

Modellerte bunnforhold i Grenlandsfjordene

Av Trine Bekkby og Marianne Olsen

Trine Bekkby er marinbiolog og forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA). *Marianne Olsen* er marinbiolog og jobber som prosjektleder ved Fylkesmannen i Telemarks miljøvernnavdeling.

Anerkjennelse av bidragsyttere

Vi vil takke Martin Isæus (AquaBiota Water Research, Sverige) for utviklingen av bølgeeksponeringsmodellen og Eli Rinde (NIVA) for hennes bidrag til NIVAs modelleringskompetanse. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) har finansiert arbeidet gjennom tildeling av midler til Fylkesmannen i Telemark.

Sammendrag

Målet med dette arbeidet har vært å utvikle et verktøy for å kunne modellere sannsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i fjorder, med Grenlandsfjordene som eksempel. Vi har utviklet GIS (Geografisk Informasjonssystem)-kart for bløtbunnsområder ved ulike bølgeeksponerings- og dybdeklasser, samt kombinert en romlig prediktiv modell for akkumulasjonsbassenger med ulike skråningsgrader, dybdekategorier og klasser av bølgeeksponering. Resultatene fra modelleringen er relevant i forhold til Fylkesmannens forvaltningsarbeid generelt og arbeidet med

forurenset sjøbunn i Grenlandsfjordene spesielt.

Summary

The aim of this project has been to provide a tool for predicting the distribution of soft and rocky sediment in fjords. Consequently, we have developed GIS (Geographic Information Systems) maps for soft sediments in different classes of wave exposure and depth and combined a spatial predictive model of accumulation basins with different levels of slope, depth and wave exposure. Results from the modelling is relevant for the County governors ongoing management of polluted sediments in the Greenland fjords.

Bakgrunn

Kart over hvor man finner ulike arter, naturtyper og miljøforhold er et viktig verktøy for en kunnskapsbasert forvaltning av våre kystområder. Fylkesmannen i Telemark og NIVA ønsket derfor å utvikle et verktøy for å kunne modellere

sannsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i Grenlandsfjordene. Kunnskap om bunnforhold er relevant i forhold til Fylkesmannens arbeid med å utrede muligheten for å rydde opp etter tidligere tiders utslipp som nå er bundet til sedimentene på sjøbunnen.

Forurensningen i sedimentene er sammensatt og kommer fra forskjellige typer industri og aktiviteter rundt fjordene, inkludert verftsindustri, skipsfart, kommunale utslipp, avrenning fra land, tilførsler fra vassdraget og atmosfære. Det er imidlertid de tidligere utslippene av klorerte organiske forbindelser fra Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya som dominerer forurensningsbildet i Grenlandsfjordene. Selv om fabrikk ble lagt ned i 2002, kan utslippene fortsatt spores langt utover i fjordområdene. Konsentrasjonene av dioksiner og furaner i sedimentene i indre deler av Frierfjorden, nær Herøya, ligger på ca 6000 pg TE/g tørrvekt (TE =toksisitetsekvivalenter, et mål for toksisitet), ved Breviksterskelen er de målt til ca 4000 pg TE/g tørrvekt (Næs og Nilsson 2005) og i fjordavsnittene Eidangerfjorden og Ormefjorden til rundt 1000 pg TE/g tørrvekt (Næs m.fl. 2009). Alle verdiene tilsvarende klasse IV (svært dårlig tilstand) i henhold til Klifs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (TA 2229/2007). Se Figur 1 for kart over stasjonene. Det forurensede området er flere 10-talls km² i utstrekning.

Miljøgiftene gjenfinnes i fisk og skalldyr (Bjerkeng m.fl. 2010), noe som har ført til at Mattilsynet har gitt kostholdsråd for Grenlandsfjordene. Overvåking

av miljøgifter i fisk og skalldyr i Grenland har pågått siden 70-tallet. Utslippsreduksjoner både i 1975 og i 1990 har ført til lavere dioksinkonsentrasjoner i fisk og skalldyr (Knutzen og Green 1991), men allerede i 1992 observerte NIVA at nedgangen hadde flatet ut og at konsentrasjonene fortsatt var uakseptabelt høye (Knutzen 1994). De siste undersøkelser av fisk og skalldyr bekrefter bildet av at reduksjonen fortsatt går langsomt og til dels har flatet ut (Bjerkeng m.fl. 2010). Modellprediksjoner gjennomført i prosjektet DiG ("Dioksiner i Grenland") viser at det er en netto tilførsel av dioksiner og furaner fra sedimentet til vannmassene. Det er med andre ord sannsynlig at det er utlekking fra sjøbunnen som er hovedkilden til de fortsatt høye konsentrasjoner av dioksiner i fisk og skalldyr (Næs m.fl. 2004).

Å rydde opp i forurenset sjøbunn er et satsingsområde fra forurensningsmyndighetenes side (St. meld. nr. 12 (2002), St. meld. nr. 21 (2004-2005)). Arealet av det forurensede området er en stor utfordring i Grenland, og tradisjonell mudring eller isolerende tildekking er ikke regnet som realistiske tiltaksløsninger. Siden 2007 har forurensningsmyndighetene, i samarbeid med Norsk Hydro, hatt som strategi å utrede tynnsjikttildekking som en mulig tiltaksløsning. Fylkesmannens prosjekt BEST (Olsen 2009) skal framskaffe et beslutningsgrunnlag for eventuell bruk av tynnsjikttildekking som tiltaksløsning i Grenlandsfjordene. Sentral kunnskap for beslutningen er antatt å komme fra prosjektene Thinc (NIVA) og Opticap (NGI),

hvor en samarbeider om gjennomføringen av en felttest i Grenland. I testen har ca 70 000 m² av sjøbunnen blitt tildekket med et tynt sjikt (2-5 cm) av forskjellige typer masser (høsten 2009).

