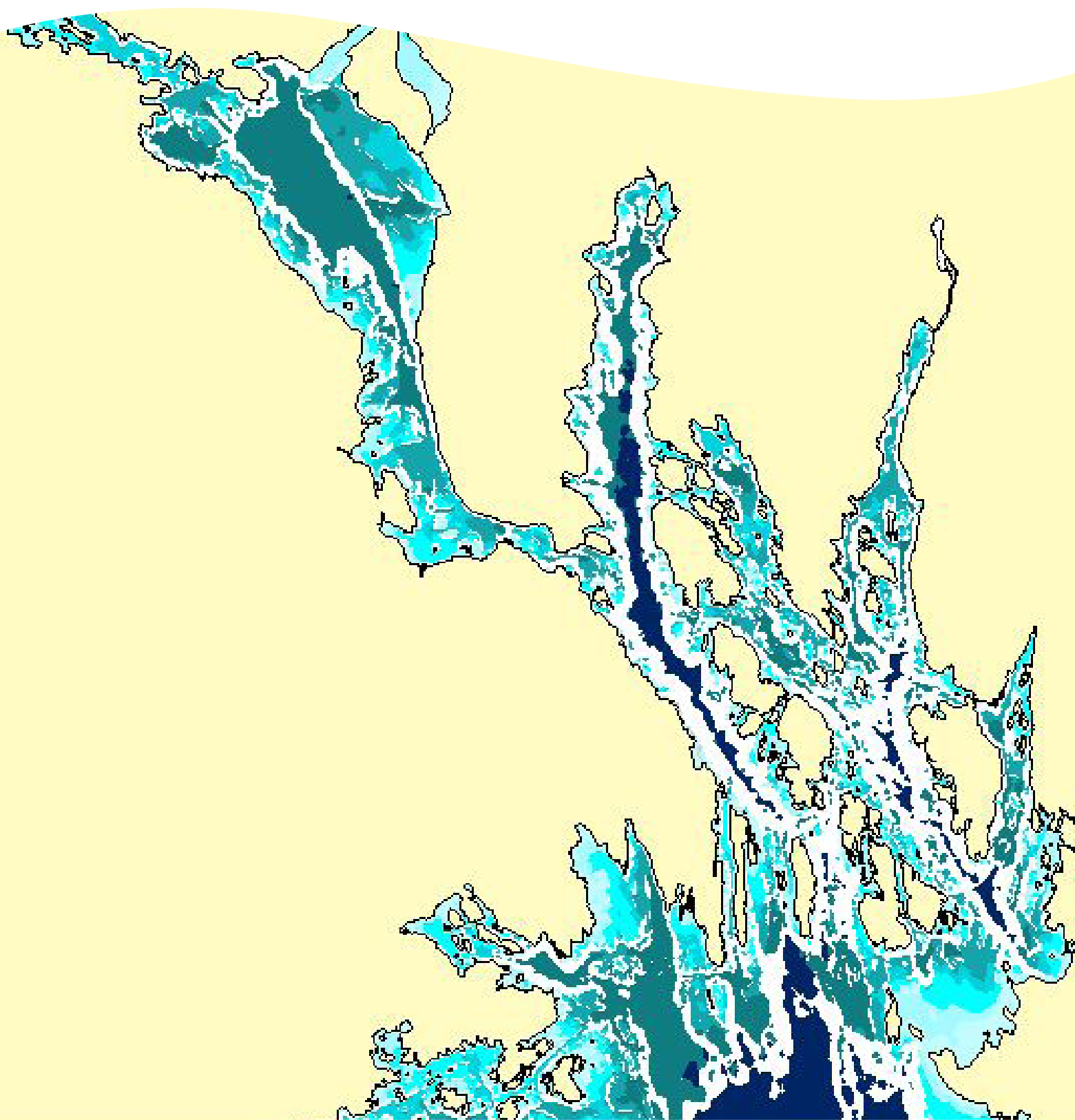


# Modellerte bunnforhold i grenlandsfjordene



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87


Tittel Modellerte bunnforhold i grenlandsfjordene	Løpenr. (for bestilling) 6051-2010	Dato November 2010
	Prosjektnr. Undernr. 10405	Sider Pris 20
Forfatter(e) Trine Bekkby	Fagområde Marint	Distribusjon Fri
	Geografisk område Grenland, Telemark	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Telemark	Oppdragsreferanse Marianne Olsen
---	-------------------------------------

