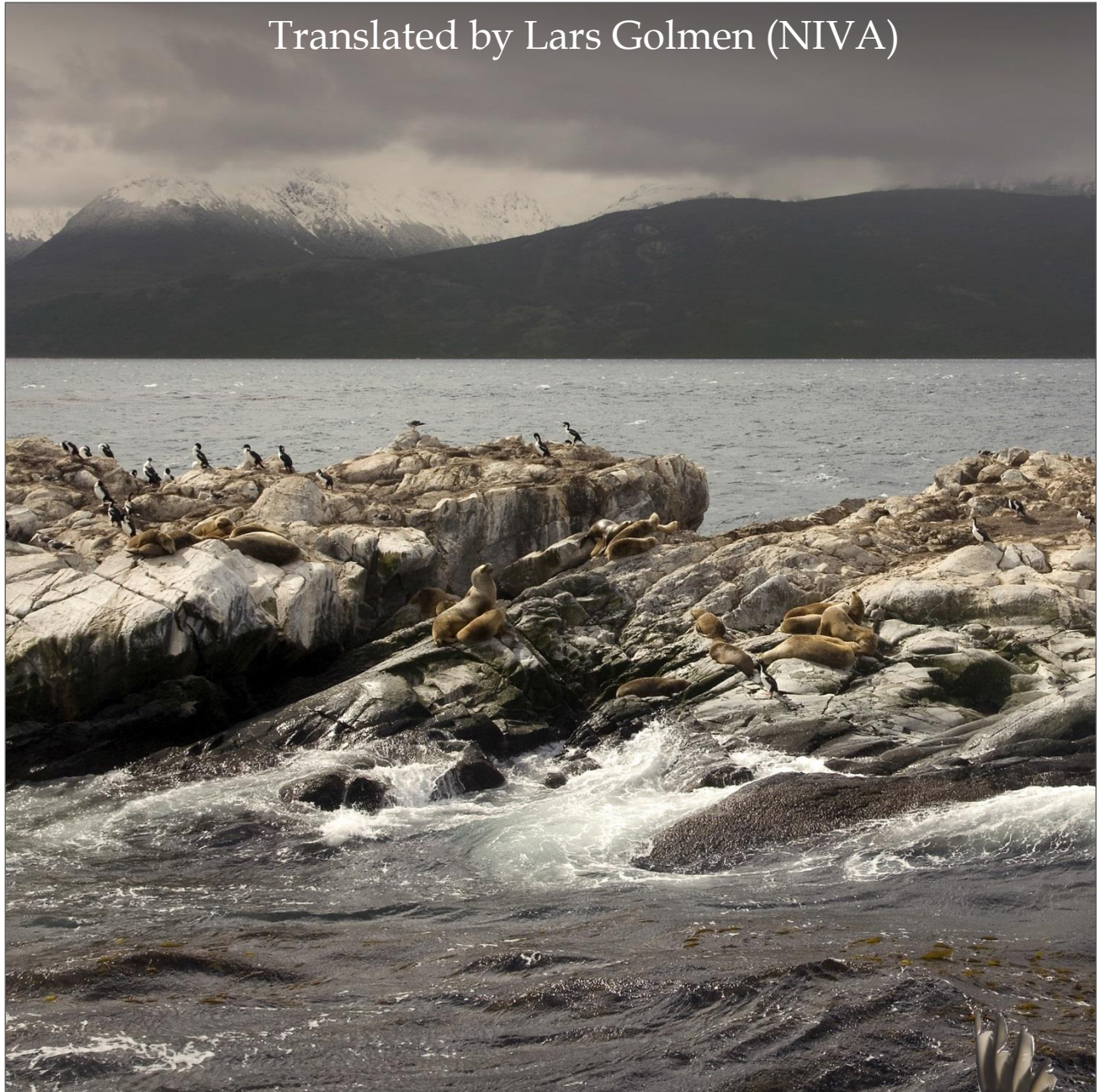


# Executive Summary

Translated by Lars Golmen (NIVA)



Denne rapporten oppsummerer status for forskning rundt påverknad og effektar av fornybar havenergi på det marine miljøet, dyra som lever der, og habitata som dei treng. Rapporten utgjer ei oppdatering og eit tillegg til 2013 Annex IV-rapporten, som ein kan finne under <http://tethys.pnnl.gov/publications/final-annex-iv-report-2013>.