Innen utgangen av 2011 skal Fylkesmannen sammenstille og rapportere kunnskapen om tynnsjikttildekking og gi sin anbefaling om det videre arbeidet i Grenlandsfjordene til Klif (Klima- og forurensningsdirektoratet). Overvåking vil gi svar på om tildekkingen fungerer etter intensjonen når det gjelder å redusere utlekking av miljøgifter fra sjøbunnen og opptak av miljøgifter i bunnlevende organismer. Undersøkelsene vil også gi en bedre forståelse av eventuelle økologiske konsekvenser av tildekking. Beslutningsgrunnlaget omfatter også vurderinger av kostnader og nytte ved gjennomføring av tiltak i Grenlandsfjordene. Det er i den sammenhengen viktig å avklare hvor store arealer som kan være aktuelle å dekke til og hva den samlede effekten og nytten av tiltak i fjordene kan komme til å bli. Faktorer som kan påvirke muligheten til å dekke til kan være sjøbunnens skråning, forekomst av naturtyper eller aktivitet i området. Det er ikke gjort noen fullstendig kartlegging av bunnsubstratet i Grenlandsfjordene, og modellering er derfor en aktuell tilnærming til en bedre forståelse av fordelingen av hardbunn og bløtbunn på sjøbunnen.

Vår tilnærming har vært å modellere hvor det er stor sannsynlighet for forekomst av bløtbunn innen ulike klasser av dyp, skråning og bølgeeksponering. Vi har fokusert på å modellere:

- områder med ulike grad av skråning, uavhengig av substrat
- bløtbunnsområder på ulike dyp og ved ulike eksponeringsklasser
- akkumulasjonsbassenger (dvs. den bløtteste delen av sedimentet, gjerne i bunnen av bassenger) på ulike dyp) ved ulike skråningsgrader og ved ulike eksponeringsklasser

Metode

Områdebeskrivelse

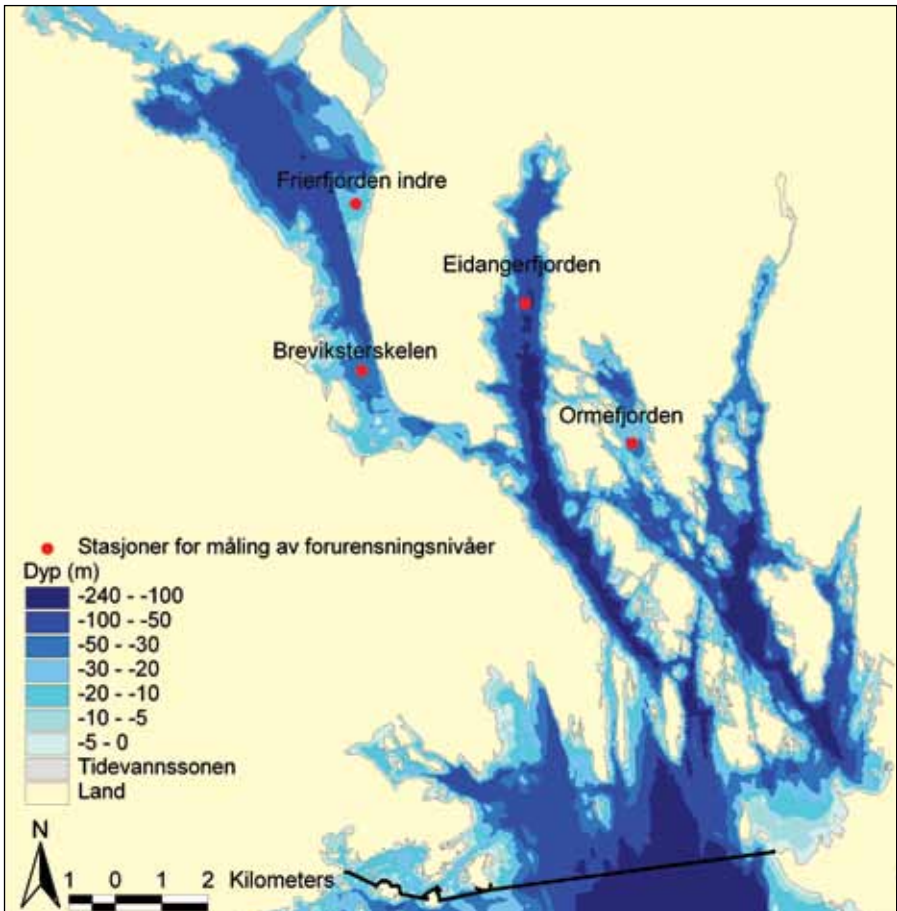
Studie- og modellområdet på 98,8 km² er omtrentlig sammenfallende med området med kostholdsråd gitt av Mattilsynet, se figur 1. Dette er et område med dyp ned mot ca 240 m i ytre del, figur 1. Området inkluderer enkelte store grunner inne ved land og skråninger som går ned mot flater områder i midten av bassenger, figur 2. De fleste områder er fra ultrabeskyttet til moderat eksponert i forhold til bølger, selv om man også finner mer eksponerte områder her, figur 3.

Modellering

Det er sjelden mulig (verken tidsmessig eller økonomisk) å kartlegge alle områder med feltaktivitet. NIVA har derfor utviklet en metodikk for modellering av sannsynlige forekomster av arter, naturtyper og biomangfold ved hjelp av digitale modeller (f. eks. Bekkby m.fl. 2008a, 2009). Denne metodikken er også brukt i Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av marint biologisk mangfold (Rinde m.fl. 2006, Bekkby m. fl. 2011), et program som har pågått siden 2003, og som fra 2011 går inn i sin tredje periode.

Som grunnlag for modelleringsarbeidet har vi i dette prosjektet brukt modeller på dyb, skråning og bølgeeksponering (Bekkby 2010). I tillegg har vi brukt en modell utviklet for den bløtteste delen av bløtbunnsområdene (dvs akkumulasjonsbassengene, Bekkby m.fl. 2008b). Modellene er utviklet i ArcView 3.2 ved hjelp av "Spatial Analyst".

Dybdemodellen har 12,5 m romlig oppløsning og er utviklet basert på Sjøkartverkets data, figur 1. Skråning (i grader), figur 2, er beregnet som den maksimale endringen fra en dybdegridcelle til dens åtte nærmeste naboer ved hjelp av ArcView 3.2s skråningsfunksjon ("Slope").

