ofte gode fiskeplassar.

Tabell 2 oppsummerer om lag korleis vi ser for oss konfliktpotensialet i høve til fiskeria på Møre. Der vil vere liten konflikt med fiskeri dersom ein legg anlegg vestanom Storegga ut i djuphavet. Der er og relativt liten konflikt i skjergarden og i dei djupe fjordane. Størst konflikt vil det truleg kunne bli på kontinentalsokkelen og på Eggakanten og i nokre grunne fjordarmar i fjordsystem.

Store anlegg vil kunne leggast i djuphavsområdet (det ser naturleg nok store krav til anlegg og forankring). I skjergardsområde må det leggast mindre anlegg. I slike område er det mange ulike miljøtypar innafor små område. Der er til dømes lokale gytefelt som må kartleggast på førehand, og evt. overvakast.

Det vil uansett vere mogleg å finne gode **testområde for tide/bølge energi anlegg** i fylket som har liten konflikt med fiskeri.



5.4 Parallellar til vindkraft utbygging

Den kommersielle utviklinga av vindmøller skaut fart på 1980 talet, spesielt i Danmark, Tyskland og USA og vart etter kvart ein stor industri. Vindenergi gjev i dag betydeleg bidrag til el-produksjon i mange land, og Norge har også nokre anlegg i drift, alt på land førebels. På Smøla ligg den største vindparken i landet.

Utviklinga av vindenergi teknologien ligg minst 20 år framom bølgeenergi. Vindmøller plassert har stått på sjøbotnen relativt nær land fleire stader sidan 1990-talet. For vindmøller på djupt vatn er det ennå ein del utviklingsarbeid som gjenstår (jamfør havmølle utviklinga i Norge). Her kan ein for øvrig også sjå for seg ein synergi med bølge-eller tide energi (energy mix).

Det eksisterer diverse planer og søknadar om plassering av vindanlegg i sjøen langs kysten (sjå døme i **Figur 30**). Fleire konsesjonar er gitt men hittil har ingen av desse tiltaka blitt realisert. Årsakene er fleire, både økonomiske, praktiske og også det at planane har møtt betydeleg motstand også i Møre og Romsdal.



Figur 30. Nokre planlagde område for utaskjers vindkraft i Møre og Romsdal (Steen m.fl. 2006).

Det kan bli stilt krav om separat utgreiing og søknad for kraftanlegg og kraftoverføringa (med kabel/linje). Det er NVE som har handsama søknadar om konsesjon for vindkraft anlegg, i h.h.t. PBL §33-4 og forskrift om konsekvensutgreiing (MD forskrift om KU 1.04. 2005, § 7). Dette sjølv om Energilova ikkje gjeld til havs utanfor grunnlina, m.a.o. utbygging der er pr i dag ikkje underlagt konsesjonsplikt. Sommaren 2007 vart det etablert ei eiga gruppe som ser på dette og som skal vurdere ein eigen FoU strategi for vindanlegg (havmøller) til havs. Resultata frå dette arbeidet vil kunne kome utnytting av tide/bølge energi til nytte.

Framtidig utplassering av havenergianlegg kan som nemnt, ha visse parallellar til vindanlegg. Dei same søknadsprosedyrane vil sannsynlegvis måtte følgjast, og behovet for konsekvensutgreiing og granskingar vil vere liknande. Kanskje vil styresmaktene skjerpe inn krava til søknadar og dokumentasjon for vindkraft; Statkraft har lansert ein anbuds konkurranse nyleg for eit prosjekt der regelverk og prosedyrar skal gjennomgåast.



Slik sett kan utviklinga av vindkraft til havs gjere vegen lettare for utbygging av havenergi anlegg som sannsynlegvis kjem seinare. I det arbeidet som er skissert om nasjonal strategi for utvikling av havmøller burde ein også få med anlegg for havenergi, slik at ein kan vinne tid i høve til utviklinga på dette området.