Utvikinga innafor havenergi på verdsbasis er fortsatt på tidleg stadium mot kommersialisering. Havenergianlegg inkluderer utnytting av tidevasskrefter, bølger og havstraumar, samt temperatur- og saltgradientar i sjøvatn. Majoriteten av miljøundersøkingar har imidlertid fokusert på tidevassturbinar og bølgekraftverk, med noko innsats på havstrøm og elveturbinar. Denne rapporten vurderer berre turbinar og bølgekraftverk.

Rapporten er blitt til på initiativ frå Annex IV under IEA-Ocean Energy Systems (OES)-samarbeidet. Tretten land, inkludert Norge, har der gått saman for å vurdere dei potensielle effektane av havenergianlegg på miljøet, og for å lære i fellesskap korleis ein kan handtere potensielle effektar som hindrar lokalisering og løyve for anlegg, og for å støtte opp under etableringa av industri rundt havenergi.

Informasjonen i denne rapporten kan nyttast som av forvaltninga og i forskning om potensiell risiko for marine dyr og habitat frå tidevass- og bølgekraftinstallasjonar. Den kan hjelpe teknologiutviklarar til å finne gode tekniske løysingar og god førebuing, lokalisering, drift og overvaking av prosjekt, for dermed å minimalisere påverknad på marine dyr og/eller redusere omfanget av slik påverknad. Saman med kunnskap om ein konkret lokalitet, kan informasjonen frå denne rapporten forenkla og forkorte behandlingstida av ein søknad om utsetjing av ein eller fleire installasjonar. Informasjonen som er samla inn for analysen representerer tilgjengeleg, påliteleg informasjon om miljøpåverknad frå havenergianlegg. Men analysen og konklusjonane er ikkje meint å skulle erstatta studiar og analyser av konkrete lokalitetar og prosjekt, eller å legge føringar for løyveprosessen eller lokaliseringsprosessen for konkrete prosjekt.

## SAMANDRAG AV POTENSIELLE MILJØPÅVERKNADAR I SAMBAND MED UTSETJING AV ANLEGG FOR FORNYBAR HAVENERGI

I ei ny næring som havenergi representerer kan der oppstå eller spekulerast i interaksjonar mellom installasjonar og marine dyr eller habitat som blir oppfatta som negative av forvaltningsmyndigheiter eller interessegrupper. Mange gongar er slik oppfatning forårsaka av ei høg grad av usikkerheit eller uvisse, grunna manglande miljødata. Ein kan likevel ikkje sjå vekk frå at ein reell risiko for marine dyr og habitat kan eksistere, men manglande data gjer det ofte vanskeleg å skilje mellom realitet og mistanke.

Miljørisiko vil i siste omgang bli avgjort av eit antal faktorar som inkluderer eigenskapar ved kvart spesifikt anlegg (statisk eller dynamisk), typen anlegg (bølge- eller tidevasskraftverk), og den romlege utstrekninga av ein konkret installasjon (enkeltanlegg eller park). Etter kvart som havenerginæringa utviklar seg, vil det vere viktig å vedkjenne seg alle potensielle miljørisikoar teknologiane kan medføre for det marine miljøet, sjølv om mange av risikoane sannsynlegvis vil vere små eller enkle å unngå eller redusere. Auka strategisk forskingsinnsats vil sannsynlegvis hjelpe til med å redusere usikkerheit og å få fram faktiske risikoar og verknadar. Dei fleste enkeltinstallasjonar vil sannsynlegvis ikkje skade det marine miljøet, inntil større parkar av slike installasjonar vert realisert. Slike parkar vil i byrjinga trenge overvaking og strategisk forskingsinnsats for å førebu vidare kommersiell utvikling.