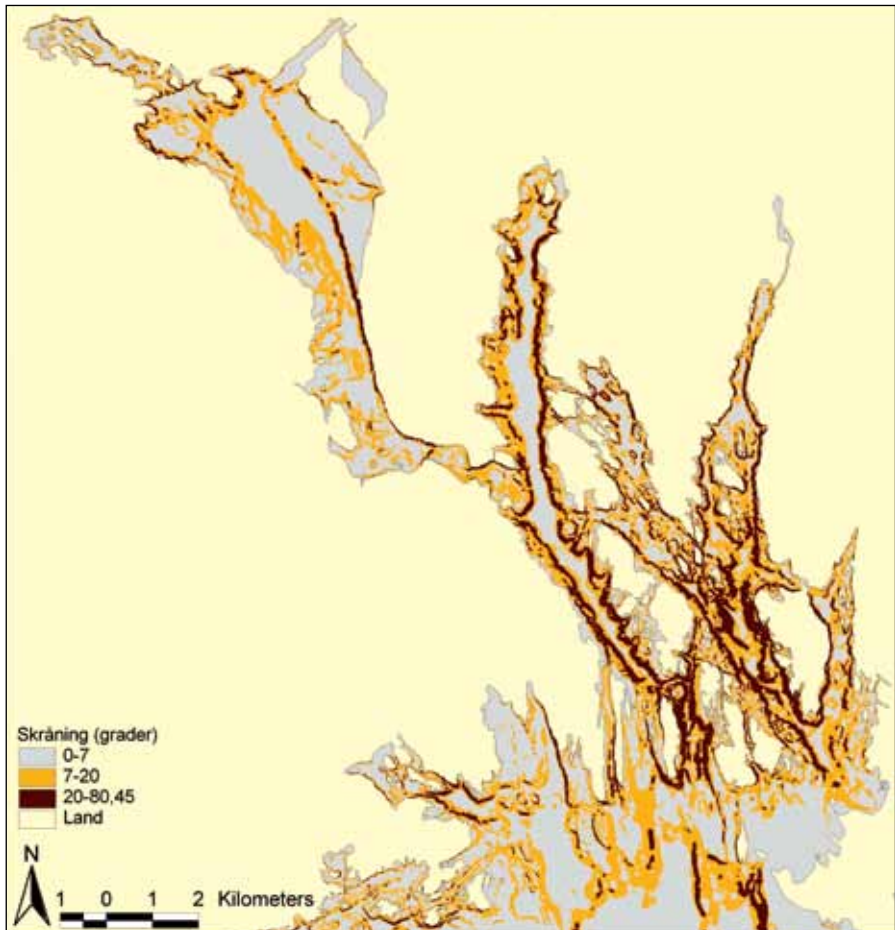


Figur 1. Dybdemodellen for studieområde. Jo mørkere blått, jo dypere vann. Stasjoner for målinger av dioksin- og furannivåer er vist som røde punkter. Fet linje viser sørlig grense for området med kostholdsråd gitt av Mattilsynet.

Bølgeeksponeringen, figur 3, er modellert ved hjelp av "fetch" (avstand fra en gitt gridcelle til nærmeste land) og gjennomsnittlig (over fem år) dominerende vindstyrke og -retning. Modellen har 25 m romlig oppløsning (se Isæus, 2004 for mer detaljer). Modellen har blitt validert i Stockholms skjærgård, er kjørt for hele norskekysten som en del av Nasjonalt program for kartlegging og overvåking

av marint biologisk mangfold (Rinde m.fl. 2006) og er brukt i flere vitenskapelige studier (f. eks. Bekkby m.fl. 2008a, b, 2009).

Bløtbunnsområder ble modellert som områder med skråning $\leq 7^\circ$, uavhengig av dyp eller eksponeringsgrad. Grensen for skråning er basert på kunnskap og data fra Nasjonalt program for kartlegging av marint biologisk mangfold, og er der brukt i arbeidet med modellering av



Figur 2. Skråningsmodell over området, grått=0-7°, orange=7-20°, brunt>20°.

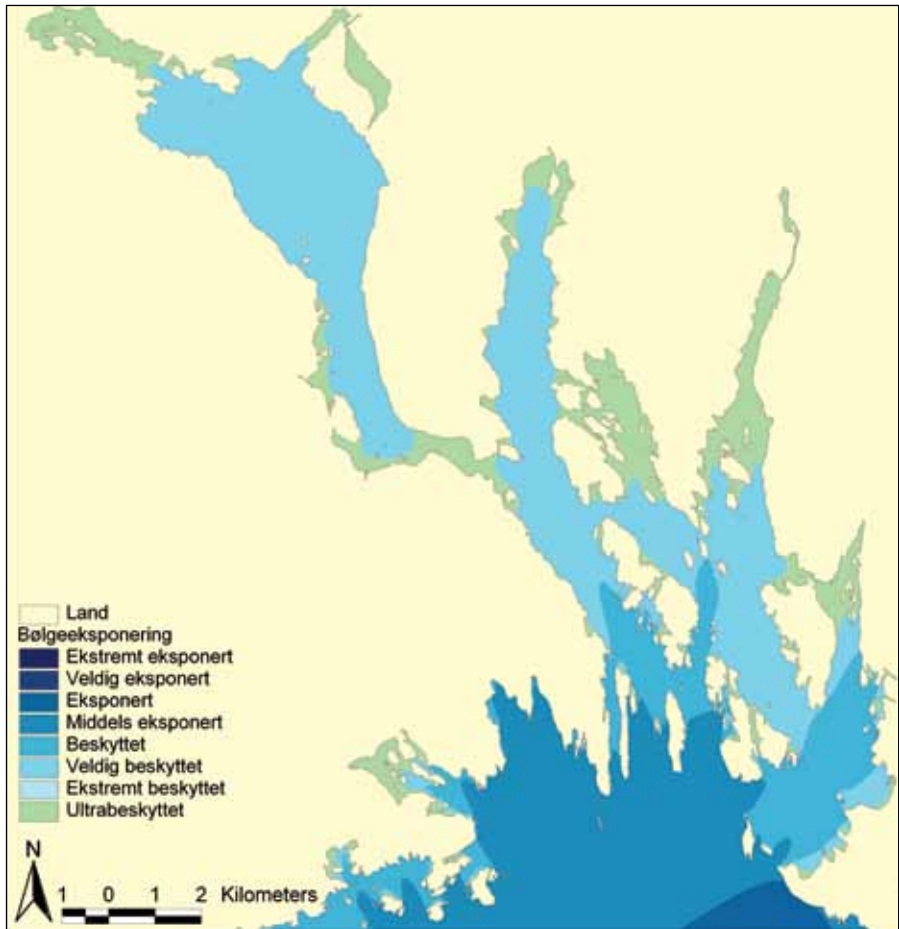
naturtypene bløtbunnsområder i strandsonen og ålegressenger.