Utplassering av oppankra havenergi anlegg for prøvedrift (mellombels konsesjon) til havs vil kunne gå lettare enn for vindmøller, sidan anlegga er lettare å flytte/fjerne enn vindmøller fundamentert på botnen.

Det er og rimeleg å anta at bølge-tide anlegg har eit mindre konfliktpotensiale en store vindkraft anlegg. I alle fall må utviklinga styrast slik at ein klarer å redusere til eit minimum eventuelle konflikhtar.

Det ligg i dette då eit stort potensiale for samarbeid med reiselivsnæringa for å gjere lett tilgjengelege havenergi anlegg til reisemål for turistar, der dei får informasjon om anlegga og viktigheita av produksjon av ny/fornybar energi i verda.

5.5 Eigarskap/lokal forankring

Det oppstår stundom spørsmål og protestar når energiselskap (vindenergi) som vil etablere seg på kysten, ikkje er lokalt forankra men gjerne eigd av personar eller selskap t.d. i Oslo eller utanlands. Dette er naturleg reaksjon, at dei lokale ressursane på kanskje lause vilkår blir tildelt framande utan tilknytning til regionen. Denne avstanden til eigarane medverkar truleg til å auke konfliktnivået for fleire tema.

Det er neppe lovheimel for å kunne pålegge lokalt medeigarskap, eller som kan gje lokale utbyggjarar forrang i ein konkurransesituasjon. Men vi vil sjå det som ein føremun at slike selskap vart prioritert m.o.t. søknadar og konsesjon, dersom det er opning for dette. Vidare at styresmaktene stimulerer til etablering av nye, lokalt forankra selskap. Berekraftig ressursutnytting er lettare å få gjennomført med lokalt forankra eigarskap.

6. Kva kan industri og det offentlege bidra med

6.1 Fylkesplanen

Møre og Romsdal fylke har utarbeidd ein fylkesplan for 2005-2010. Under temaet Energi er det blant anna fokus på at bruken av elektrisk energi i fylket er større enn produksjonen. Vidare står det at ”satsing på meir bruk av fornybare energikjelder kan føre til auka sjølvforsyningsgrad.

Med sin tunge maritime industri og kompetanse bør Møre og Romsdal ha potensiale til å bli verdsløiande på innovasjon og nyskaping innan fornybare energikjelder, og bør ha ei aktiv og førande rolle i utviklinga av ny teknologi. Under utfordringar som gjeld for temaet energi er følgjande punkt nemnt i Fylkesplanen: ”..legge til rette for innovasjon og nyskaping innan nye energikjelder”.

Møre og Romsdal fylke har også initiert det 4-årige programmet **Energiregion Møre**. Programmet er politisk forankra og administrativt leia gjennom regional- og næringsavdelinga. Energiregion Møre har blant anna som mål:



- Å sikre forsyning av elektrisk energi
- Å auke bruken av fornybare energikjelder og gass innanfor ei bærekraftig utvikling
- Møre og Romsdal skal ta ei leiroll i utviklinga av miljøvennlig energi
- Bli et pilotfylke for miljøvennlig og bærekraftig energiproduksjon innanfor rammene av det vedteke energiprogrammet.
- Status som pilotfylke skal føre til at det blir oppretta regionalt/nasjonalt/internasjonalt senter for bærekraftig utvikling

6.2 Marint utval i fylket og ny utvikling

Faktaboksen nedanfor gjev detaljar om Marut rådet eller programmet. Dette overordna, sentralstyrte rådet kan bli ein viktig brikke i utvikling av havenergi teknologi også i Møre og Romsdal. Dersom intensjonane skal oppfyllest, bør det etablerast eit marint utval i fylket med Marut som bakteppe men som ser heilskapleg både på forvaltning av havområda, næringsutvikling og konflikkar. Utvalet bør samrå seg med anna forvaltings-retta arbeid, m.a. utarbeidinga av Forvaltingsplan for Norskehavet som no er i gong, og Vannrammedirektivet som alt er innført i fylket.