Undersøkingar hittil har vist at det meste av omtalt risiko for sjødyr frå havenergianlegg er grunna i usikkerheit om påverknad på grunn av manglande avgjerande data. Sjølv om det er mogleg med ein viss reell identifisert risiko etter at avgjerande data er innsamla, er det på dette tidspunkt usikkerheit som primært styrer opplevinga av risiko og som skaper utfordringar for løyve til utvikling på kommersiell skala.





## HAVENERGI-EIT SVAR PÅ KLIMAUTFORDRINGA

Aktiviteten rundt utvikling av havenergi botnar i interesse for å utvikle lokale og sikre energikjelder som også kan bidra til å avverje klimaeffektar slik som havforsuring og høgare havtemperaturar. Skadelege effektar av klimaendringar er allereie ein realitet for mange marine ressursar, og vil fortsetje å påverke helse, reproduksjonsevne og biodiversiteten til fisk, skaldyr, sjøpattedyr og sjøfuglar, og andre levande organismar. På liknande måte vil klimaendringane kunne redusere den menneskelege nytteverdien vi får frå høsting og oppdrett av sjømat, og også vere til skade for kysthabitat som vernar mot erosjon og uver. Lover og reglar i mange land tillet ikkje eksplisitt å vurdere dei positive effektane av fornybar energi opp mot dei potensielt negative effektane. Likevel må vi sjå på produksjon av fornybar energi også som eit verkemiddel i kampen mot klimaendringar.



## KOLLISJONSRISIKO FOR DYR RUNDT TIDEVASSTURBINAR

Risikoen for at marine dyr kan kollidere med dei rørlege delane av eit tidevasskraftverk utgjør ei viktig problemstilling når ein vurderer å gje løyve til utvikling av tidevasskraft. Der foreslegne område for tidevasskraft overlappar med habitat til freda artar, er utfordringa at kollisjonar kan medføre skade og død for enkeltindivid, og på sikt få konsekvensar for bestanden.

Størst uro er det for at sjøpattedyr, fisk og sjøfugl skal kollidere, men ingen kollisjonar har blitt observert hittil ved enkeltanlegg eller små parkar. Granskingar har fokusert på å observere oppførsel til dyr rundt turbinar for å forstå kva mekanismar som kan leie til kollisjonar. Men observasjon av kollisjonar og dyreåttferd rundt turbinar er hindra av mangel på egna metodikk og instrumentering. Tilhøva er utfordrande for undervassobservasjonar med bruk av akustiske eller optiske instrument.

Bruk av modellar for å estimere potensiell kollisjonsfare for turbinar gjev ein viss innsikt i verstefallsscenariar, men dette treng feltvalidering. Forskarar undersøker også dyreåttferd rundt turbinar, inkludert om dei flyktar, unngår eller vert tiltrekt; Direkte observasjonar av dyreåttferd er nødvendig for å kunne gjere kvalifiserte vurderingar av risiko og effekt, og for å svare på spørsmål frå interessegrupper og forvaltning.







## RISIKO FOR MARINE DYR FRÅ UNDERVASSLYD GENERERT AV BØLGJE- OG TIDEVASSINSTALLASJONAR

Sjødyr nyttar lyd til kommunikasjon, sosialt samvær, orientering, jakt og flukt. I kva grad sjødyr oppfatar og produserer lyd varierer med frekvens og amplitude. Menneskeskapt lyd frå bølge- og tidevasskraftverk vil kunne skape åtferdsendingar hos marine dyr. Fysisk påverknad kan medføre midlertidig eller permanent reduksjon av hørsle, skade på vev, danning av gassbobler i vev i fisk og sjøpattedyr, og nerveskade. Endringar i åtferd kan òg skje, slik som unngåing eller tiltrekking til kjelda, samt forstyrning av kommunikasjonen, navigasjonen eller jakt på bytte. Så langt har ein ikkje kunna dokumentere konkrete tilfelle av skadar på marine dyr grunna lyd frå havenergianlegg.