Resultater

Modellerte bløtbunnsområder

Bløtbunnsområdene vil ha ulike karakterer avhengig av hvor dypt de ligger og hvor mye bølgeslag de er utsatt for. De modellerte bløtbunnsområdene ble derfor

kombinert med de ulike klassene av dyp (land, tidevannssonen, 0-5 m dyp, 5-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-50 m, 50-100 m og >100 m), figur 4, og bølgeeksponering (Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert), figur 5. Arealet innen de ulike dybde- og eksponeringsklassene og prosentandelen dette utgjør av bløtbunnsarealet og totalt areal er vist i tabell 1.



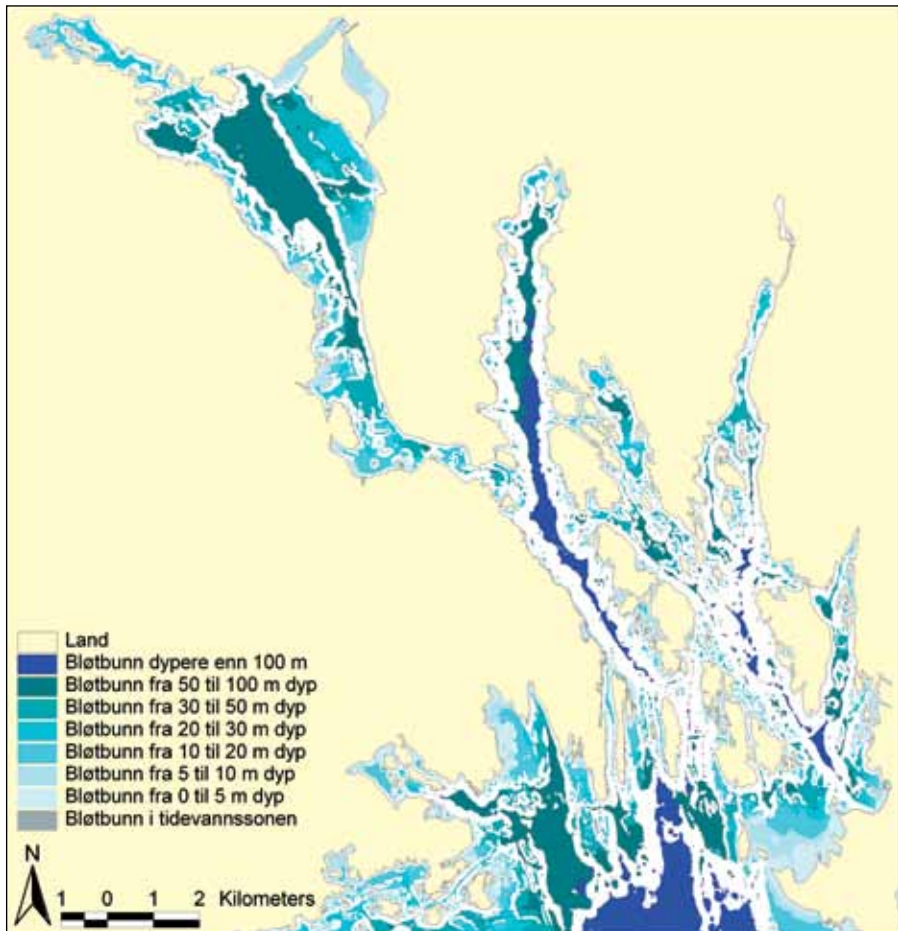
Figur 3. Bølgeeksponering. Jo mørkere blått, jo mer eksponert. Grønne områder viser ultrabeskyttede områder.

Modellerte akkumulasjonsbassenger

Bekkby m.fl. (2008b) har modellert sannsynligheten for å finne akkumulasjonsbassenger innefor et område, og modellen er validert i Grenlandsområdet. Disse akkumulasjonsbassengene representerer de fineste fraksjonene av sedimentet i bløtbunnsområdene, gjerne i bunnen av bassenger, og artssammenset-

ning og biodiversitet i disse områdene brukes ofte som en miljøindikator i ulike overvåkingsprogrammer. Dyp og terrengets krumning var parametere som danner grunnlaget for denne romlige prediktive modellen i dette området.

Et akkumulasjonsbasseng ble definert som et område med overveiende sannsynlighet for å inneholde et slikt basseng

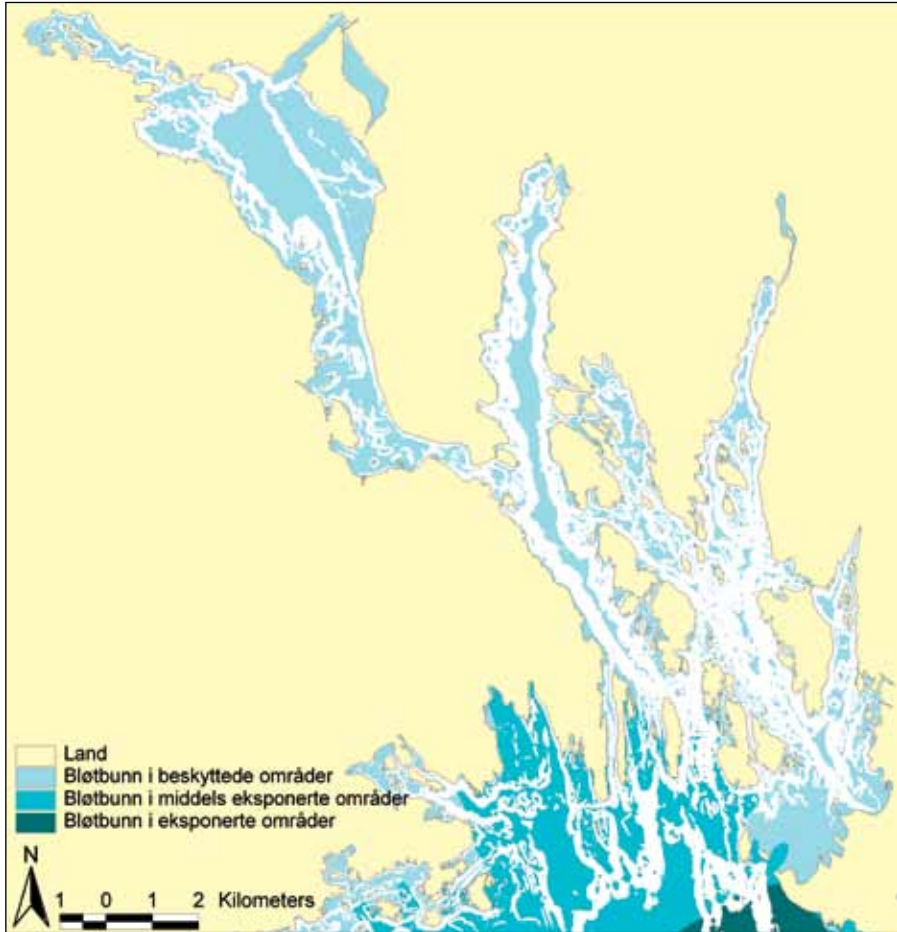


Figur 4. Bløtunnmodellen kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger bløtbunnen. Grått viser tidevannssonen.