MARUT ble etablert i 2004 for å øke verdiskapingen i maritim sektor. Nærings- og Handelsdepartementet var initiativtaker. MARUT drives i et samarbeid mellom Nærings- og Handelsdepartementet, Norges Rederiforbund og Norsk Industri. Andre sentrale deltakere er Norges Forskningsråd, Innovasjon Norge, MARINTEK, Det Norske Veritas og LO. MARUT skal sikre en mer koordinert og målrettet innsats i samarbeid mellom næringene, forskningsmiljøene, virkemiddelapparatet og myndighetene. Strategisk råd i MARUT har utarbeidet en strategi og innovasjonsplan for næringen, med tre sentrale innovasjonsområder, deriblant "krevende maritime operasjoner". Et av de mulige forsknings- og innovasjonsoppgaver under dette området er å "**utnytte havrommet i utnyttelse av fornybar energi**". Rådet ønsker også å utnytte ulike former for næringsklynger innen maritim sektor, og trekke inn andre miljø som i fremtiden vil ha sentral innvirkning på innovasjon i maritim sektor. For eksempel energisektoren. Det vises også til at det i sunnmørsregionen er minst 178 maritime bedrifter, og at Norwegian Center of Expertise nylig ble dannet i Ålesund.

Det kan også nemnast ulike fond og program, flest i regi av NFR og ENOVA som kan stimulere til nyutvikling på energisida. Det blir no også etablert CO₂ fond og NO_x fond der deler av avkastinga skal gå til forskning og utvikling på miljøteknologi og der Møre og Romsdal bør ligge godt til rette for styring og bruk av desse midlane.

Større verksemdar som oljeselskap og energiselskap (Statkraft t.d.) har egne utviklingsprogram. I Norden er Vattenfall eit lokomotiv når det gjeld å bidra til utvikling av bølge-energi, og på europeisk plan finst det mange institusjonar og verksemdar med liknande strategi.

Møre og Romsdal bør kunne dra fordel av sin eksponerte plassering, kompetansen og infrastrukturen for tiltrekke seg norske og utanlandske investorar og FoU miljø som arbeider med utvikling av tide- og bølge energi anlegg. Med eit minimum av tilrettelegging og koordinering bør dette gå an å få til.

6.3 Innsatsbehov

Satsing på ein ny/fornybar strategi i fylket vil ikkje kome av seg sjølv. Statlege insentiv og støtteordningar vil truleg vere ein føresetnad for å trigge nye regionale prosessar som så gjerne kan bli sjølvgåande etter nokre år. Innsatsen frå det offentlege for å arbeide fram nye havenergi løysingar er pr i dag liten, og stønaden til el-produksjon i forsøksdrift t.d. er så dårleg at fleire verksemdar har flytta utanlands (sjå avsnitt 2.2). Det bør som nemnt over, gå an og få snudd denne trenden og Møre og Romsdal bør vere beste kandidat i landet for å bidra og å lukkast med dette.

Nøkkelen til dette kan ligge i å gå utanlands og søke partnerskap med selskap og forskingsinstitusjonar der. Det er gode finansieringsordningar for FoU på energi innanfor EU systemet (FP7, ESF), men



dette vil mest gjelde basalforskning og i mindre grad utvikling av teknologi som ligg nær kommersielt gjennombrøt.

Nedanfor har vi lista opp nokre naudsynte ressursar og innsatsfaktorar for å kome vidare med utvikling av havenergi. Møre og Romsdal tilfredsstillar mange/dei fleste av desse naudsynte faktorane, og bør såleis ha eit godt grunnlag for vidare satsing. Det bør foretas ei meir grundig kartlegging av vilje, interesse, aktørar og evt. igangverande utviklingsinitiativ innan området.