**Sammendrag**  
Målet med dette prosjektet var å gi Fylkesmannen i Telemark en oversikt over annsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i Telemark. I den anledning har NIVA utviklet GIS-kart for bløtbunnsområder ved ulike bølgeeksponeringsklasser og dybdeklasser, samt kombinert en romlig prediktiv modell for akkumulasjonsbunner med ulike skråningsgrader, dybde kategorier og klasser av bølgeeksponering. Resultatene foreligger som jpg-figurer og shape-filer.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modellering</li> <li>2. Bløtbunn</li> <li>3. Kart</li> <li>4. Geografiske informasjonssystemer GIS</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelling</li> <li>2. Soft seabed</li> <li>3. Maps</li> <li>4. Geographical Information Systems GIS</li> </ol>
--	---

  
Trine Bekkby  
Prosjektleder

  
Mats Waldøy  
Forskningsleder  
ISBN 978-82-577-5786-1

  
Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Norsk institutt for vannforskning**

**Oslo**

Modellerte bunnforhold i grenlandsfjordene

Trine Bekkby

## **Forord**

NIVA v/Trine Bekkby ble kontaktet av Fylkesmannen i Telemark v/Marianne Olsen om muligheten for å utvikle kart over bunnforhold i grenlandsfjordene for å få en forståelse for sannsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i fjordene. Arbeidsbeskrivelse ble utviklet i e-post-dialog mellom Olsen og Bekkby.

Oslo, november 2010

*Trine Bekkby*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>5</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn for og hensikten med prosjektet	6
1.2 FMTEs spøringer	6
1.3 NIVAs svar på FMTEs spøringer	6
<b>2. Beskrivelse av input-data</b>	<b>7</b>
2.1 Modell på dyb og skråning	7
2.2 Modell av bølgeeksponering	8
<b>3. Modellering</b>	<b>8</b>
3.1 Modellering av bløtbunnsområder	8
3.2 Modellering av akkumulasjonsbunner	9
3.3 Modellering av bratte områder	11
<b>4. Leveranse</b>	<b>11</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>12</b>
<b>6. Vedlegg 1 – Figurene i større format</b>	<b>13</b>

## **Sammendrag**

Målet med dette prosjektet var å gi Fylkesmannen i Telemark en oversikt over annsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i Telemark. I den anledning har NIVA utviklet GIS-kart for bløtbunnsområder ved ulike bølgeeksponeringsklasser og dybdeklasser, samt kombinert en romlig prediktiv modell for akkumulasjonsbunner med ulike skråningsgrader, dybde kategorier og klasser av bølgeeksponering. Resultatene foreligger som jpg-figurer og shape-filer.

## **Summary**

The aim of this project was to provide the county administration of Telemark with information on the distribution of soft and rocky sediment in Telemark. NIVA has developed GIS maps for soft sediments at different classes of wave exposure and depth and has combined a spatial predictive model of accumulation basins with different levels of slope, depth and wave exposure. The results are available as jpg figures and shape files

# 1. Bakgrunn

## 1.1 Bakgrunn for og hensikten med prosjektet

Bakgrunnen for prosjektet var en forespørsel fra Fylkesmannen i Telemark v/Marianne Olsen gjeldende kartlag og arealanalyse av modellerte bunnforhold i grenlandsfjordene, for å få en forståelse for sannsynlig forekomst og utstrekning av bløtbunn og hardbunn i fjordene. Kartlag genereres på bakgrunn av spørringer formulert i samarbeid mellom NIVA og FMTE. Leveransen er i form av shp-filer for bruk i fylkesmannens kartverktøy, samt kort dokumentasjon av arbeidet, inkludert beskrivelse av inputdata og modellverktøy.