(satt til >60 %, da denne grensen inkluderte mesteparten av de observerte akkumulasjonsbassengene i modellen utført av Bekkby m. fl. 2008b). Denne modellen ble kombinert med skråningsmodellene for å finne områder som muligens er for bratte for tildekking. Akkumulasjonsbassengene ble kombinert med middels skrånende (7-20°) og bratt ($\geq 20^\circ$)

terreng, se figur 6. Arealet i middels skrånende og bratte områder og prosentandelen dette utgjør av akkumulasjonsbassengarealet og totalt areal er vist i tabell 1, s. 40.

De modellerte akkumulasjonsbassengene ble også kombinert med de ulike klassene av dyp (land, tidevannssonen, 0-5 m dyp, 5-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-50 m, 50-100 m og >100 m), figur 7,



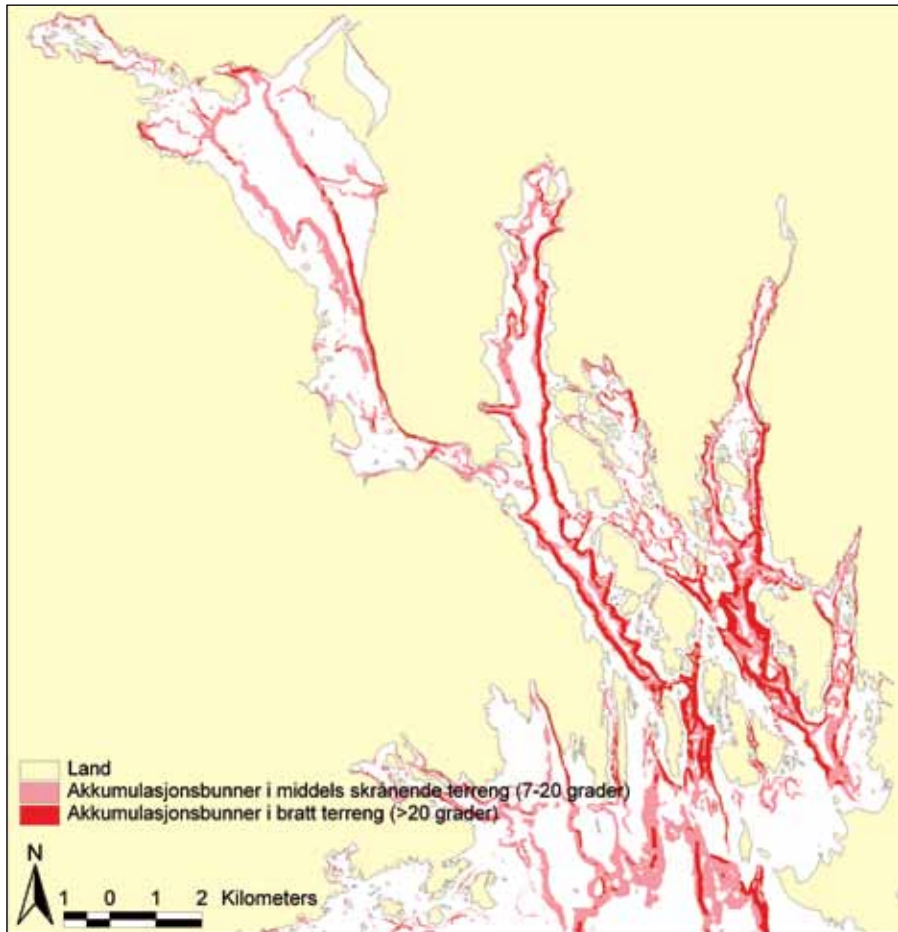
Figur 5. Bløtubbunnsmodellen kombinert med de tre bølgeeksponeringsklassene Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert.

og bølgeeksponering (Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert), figur 8. Arealet i de ulike dybde- og eksponeringsklassene og prosentandelen dette utgjør av akkumulasjonsbassengarealet og totalt areal er vist i tabell 1, s. 40. Akkumulasjonsbassengene dekker i enkelte klasser en større andel av totalarealet enn bløtbunnsområdene, se tabell 1. Dette er

fordi arealet for akkumulasjonsbassengene også inkluderer skråningene ned mot bassengbunnen, mens bløtbunnsområder er definert til kun å inkludere de flate områdene.