-
- Kapital
 - Vilje til investeringar med risiko
 - Kompetanse og kontaktnett i finansmiljøet, også internasjonalt
 - Teknikk/naturfag
 - Teknologikompetanse og kapasitet
 - Praktisk, materialkjennskap, mekanisk
 - Havenergi, havmiljø, aktuell teknologi
 - Lokal kunnskap, kartlegging, databasar
 - Dialog med offentlige og private aktørar
 - Kapasitet
 - Tilstreккеleg med arbeidskraft med høveleg kompetansemix
 - Tilstreккеleg utstyr for bygging, testing og produksjon
 - Lokale for forskning, testing, bygging og produksjon
 - Forsøksareal, dialog med grunneiarar
 - Utnytte dødtid hos bedrifter med varierende ordretilgang, fyller med langsiktig utviklingsprosjekt.
 - Infrastruktur
 - Nærleik til kai, flyplass, overnatting osv
 - Aktuelle næringar
 - Mekanisk industri
 - Kompositt / plast
 - Marin / maritim
 - Elektro
 - Automasjon
 - Kunnskap, motivasjon og vilje til satsing på utvikling av ny/fornybar energi
-

6.4 Utvikling av ny kompetanse innfor tide/bølge energi i fylket

Ut frå det som er nemnt, bør det ligge godt til rette for utvikling og spesialisering av kompetanse innfor havenergi, inkludert tide-bølge energi i fylket. Vi tenker her både å industriell kompetanse og fagkompetanse på ressurskartlegging, handling og operasjon av anlegg til havs, miljøkontroll/overvaking og sal/marknad. Følgjande moment å ta omsyn til kan nemnast i denne samanhengen:

- Havbasert energiteknologi har mange likskapar med maritim teknologiutvikling, og innfor dette området finst ei rekke verksemdar i regionen.
- Industrien og tilknytte miljø i fylket er positive til innovasjon. Det er innarbeidd tradisjon og god atmosfære for dette. Den tidlegare nemnde studien frå Danmark stadfesta at dei aller fleste nyvinningar innfor havenergi utvikling blir gjort på utsida av dei etablerte FoU institusjonane. Truleg er tilhøvet det same i Norge, og Møre og Romsdal skulle dermed ha eit godt utgangspunkt.



- Miljø kan organiserast som kan ivareta utviklingsoppgåver, rådgjeving, driftsrelaterte oppgåver og tilrettelegingstenester for aktørar som har relevante utprøvnings- eller utbyggingsprosjekt.
- Aktiviteten i den regionale petroleumsvirksomma antas å fortsett vere høg i dei neste 10 – 15 åra. Deretter vil denne aktiviteten gradvis kunne bli trappa ned etter kvart som aktiviteten vert forflytta nordover. I og med at det ikkje er etablert mange lokalt eigde verksemdar knytt til petroleum, kan denne nedtrappinga få betydelege negative konsekvensar i fylket.
- Regionen kan med enkle grep gjerast attraktiv for aktørar som ønskjer å utvikle, prøve ut og/eller bygge ut framtidssretta energiproduksjonsanlegg basert på havenergi, også offshorebasert vindkraftanlegg.
- Ved slik å gjere regionen meir attraktiv for utviklingsprosjekt generelt, forventast det også at det vil bidra til auka innovasjons- og utviklingsaktivitet i regionen generelt.
- Det er etablert eit nytt sårkornelskap for Møre og Romsdal. Det vil sei at tilgangen til risikovillig kapital for bedrifter som er komne gjennom etablerings- og utviklingsfasen er vesentleg betre enn før.

6.5 Utfordringar og barrierar for utvikling av ny industri

Det finst sjølvstøtt utfordringar knytt til utvikling av havenergi kompetanse og industri i fylket. Vi har ikkje vurdert dette nøye, men har lista opp nokre aktuelle hinder:

- Aktørar som ynskjer å starte bygging av pilotanlegg eller meir ferdigutvikla anlegg har ikkje tilstrekkelig risikovilje, kapital, kapasitet eller kompetanse til gjennomføring.
- Stort aktivitetsnivå i næringslivet og manglande fokus/tid for innovasjon og nyskaping.
- Store delar av aktiviteten i dei viktigaste næringane (petroleum, marin og maritim) er styrt av internasjonale bedrifter med avgrensa engasjement for lokal innovasjon og nyskaping.
- Mange bedrifter manglar lokal beslutningsmyndigheit om utviklingsoppgåver (filialisert).
- Begrensa kopling til FoU-miljø svak entreprenørskapskultur (for mange gode år utan kriser?)
- Diverse FoU gjenstår innan fagområdet, risiko for teknologisk feiling.
- Langsiktig utviklingsperspektiv for tide-bølge energi og vanlegvis kort tidshorisont hos industri og styresmakter. For offshore vind snakkar ein i Norge om 10-20 års tidshorisont før fullskala installasjonar kan bli realisert. Tide/ bølge utvikling kan ta minst like lang tid.
- I og med at satsinga på offshore energiproduksjon er relativt nytt i Norge finst det heller ikkje mange verksemdar som arbeider konkret med dette feltet.
- Rammevilkår i Norge – førebels dårlege. Langt større interesse hos Staten for å subsidiere CO2 fangst og lagring enn utvikling av ny/fornybar energi.
- Uavklara miljø- og konfliktspørsmål.



- Konkurransen fra andre land – bedre ordninger for nyetablering og FoU der.
- Nye energiformer kan komme opp som konkurrerende kandidatar (kjerneraft, gasshydrat, fusjon, sol.).



7. Konklusjon, forslag til oppfølging

Forprosjektet har vore avgrensa til å diskutere bølge/tideenergi teknologi og potensialet ut frå eksisterande kunnskap og data. Den dekkjer neppe alt som kunne vore relevant å nemne og det har heller ikkje vore hensikta å utføre teknologi- eller lokalitetsanalyser. Vi har heller ikkje funne mange referansar til relevant arbeid i fylket utanom til nokre anleggstypar som er designa/ utvikla og til dels utprøvd her.

Det er konkludert med at for bølger er potensialet i Møre og Romsdal betydeleg, det høgste i landet. Store deler av ytre kyststripe og havområda utanfor har eit stort realiserbart potensiale. For tide-energi er det og eit potensiale, mindre enn for bølger, men tide-energi kan utfylle bølge-energi enkelte stader og dermed bidra konstruktivt i ein total fornybar energimix. Fjordar/sund på Nordmøre synes vere best eigna for dette, med behov for teknologi tilpassing og utprøving i første omgang.

Det må takast omsyn til miljøspørsmåla frå første dag for å minimere negative effektar og å kome moglege konflikter i forkjøpet. Anlegg for utnytting av tide-energi er miljøvennlege i og med at dei fleste er neddykka og ute av syne. Forutsatt at dei er dimensjonerte slik at dei ikkje modifierer eksisterande strømningsmønster så bør heller ikkje marinbiologiske effektar vere merkbare.

Det kan også tenkjast at små anlegg som utnyttar tide- eller bølgeenergi kan vere nyttige nokre stader, og levere elektrisitet til einskild husstandar eller små busetnadar, t.d. på stader der netttilnytinga er dårleg. Slik nedskalering kan vere interessant å få vurdert i fylket.

Dei fleste bølgeenergi anlegg har synlege komponentar enten montert i strandsona, eller flytande. Desse vil kunne ha ein viss estetisk ulempe viss dei blir plassert ugunstig. Andre miljøeffektar bør kunne minimerast. Det finst også bølgeanlegg som er montert på botnen og som såleis ikkje forstyrrar synsfeltet i det heile.

Rapporten har peika på ein del kunnskaps- og kompetansemanglar som ein må arbeide vidare med å få retta opp dersom Fylket ønsker å utnytte dei naturgjevne føremonene og den industrikompetansen og infrastrukturen som finst. Det konkrete behovet for å dekkje inn den regionale elektrisitetsmangelen kan ligge i botn her, men perspektivet for utvikling kan femne vidare enn dette, og Fylket kan gjerne tenke internasjonalt og globalt når det gjeld teknologiutvikling på dette området. Herunder u-land og bistand.