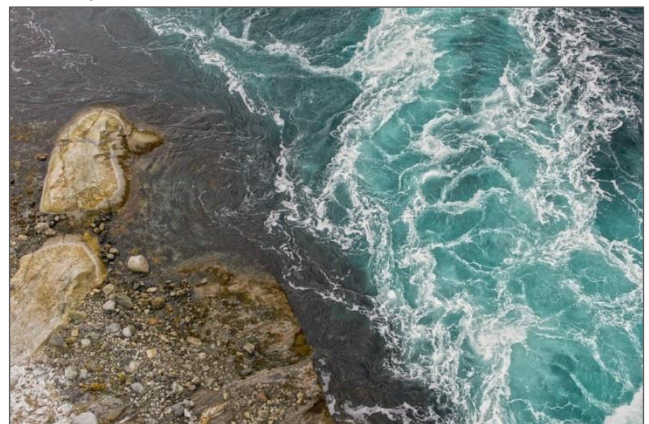
Måling av lyd frå drift av bølge- eller tidevasskraftverk er i ferd med å bli meir rutine, men det er fortsatt utfordrande å måle lågfrekvent lyd som store kvalar kan høyre. Å observere dyr som reagerer på desse lydane er enno meir utfordrande. Meir kunnskap må til for å kunne fastslå om fysisk skade eller åtferdsendingar frå lyd faktisk kan oppstå. Dei fleste lydmålingar frå havkraftanlegg har blitt utført for enkeltinstallasjonar. Samla effekt frå ein park av fleire anlegg kan bereknast, men få feltmålingar har blitt utført for å verifisere dette.





## ENDRINGAR I FYSISKE SYSTEM: ENERGITAPPING OG ENDRINGAR I HAVSTRAUM

I havet er det fysiske systemet eit basisvilkår for berekraft og god status for organismane der. Utbygging av havenergianlegg kan endre systemet ved å endre det naturlege straummønsteret der anlegga er plassert, noko som i sin tur kan endre slikt som transport og fordeling av sediment. I tillegg kan uttak av kinetisk energi (eksportert til land via el-kabel) endre dynamikken i eit sjøområde. Eit lite antal havenergianlegg vil neppe medføre målbare endringar, men store kommersielle parkar kan tenkast å endre systemet over tid.



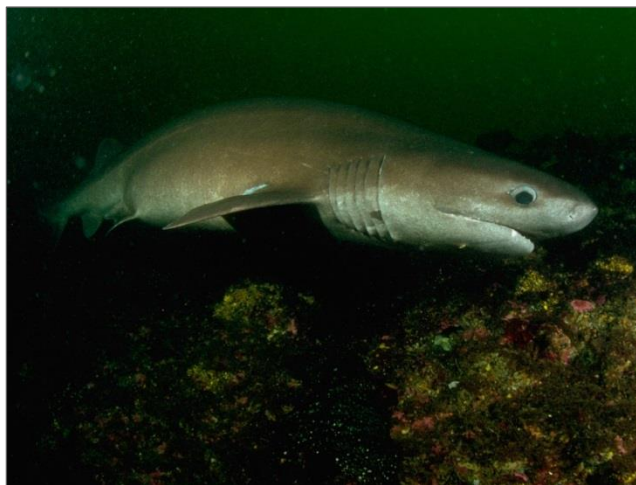


Det er gjort få studiar på energitapping og endringar i straum frå havenergianlegg. Mange numeriske modellar har blitt utvikla og anvendt på problemstillinga, sjølv om dei fleste modellane har fokusert på å optimalisere energiproduksjon. Færre modellar har fokusert på miljøspørsmål som endringar i vassirkulasjon, sedimenttransport og vasskvalitet. Alle modellar som skal undersøkje potensielle effektar på miljøet treng feltnålingar for å validere resultatane, så langt finst det lite slike målingar.

## EFFEKTAR AV EMF PÅ SJØDYR FRÅ ELEKTRISKE KABLAR OG HAVENERGIANLEGG

Elektromagnetiske felt (EMF) finst naturleg i det marine miljøet, men menneskeleg aktivitet kan skape endringar i kjelder til EMF, til dømes elektriske kablar i sjøen. Kablar er vanlegvis nedgravne eller ligg på botnen, men mellom anlegg kan dei henge oppe i sjøen.