Modellerte bratte områder

Områder med skråning 7-20° ble modellert. Dette tilsvarer middels skrånende

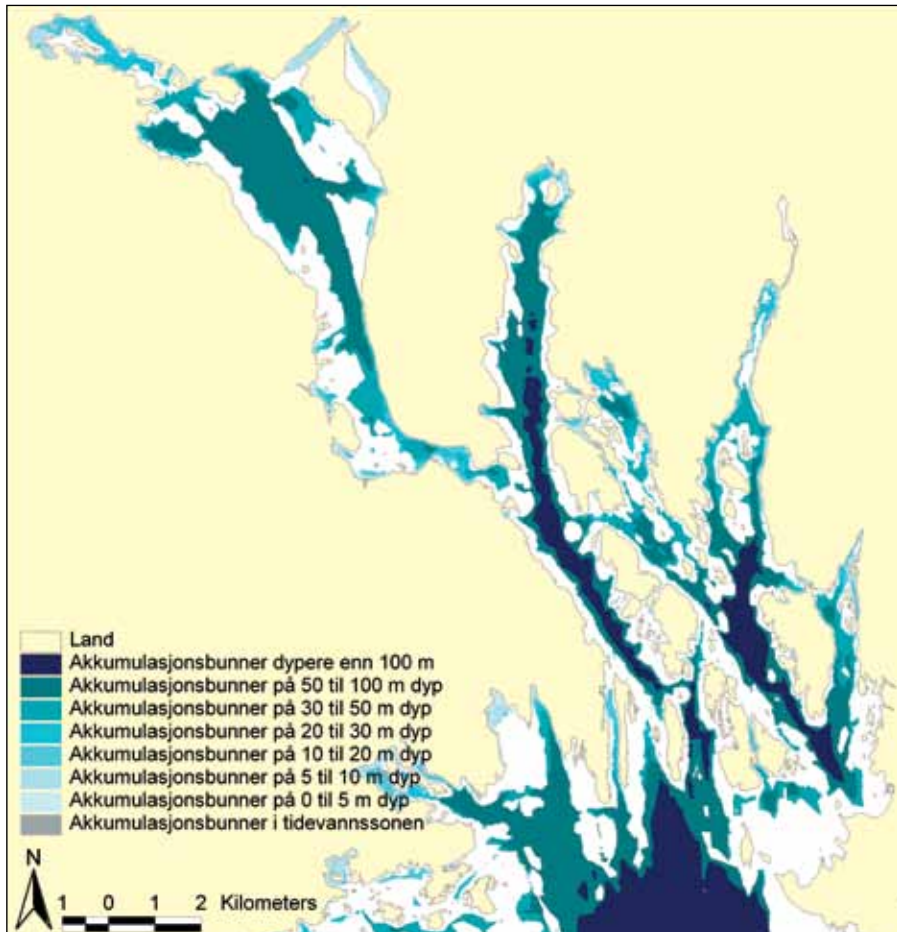


Figur 6. Modellert akkumulasjonsbasseng (Bekkby m.fl. 2008b) i kombinasjon med middels skrånende og bratt terreng. Jo mørkere rødt, jo brattere terreng.

områder og kan indikere hardbunn, men også skrånende bløtbunn. De bratteste områdene, med skråning $>20^\circ$, ble også modellert. Figur 2 viser disse to skråningsklassene sammen med de flate områdene (skråning 0-7°).

Diskusjon

Verktøy lik det vi har utviklet i dette prosjektet er svært viktige for en kunnskapsbasert forvaltning. Arbeidet med å få til en fornuftig og kostnadseffektiv restaurering av sjøbunnen i Grenlandsfjordene avhenger av at man har kunnskap om hvor det er relevant og mulig å gjøre tiltak. For å gjøre de riktige valgene og til-

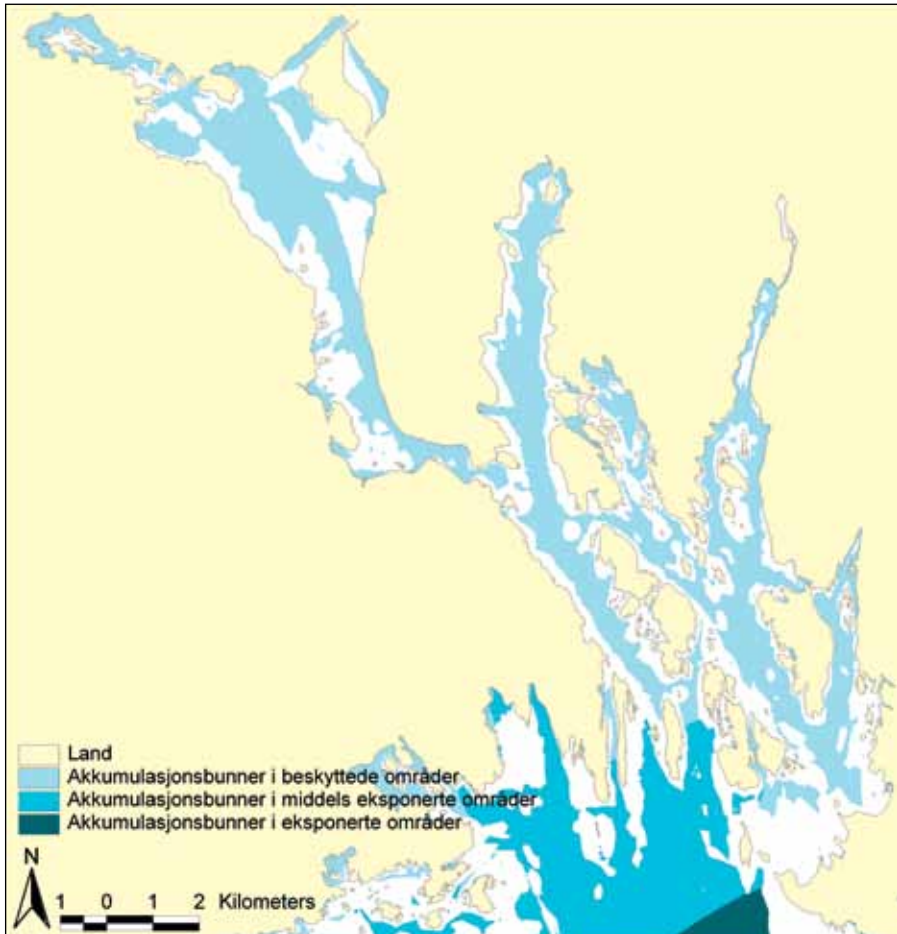


Figur 7. Modellerte akkumulasjonsbassenger (Bekkby m.fl. 2008b) kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger akkumulasjonsbassenger.

takene trenger man kart over forekomst og utbredelse av de sentrale faktorene som vil ha betydning for tiltaksplanleggingen, slik som forurensningsgrad, dyp, skråning, substrattyper og naturtyper. Analysene i denne studien gir et grunnlag for å anslå hvilke og hvor store arealer som kan inngå i tiltaksområdet og hvilke

som eventuelt gir grunnlag for differensierte tiltaksløsninger. Arealberegningene gir dermed et grunnlag for å beregne kostnader og samlet effekt av tildekking, noe som er sentrale elementer i beslutningsgrunnlaget om storskala tiltak.

Fylkesmannens prosjekt BEST har foreløpig ikke konkludert med hvilke



Figur 8. Modellerte akkumulasjonsbassenger (Bekkby m.fl. 2008b) kombinert med med de tre bølgeeksponeringsklassene Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert er området for bølger.

områder, dyp, substrater eller naturtyper som egner seg for tildekking og hvilke som av en eller annen grunn ikke egner seg. Trinn 1 i denne prosessen er å vite hva som er hvor, og der er dette studiet en viktig bidragsyter. Trinn 2 blir å vurdere betydningen av denne innsikten og

trinn 3 å beregne konsekvensene i forhold til effekten av en differensiert tiltaksløsning, også kostnadmessig. Drøftingene i denne artikkelen er derfor ikke å anse som endelige konklusjoner for tiltaksområder i Grenland.