For (flytande) havmøller langt til havs kan det vere tale om lang (10-20 år) tidshorisont før store, fullskala anlegg er utplassert. Dette kan også vere realistisk tidshorisont for igongsetjing av storskala tide/bølge energi utnytting i fylket. For sistnemnde finst det imidlertid i dag ferdige løysingar av ulik type som kan installerast i fylket på kort varsel om naudsynt. Vi har gjeve eit oversyn over nokre aktuelle anlegg/anleggstypar framme i rapporten.

Fylket kan bli eit nasjonalt/internasjonalt førebilete for utvikling av havenergi. Det vil då vere viktig å etablere kontakt med utanlandske institusjonar. Det er i utlandet tyngdepunkta for utvikling og testing av havenergi anlegg finst. Ein må også søke samarbeid innanlands/utanlands for å unngå unødige ressursbruk og unngå duplisering av testar etc.

For Møre og Romsdal ligg det nært å nemnde dei Nordiske landa, der landa i Vest-norden som Vestlandet naturleg tilhøyrer, er særskilt opptekne av havenergi. Nordisk råd har eit definert miljø/energi fokus. Det same gjeld også EU gjennom det oppstarta sjuande rammeprogrammet (EC 2006). Russland har bra kompetanse på fornybar energi, og har samstundes ein stor produksjon av fossil



brensele som forpliktar dei til å bidra med utvikling av fornybar teknologi. Her bør samarbeid med Norge ligge godt til rette (Runde miljøsender har fått førespurnad frå ISTC senteret i Moskva om samarbeid på bølgeenergi).

7.1 Forslag til oppfølging

Ein bør starte opp arbeid omgåande for dels å halde kontinuiteten frå foreliggende studium, og å nytte fordelane ved den tilsynelatande auka interessa for ny/fornybar energi, inklusive havenergi som styresmaktene no gjev til kjenne. Eit konkret mål må vere å få ei fagleg god utgreiing om det reelle potensialet for utnytting av bølge-og tideenergi i fylket d.v.s. med bidrag som raskt vil monne for å dekkje inn elektrisitetsmangelen.

Det må tenkjast langsiktig innafor utbygging av tide- og bølge energi i fylket, men der er behov for å kome på banen no både for å henge med i utviklinga og for planlegginga si skuld. Vi skisserer nokre element som tilhører ei slik utvikling, og som kan inkluderast i oppfølgjande prosjekt enten på kort eller lengere sikt.

- A. Foreta fullskala modellsimulering av havstraum/tidvatn og bølgeklimaet i fylket.
- B. Velje ut og kartlegge vidare eit fåtal lovande lokalitetar; foreta måling av bølger og strømer, registrere miljø- og botntilhøve
- C. Utgreie konfliktnivå gjennom informasjon og dialog – finne planmessig akseptable løysingar
- D. Etablere 1-2 testlokalitetar for h.h.v. bølge- og tide anlegg.
- E. Installere anlegg for utprøving, kontroll og overvaking av kvalitet og driftsstabilitet.
- F. Etablere eit regionalt kompetansesenter for havenergi i fylket som tek seg av informasjonsformidling og kommunikasjon, gjerne også mot Norden og øvrig utland.
- G. Etablere eit forum, evt med sekretariat der engasjerte einskildpersonar, politikarar, industri og FoU miljøa kan møtes.
- H. Etablere kurs og utdanning relatert til havenergi (Høgskulane, også for lærarar i vidaregåande og grunnskule).

Kommentar til pkt. A.

Ved å få etablert eit eigna modellverktøy for regionen vil ein få forbetra datagrunnlaget og vedtaksgrunnlag for styresmakter og investorar. Kystverket har etablert modellar (SMS-ST-Wave) for varsling av bølger i seglingsleia ved Stad og Hustadvika, og tilsvarande oppsett er under utvikling for Breisundet inn mot Storfjorden. Dette er modellar for sanntid varsling. Dei er neppe eigna for statistiske analyser men kan nyttast for å vurdere bølgeforplanting og demping i desse områda, forutsatt ein får tilgang til dette.