For å evaluere feltstyrken frå kablar og spenningssette anlegg må ein måle både magnetfelte og dei induserte elektriske felte. Studiar både i lab og i sjøen har gått ut på å finne kva effekt desse felte kan ha på sjødyr, inkludert visse elektro- og magnetsensitive fiskeslag, evertebratar og moglegvis havskilpadder. Dei fleste studiar har fokusert på åtferdsresponsen til dyr på dei elektromagnetiske felte, inkludert moglegheita av ei barriereeffekt som kan hindre dyra i å nå viktige habitat, redusert vekst eller utvikling hos larvar, og åtferdsendringar som kan avgrense beiting. Hittil har ein ikkje funne noko teikn til at EMF av den styrke ein vil forvente frå havenergianlegg har nokon effekt (verken positiv eller negativ) på nokon art.



## ENDRING AV HABITAT FORÅRSAKA AV HAVENERGIANLEGG: BENTISKE HABITAT OG KUNSTIGE REV

Utsetjing av havenergianlegg kan endre bentiske (botnrelaterte) habitat ved å tilføre vekter, pålar og anker, samt ved sveiping av fortøyningslinjer, kablar og rørlege delar. Vidare kan eksistensen av havenergianlegg på sjøbotnen eller i sjøen trekke til seg fisk og bentiske organismar ved å gje dei tilgang til eit nytt kunstig rev. Dette kan påverke åtferd, lokalisering og kanskje populasjonen.

Ein del kunnskap om endringar i bentiske habitat kjem frå studiar for offshore vindkraftverk, og desse kan også gje innsikt i forventane endringar frå havenergianlegg. Endringane er venta å vere lokale, og vil ikkje ha anna påverknad på bentiske habitat enn anna marin verksemd som inneber konstruksjonar i sjøen.

Kva effekt havenergianlegg vil ha på fisk som lever på naturlege rev er ikkje kjent, men er forventane å vere på linje med det som gjeld annan marin verksemd, inkludert utsetjing av kunstige rev, som kan tiltrekke seg organismar. Dette vil neppe ha negative effektar på fiskebestandar. Det kan tenkast at havenergianlegg vil auke tettleiken av visse artar lokalt.



## MARIN AREALPLANLEGGING OG HAVENERGI

Marin arealplanlegging inneber planlegging og forvaltning rundt bruk av sjøen for å støtte berekraftig utvikling. Formålet med arealplanlegging er å framskaffe eit stabilt og transparent planleggingsverktøy for maritime aktivitetar og brukarar frå mange sektorar, som ligg innanfor godkjente miljømessige grenser slik at ein kan sikre kvalitet og mangfald for dei marine økosystema.

Representantane frå Annex IV blei spurt i kva grad arbeid innafør marin arealplanlegging pågår i deira heimland. Fleire land har formelle marine arealplanprosessar, nokre har kystsonerplanar som inkluderer deler av prinsippa bak marin arealplanlegging, mens fleire land ikkje har slike prosessar i gong.

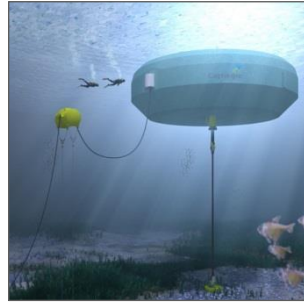


## CASE STUDIAR SOM UNDERSØKJER LOKALISERING OG LØYVEPROSESSAR FOR HAVENERGIANLEGG

Løyveprosessen blir fortsatt sett på som eit hinder for at havenergisektoren kan skalere opp og bli konkurransedyktig på pris med andre former for elektrisitetsproduksjon. Usikkerheit om kva miljøregelverk som gjeld kan forlenge løyveprosessen, auke kostnadane og skape betydeleg usikkerheit. Fire case studiar vert presentert i rapporten: To tidevasskraftverk (ORPC TidGen® Power System, i drift i USA; MCT SeaGen technology utanfor Nord-Irland); eit bølgekraftverk (WaveRoller, i Portugal); og ein fast testlokalitet (BIMEP, i Baskerland, Spania). Hensikta med studiane er å gje innsikt i komplikasjonane assosiert med lokalisering og løyve for havenergianlegg og testlokalitetar.