Arealberegningene viser at akkumu-

	Bløtbunn			Akkumulasjonsbasseng		
	Areal (km ²)	% av bløtbunns-arealet	% av total-arealet	Areal (km ²)	% av akkumulasjonsbassengarelaet	% av total-arealet
Dybdeklasser						
Tidevannssonen	0,79	1,67	0,80	0,28	0,53	0,29
0-5 m dyp	6,41	13,58	6,48	1,90	3,56	1,93
5-10 m dyp	4,33	9,17	4,38	1,69	3,16	1,71
10-20 m dyp	5,81	12,31	5,88	2,19	4,09	2,21
20-30 m dyp	4,86	10,30	4,92	2,74	5,13	2,78
30-50 m dyp	6,82	14,47	6,91	9,26	17,32	9,37
50-100 m dyp	12,02	25,47	12,16	23,63	44,20	23,91
>100 m dyp	6,15	13,03	6,22	11,77	22,01	11,91
Bølgeeksponeringsklasser						
Beskyttet	31,41	66,59	31,79	36,59	68,45	37,04
Middels eksponert	14,45	30,64	14,63	15,60	29,18	15,79
Eksponert	1,31	2,77	1,32	1,26	2,37	1,28
Skråningsklasser						
Middels skrånende (7-20°)				18,52	34,64	18,74
Bratt (>20°)				7,48	14,00	7,57
Totalt areal (km²)	47,17		47,75	53,46		54,11

Tabell 1. Areal og prosentandel bløtbunnsområder og akkumulasjonsbassenger innenfor klasser av dyp, bølgeeksponering og (kun for akkumulasjonsbassenger) skråning. Totalt studie- og modellareal er 98,8 km². Merk at bløtbunn og akkumulasjonsbasseng har stor grad av overlapp. Merk også at bløtbunnsområder er definert til å være i de flateste områdene (<7°), og at inndeling i skråningsklasser derfor ikke er relevant.

lasjonsbassenger med en skråning over 20 grader utgjør litt over 7 % av det totale arealet. Siden miljøgiftene er knyttet til sedimentet og akkumulasjonsbassengene representerer de fineste fraksjonene av sedimentet, er disse bassengene spesielt interessante i tiltakssammenheng. Det er imidlertid knyttet usikkerhet til om de skrånende områdene vil være egnet for tildekking. Hauge (2005) har anslått at det vil være mulig å legge inntil 0,5 m tildekking på sjøbunnen i Grenland i de områdene som har skråning opp til 20 grader før en må gjøre stabiliserende tiltak eller mer inngående prosjektering. Forurensningen er spredd over hele fjordarealet. Dersom man av tekniske årsaker ikke kan gjennomføre tiltak i bløtbunnsområder med skråning over 20 grader, vil dette kunne ha en innvirkning på den totale effekten av tildekkingstiltak på grunn av reduksjonen i tiltaksareal.

Tiltak bør rettes inn mot de områdene som bidrar mest til spredning av forurensning. Det er derfor viktig å forstå forurensningssituasjonen i de forskjellige fjordavsnittene og ved ulike dyp, og disse områdenes betydning for spredning. Datagrunnlaget for forurensningen i sjøbunnen har vært mer begrenset for de grunneste områdene av fjorden sammenlignet med de dypere områdene. De dypeste områdene har tradisjonelt blitt sett på som de mest forurensede, da miljøgiftene følger partiklens sedimentasjon i de dypeste partiene av fjorden. Etter en gjennomgang av det eksisterende datamaterialet sammenholdt med dybde- og substratkartene i denne studien, ble det valgt å øke datamengden med noen

nye stasjoner i grunne områder. Disse analysene er foreløpig ikke rapportert.

I prosessen med å definere aktuelle tiltaksområder er det relevant å identifisere mulige konfliktområder der tildekking kan være uheldig, enten av hensyn til økologi eller menneskelig aktivitet, og kvantifisere betydningen av disse områdene for effekten av tiltak totalt sett. I de grunnere områdene av fjorden kan man potensielt se for seg konflikter knyttet både til rekreasjon (småbåttrafikk, båt-havner, badeplasser osv) og økologi. Mulige konflikter mellom tildekking og rekreasjon kan tenkes å være av estetisk karakter i de helt grunne partiene, siden tildekkingsmassene kan være av en annen kvalitet (farge og partikkelstørrelse) enn den opprinnelige sjøbunnen. På kort sikt kan det oppstå brukerkonflikter i forbindelse med selve gjennomføringen av tildekkingen. Konflikter kan også være av mer permanent karakter og tvinge fram alternative løsninger, dersom tildekkingen fører til varige restriksjoner på aktiviteter knyttet til arealene. Det er ikke utenkelig at for eksempel oppankring av lasteskip kan være en slik aktivitet.

Det kan oppstå konflikter mellom trålfiske og et ønske om tildekking i de dypere partiene av fjorden. Trålingen foregår på dype og flate områder og fører til oppvirvling av sedimenter. Omfanget av denne oppvirvlingen er undersøkt i forbindelse med felttesten i Grenlandsfjordene i 2009, men resultatene er foreløpig ikke rapportert. Dype (> 50 m) akkumulasjonsbassenger utgjør totalt ca 36 % fjordarealet, tabell 1, men kun 0,02 % av disse skråner mer enn 20 grader. Det

betyr at det meste av de dypeste områdene trolig vil være aktuelle tiltaksområder. Vi vet ikke hvor store andel av disse arealene som i dag benyttes til tråling. Det er likevel nærliggende å tenke seg at en reduksjon i tiltaksareal som følge av trålkativitet vil kunne redusere effekten av et tiltak.