7.2 Arbeid i 2008

Vi ser her i første omgang eit oppfølgjande prosjekt som varer om lag eit år (2008). Dette prosjektet må gripe fatt i og få vurdert dei føremunene som fylket har m.m. innafor industrien, kva løysingar som må til for å få til ei raskt utvikling og utbygging innafor tide-bølgeenergi. Faktorar som konflikt-potensiale må utgreiast vidare, saman med både ressursgrunnlag og teknologi.



Dette vil krevje innsats innafor fleire fagområde. Organiseringa av eitt slikt prosjekt må diskuterast vidare, men vi kan sjå for oss arbeidet utført av ei prosjektgruppe som arbeider vidare fagleg med dei konkrete spørsmåla, og med ein prosjektleiar som koordinerer det heile.

7.3 Arbeide på lenger sikt

Utvikinga deretter vil avhenge av utfallet av arbeidet i 2008. Vi kan deretter sjå for oss eit større prosjekt av 3-5 års varigheit der industrien er tungt inne. Innan prosjektperioden skal det vere etablert nokre nett-tiknyttanlegg for prøvedrift, både for tide- og bølgeenergi. 3-5 år er ei relativt kort periode som vil byde på utfordringar. Men tydelege ambisjonar vil samstundes syne at ein tek klimaproblema på alvor og at fylket satsar på fleire energiberarar.

Fylket har mykje av den naudsynte kompetansen og tekniske kapasiteten for å ivareta behovet ein 3-5 års oppstartsfase, men ein viss organisering må til, og nokre nye stillingar må truleg opprettast. Kompetansemiljøa i Trondheim og Bergen må koplatt inn. Høgskulane i Fylket kan etablere utdanningstilbod både innafor ressursgrunnlag, teknologi og økonomi.



8. Litteratur/referansar

- Anon 2000: Ny bølgekraft-bølge? Status-notat i sbm NYTEK programmet (Salvesen m. fl.)
- Børresen, J.A. 1987: Wind atlas for the North Sea and the Norwegian Sea. Universitetsforlaget, Oslo, 180s.
- Cassedy, E.S. 2000: Prospects for Sustainable Energy. A critical assessment. Univ. Press, Cambridge, 284s.
- Carter, D. og L. Draper 1988: Has the north-east Atlantic become rougher? Nature, Vol. 332, 7. april 1988, s. 494.
- Charlier, R.H. og J. R. Justus, 1993: Ocean Energies. Environmental, economic and technological aspects of alternative power sources. Elsevier, 534s.
- CRES 2006: Ocean Energy Conversion in Europe. Recent advancements and prospects. Centre for renewable energy resources, Hellas, 30s.
- Dale, L. A. 1979: Skip i sjøgang. Bølger og vær på norsk kontinentalsokkel - kartlegging av farlige områder langs kysten.
- Den Norske Los 1997: Bind 1, Alminnelige opplysninger, 6. utgave. Sjøkartverket, 240 s.
- EC 2006: The state and prospects of European Energy Research. Europakommisjonen, Luxemburg/Brussel, 160 s.
- Falnes, J. 1996: Energi frå havbølgjer før, no og sidan. Foredrag på seminar Ny-fornybar energi – muligheter i Norge, 22. april 1996.
- Fugro/Oceanor 2006: Wave conditions along the Norwegian Coast. Rapp. Fugro/Oceanor, juli 2006, 140s.
- Gassnova 2007: Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO₂ fra Kårstø og Mongstad. Rapp. Gassnova/NFR, 20. sept. 2007, 31 s.
- Hagerman, G. 1992: Wave energy resource and economic assessment for the State of Hawaii. Rapp. State of Hawaii Energy div.
- Istad Nett 2006a (K. Sletten, T. R. Time): Kraftsystemutredning Møre og Romsdal 2006. Rapport Istad Nett AS, Molde, 97s., mai 2006.
- Istad Nett 2006b (Skeid og Sletten). Sammenstilling av energiutredninger 2005 i Møre og Romsdal. Rapport utarbeidet for Region- og næringsavdelingen. Istad Nett AS, Molde, 67s., juli 2006.
- Istad Nett 2006c: (K. Sletten). Tekniske og økonomiske faktorer ved etablering av bølgekraftverk i Møre og Romsdal. Rapport Istad Nett AS, Molde, 28 s. november 2006 (begrensa distribusjon).
- Kollandsrud, P. 2005: TideTec; Tidevannskraft som alternativ til atomkraft i Nord-Russland. Kan Norge gjøre mer. Notat, TideTec, 30 s.