Det største hinderet for å få løyve til havenergiprojekt ser ut til å vere tidkrevjande prosedyrar forårsaka av usikkerheit om miljøpåverknad og behovet for å skulle involvere mange interessegrupper. Formålsrelevant lovverk finst ikkje, eller er uklart i dei undersøkte jurisdiksjonane. I nokre tilfelle er forvaltningsmyndigheiter villige til å samarbeide med utviklarane. Løyveprosessen og miljøovervakingskrava kan medføre høge kostnader. Innsats på formidling er vurdert til å vere viktig for samarbeid med interessegrupper og aukar folks kjennskap og innsikt i havenergi. Det er identifisert behov for å forbetre eller tilpasse eksisterande lovverk og retningslinjer for å legge til rette for havenergiparkar. Dette arbeidet er allereie i gang i nokre land.





## SAMANDRAG OG VEGEN VIDARE FOR OVERVAKING OG FORSKING PÅ HAVENERGI

State of the Science-rapporten samlar og systematiserer informasjon om miljøeffektane av havenergi, så langt som slik informasjon er offentleg tilgjengeleg. Fleire enkeltanlegg har blitt satt i drift, og den første kommersielle parken er under utvikling. Forvaltningsmyndigheiter og interessegrupper er fortsatt prega av usikkerheit om verknadar av havenergianlegg på sjødyr grunna faktorar som kollisjonar, støy og elektromagnetiske felt.

Konsekvensane ved mange påverknadar er framleis prega av usikkerheit. Desse konsekvensane må bli betre forstått og handtert, slik som for andre, etablerte offshorenæringar. Dei påverknadane som syner seg å ikkje skade miljøet må identifisert og karakterisert, slik at forskning og overvåkingsinnsats kan bli fokusert rundt dei ukjende eller uavklarte påverknadane. Miljørisiko kan delast i tre grupper: 1) Lavrisiko påverknadar som har blitt fasa ut av overvåkingsprogramma; 2) Påverknadar med ei høg grad av usisse, som treng meir forskning; og 3) Påverknadar som ein veit utgjør ein stor fare for det marine miljøet og som vil krevje avbøting gjennom betre lokalisering, betre design eller drift av anlegget, og kanskje ein tilpassa forvaltningsmetode, før ein kan skalere opp til parkar. Til slutt bør alle negative påverknadar bli eliminert eller avbøtt gjennom ulike mottiltak.

Påverknadar og effektar av havenergianlegg på marine dyr/habitat som etatane i miljøforvaltninga meiner er viktige, kan bli ivaretatt gjennom tre strategiar:

- ♦ Nokre kan i dag bli effektivt overvaka og verifisert med eksisterande instrument, plattformer og teknologiar, sjølv om forbetringar i instrumentering og datahandtering kan gjere overvakinga enno meir effektiv.
- ♦ Andre krev omgåande målretta strategisk forskingsinnsats for å dokumentere assosiert risiko, og for å redusere kostnad med årevis med overvaking på eit prosjekt.
- ♦ Nokre kan berre bli studert med strategisk forskingsinnsats der det ikkje finst realistisk, gjennomførbar overvåkingsmetodikk i dag.

Forskarar, forvaltarar og teknologiutviklarar har ei moglegheit til å identifisere og spisse strategisk forskingsinnsats inn mot dei påverknadane som er prega av størst usisse. Det kan gjere vegen fram til lokalisering og løyve for havenergi lettare, og redusere kostnadane for pågåande overvåkingsprogram til eit økonomisk sett berekraftig nivå for å utvikle næringa vidare. Eit rammeverk for å identifisere slik strategisk forskingsinnsats er inkludert i rapporten.

## FOR MER INFORMASJON

Annex IV State of the Science full report and executive summary available at:  
<http://tethys.pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2016>

Kontakt:  
 Andrea Copping  
 Pacific Northwest National Laboratory  
[andrea.copping@pnnl.gov](mailto:andrea.copping@pnnl.gov)  
 +1 206.528.3049

Go to <http://tethys.pnnl.gov> for a robust collection of papers, reports, archived presentations, and other media about MRE development.