Økologiske konflikter kan være knyttet til de biologiske verdienes sårbarhet for forstyrrelse og tilførsel av tildekingsmasse. Ålegressenger er ansett å ha stor økologisk betydning, da de ofte er viktige gyte-, oppvekst- eller beiteområder for fisk. Ålegressenger er kartfestet gjennom Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av marint biologisk mangfold (www.dirnat.no/naturmangfold/kartlegging/naturtyper/marint). Forekomstene av ålegress innenfor tiltaksområdet har vist seg å være relativt beskjeden, og utgjør ca 11 % (1,31 km²) av bløtbunnsarealet ned til 10 m dyp. Konflikten mellom opprydding eller bevaring kan likevel aktualiseres dersom man kommer fram til at tiltak ikke bør gjennomføres av hensyn til økologien i områder som er betydelig forurenset og bidrar vesentlig til spredning av forurensning. En slik spredning kan finne sted hvis f. eks. områdene er viktige beiteområder. Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) er f. eks. en art som beiter på grunt vann og utgjør en betydelig andel av torskens diett til visse årstider og livsstadier (Gjøsæter 2008). Vi mangler kunnskap om betydningen av ulike arters aktiviteter på ulike dyp og i ulike naturtyper og deres betydning for opprettholdelse av miljøgiftnivået i fisk og skalldyr. Data

samlet inn i grunne områder (ennå ikke rapportert) vil bidra til å avklare betydningen av disse grunne områdene for opprettholdelsen av miljøgiftkonsentrasjoner, og dermed også forståelsen av hvor viktig det er å inkludere eller eventuelt unnta grunne områder fra mulige fremtidige tiltak.

Modeller slik det som er utviklet i dette prosjektet har stor nytte i forvaltning og planlegging av tiltak. Man bør likevel ikke glemme at kvaliteten på resultatmodellene aldri er bedre enn kvaliteten på de modellene man bruker i analysene. I vårt område er den romlige oppløsningen på modellene god, 12,5 m. Det betyr likevel at det er kun ett dybdepunkt per 156,25 m². Dette kan ha stor betydning i områder med stor terrengvariasjon. Men i og med at tiltak trolig vil fokusere mest på de flate bløtbunnsområdene, blir effekten av skala mindre. Uansett usikkerhet og ønske om en bedre romlig oppløsning, så er disse arealanalysene et viktig innspill i vurderingen av muligheten for å gjennomføre sedimenttiltak i Grenlandsfjordene.

Referanser

- Bekkby, T. 2010. Modellerte bunnforhold i grenlandsfjordene. NIVA-rapport 6051, 20 s. ISBN 978-82-577-5786-1.
- Bekkby, T., Bodvin, T., Bøe, R., Moy, F.E., Olsen, H. og Rinde, E. 2011. Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold - marint. Sluttrapport for perioden 2007-2010. NIVA-rapport LNR 6105, 31 s. ISBN 978-82-577-5840-0.

- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L., Bakkestuen, V., Longva, O., Christensen, O., Isæus, M og Isachsen, P.E. 2008a. Spatial probability modelling of eelgrass *Zostera marina* L. distribution on the West coast of Norway. ICES Journal of Marine Science 65: 1093-1101.
- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L. og Bakkestuen, V. 2009. Spatial predictive distribution modelling of the kelp species *Laminaria hyperborea*. ICES Journal of Marine Science 66(10): 2106-2115.
- Bekkby, T., Nilsson, H.C. Rygg, B. Isachsen, P.E. Olsgard, F. og Isæus, M. 2008b. Identifying soft sediments at sea using GIS-modelled predictor variables and Sediment Profile Image (SPI) measured response variables. Estuarine, Coastal and Shelf Science 79: 631-636.
- Bjerkeng, B., Knutsen, J.A., Bakke, T og Ruus, A. 2010. Overvåkning av fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 2009. Statlig program for forurensningsovervåkning, Klif-rapport 1075/10. ISBN: 978-82-577-5716-8. 75 s.
- Gjøsæter, J. 2008. Fiskeressurser og miljøforhold i Ytre Oslofjord 2007. Rapport fra Havforskningen nr 5-2008.
- Hauge, A. 2005. Forurensede sedimenter – Tiltaksplan i Grenland. Teknisk notat til Fylkesmannen i Telemark. NGI-prosjekt 20051242.
- Isæus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Doktorgradsavhandling, Botanisk institutt, Stockholms universitet, Sverige. http://www.aquabiota.se/publications/pdf/Avhandling_Isaeus.pdf. ISBN 91-7265-846-0. 165 s.
- Knutzen, J. 1994. Overvåkning av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 1992. Statlig program for forurensningsovervåkning, SFT-rapport 545/93, NIVA-rapport LNR 2989. ISBN: 82-577-2427-0. 165 s.
- Knutzen, J. og Green, N. 1991. Overvåkning av miljøgifter i fisk og blåskjell fra Grenlandsfjordene 1990. Statlig program for forurensningsovervåkning, SFT-rapport 468/91, NIVA-rapport LNR 2636. ISBN: 84-577-1963-3. 62 s.
- Næs K. og Nilsson H.C. 2005. Dioksinanalyser av sediment i ytre deler av Grenlandsfjordene 2005. NIVA-notat til Fylkesmannens Prosjekt Rein Fjord. O-25369
- Næs, K., Persson, J., Saloranta, T., Andersen, T., Berge, J.A., Hylland, K., Ruus, A., Tobiesen, A., Bergstad, O.A. og Knutsen, J.A. 2004. Dioksiner i Grenlandsfjordene - DIG. Oppsummering av forskningsprosjektet. NIVA-rapport LNR 4876. ISBN: 82-577-4562-6. 94 s.
- Næs, K. Saloranta, T., Nilsson, H C., Cornelissen, G. og Broman, D. 2009. Undersøkelser for å styrke modeller knyttet til beslutningsstøtte for tiltak mot forurensede sedimenter i Gren-

landsfjordene. NIVA-rapport LNR 5737. ISBN: 978-82-577-5472-3. 122 s.

Olsen, M. 2009. Innlegg fra seminar 29. april 2009. Opprydding av forurenset sjøbunn. BEST – beslutningsgrunnlag for tiltaksmetode tynnsjikttildekking. Vann 4: 375-384.

Rinde, E., Rygg, B., Bekkby, T., Isæus, M., Erikstad, L., Sløreid, S-E. og Longva, O. 2006. Dokumentasjon av modellerte

marine naturtyper i DN's Naturbase. Førstegenerasjonsmodeller til kommunenes startpakker for kartlegging av marine naturtyper 2007. NIVA-rapport LNR 5321. ISBN 82-577-5053-0. 31 s.

Stortingsmelding nr 12 (2001-2002). Rent og rikt hav. 104 s.

Stortingsmelding nr. 21 (2004-2005). Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets tilstand. 179 s.