Komar, P.D. og J.C. Allan 2007: Higher waves along the US East Coast linked to hurricanes. EOS, Vol.88, No 30, 24. juli 2007, s310.

Moe, H., B. Gjevik og A. Ommundsen 2003: A high resolution model for the coast of Møre and Trøndelag, Mid-Norway. Norsk geogr. tidsskrift, Vol 57, 65-82.

Møre og Romsdal Fylke 2005: FYLKESPLAN FOR MØRE OG ROMSDAL 2005 – 2010.

NVE 2007: Fornybar energi 2007. Rapport frå NVE, Enova, NFR og Innovasjon Norge, januar 2007, 181s.

Ross, D. 1995: Power from the waves. Oxford Univ. Press, 212s.

SEI 2005: Tidal & current energy resources in Ireland. Rapp. Sustainable Energy Ireland, Dublin, 82s.

Steen, H. m. fl. 2006: Marinøkologiske ringvirkninger av vindmølleparker til havs. Notat, Havforskningsinstituttet, mai 2006.

Young I.R. og G. J. Holland 1996: Atlas of the oceans: Wind and wave climate. Pergamon, Exeter, 241s.

Wolf, J. og D. K. Woolf 2006: Waves and climate change in the north-east Atlantic. Geophys. Res. Letters, Vol. 33, L06604.



Vedlegg A. Program, IEA workshop 18 okt. 2007

 Potential Environmental Impacts and Ocean Energy Devices Experts workshop to identify environmental research needs & areas for international collaboration	
18th October 2007 Messina, Italy Faculty of Engineering of the University of Messina	
PROGRAMME	
8:30 – 8:45	Introductory roundtable
8:45 – 9:00	Opening remarks from IEA Chair
9:00 – 10:10	Parallels Between Industries
9:00 – 9:20	Applicable Environmental Policies David Scharte, Germany
9:20 – 9:40	Lessons Learned from the Oil and Gas Industry Robert LaBelle, USA
9:40 – 10:00	Ocean Renewables in Norway: The Resource and Environmental Perspectives Lars Golmen, Norway
10:00 – 10:10	Discussion/Questions
10:10 – 10:30	Health Break
10:30 – 12:00	Wave and Tidal Energy Considerations – are they different?
10:30 – 10:50	Tidal Energy Development in Canada: Options, Opportunities and Issues Graham Daborn, Canada
10:50 – 11:10	Environmental Recommendations for the Portuguese Pilot Zone Cristina Huerta-Olivares, Portugal
11:10 – 11:30	UK Programme for Wave and Tidal Stream Renewable Energy Environmental Research - John P Hartley, UK
11:30 – 11:50	Colonization of Wave Power Device Foundations by Invertebrates and Fish Olivia Langhamer, Sweden
11:50 – 12:00	Discussion/Questions
12:00 – 13:20	Lunch
13:20 – 14:30	Developer Experience & Strategic Environmental Considerations
13:20 – 13:40	Strategies for Risk Assessment Bonnie Ram, USA
13:40 – 14:00	Environmental Considerations for Wave Dragon Hans Christian Sorenson, Denmark
14:00 – 14:20	Community Involvement and Ocean Energy Deployment Justin Klure, Oregon Wave Energy Trust, USA
14:20 – 14:30	Discussion/Questions
14:30 – 14:50	Health Break
14:50 – 16:30	Summarize and Prioritize Research Needs
16:30 – 17:00	Path Forward for IEA OES Collaboration