## 1.2 FMTEs spørringer

Det er ønskelig å finne hvor det er stor sannsynlighet for bløtbunn, og se dyp for disse områdene. Av disse områdene er det interessant å vite hvilke som er for bratte til at de kan egne seg for tildekking. En aktuell problemstilling er å identifisere ulike beiteområder for torsk (beiter for eksempel på strandkrabbe), og hvor store areal disse områdene utgjør innenfor studieområdet, avgrenset av kostholdsrådsområdet:

- Sannsynlighet for å finne bløtbunn/sedimentasjonsbassenger
- Bløtbunnsområder med skråning over 20°
- Områder med skråning over 20°, uavhengig av substrat
- Plassering og areal av bløtbunnsområder ved ulike dybdeintervall (eks 0-5m, 5-10m, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100)

## 1.3 NIVAs svar på FMTEs spørringer

Ut fra spørringene til FM, ble følgende svar gitt fra NIVA om leveranse av data:

- Shape-fil over bløtbunnsområder generelt (uavhengig om de er i en bassengstruktur eller ikke), uavhengig av dyp/eksponeringsgrad, areal av hver enkelt av forekomstene.
- Shape-fil over den bløtteste delen av bløtbunnsområdene (akkumulasjonsbassengene), uavhengig av dyp og eksponeringsgrad. Denne vil delvis overlappe med punkt 1. Grensen for hva som er en akkumulasjonsbunn settes ved 60 % sannsynlighet, da det regnes som å være overveiende sannsynlig. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-filer over områder med skråning 7-20° (kan vise hardbunn, men også bløtbunn i skråning). Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-filer over områder med skråning >20° (kan vise hardbunn, men også bløtbunn i skråning). Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over de delene av akkumulasjonsbunnene som har skråning >7-20°. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over de delene av akkumulasjonsbunnene som har skråning >20°. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over bløtbunnsområder (punkt 1) innen ulike dybdeintervaller. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over akkumulasjonsbunnene (punkt 2) innen ulike dybdeintervaller. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over bløtbunnsområder (punkt 1) innen ulike bølgeeksponeringsintervaller. Arealet av de ulike forekomstene
- Shape-fil over akkumulasjonsbunnene (punkt 2) innen ulike bølgeeksponeringsintervaller. Arealet av de ulike forekomstene

Alle data er klippet mot områdepolygonet og land. Så leveres informasjon om:

- hvor stor prosent av bløtbunnsområdene som faller innen hver dybdekategori

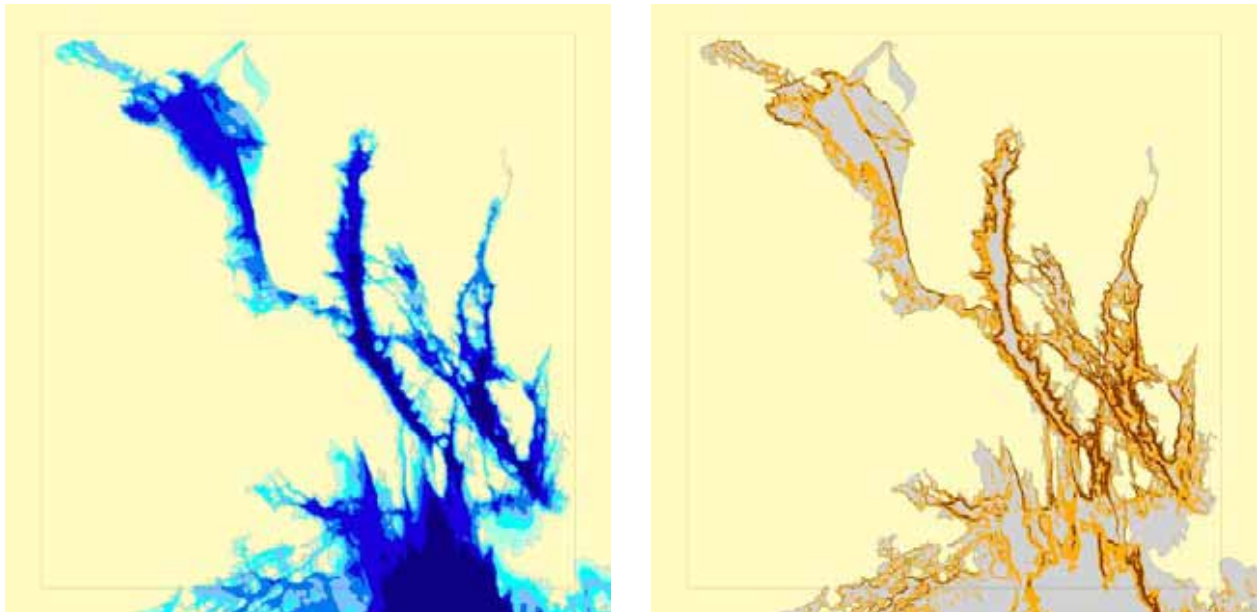
- hvor stor prosent av akkumulasjonsbassengene som faller innen hver dybdekategori
- hvor stor prosent av bløtbunnsområdene som faller innen hver bølgeeksponeringskategori
- hvor stor prosent av akkumulasjonsbassengene som faller innen hver bølgeeksponeringskategori
- hvor stor prosent av akkumulasjonsbassengene som har skråning  $>7^\circ$
- hvor stor prosent av akkumulasjonsbassengene som har skråning  $>20^\circ$

## 2. Beskrivelse av input-data

Som en del av modelleringsarbeidet i dette prosjektet har vi brukt modeller på dyb, skråning og bølgeeksponering. I tillegg har vi brukt en modell utviklet for den bløtteste delen av bløtbunnsområdene (akkumulasjonsbassengene). Modellene er utviklet i ArcGIS 9.2 ved hjelp av "Spatial Analyst". Polygoner over modellområdet og land (filnavn områdeavgrensning.shp og land.shp) sendes over til tillegg til det som beskrives under.

### 2.1 Modell på dyb og skråning

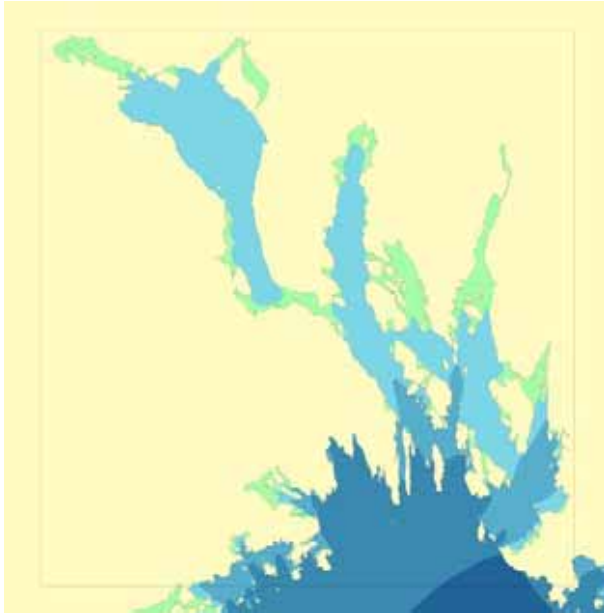
Dybdemodellen har 12,5 m romlig oppløsning og er utviklet basert på Sjøkartverket data (**Figur 1**, venstre). Skråning (i grader, **Figur 1**, høyre) er beregnet som maksimum endring fra en dybdegridcelle til den åtte nærmeste naboer ved hjelp av ArcGIS 9.2's "Slope"-funksjon. Både klasser av dyp og skråning er gjort tilgjengelig som shape-filer (filnavn i hht dybdeklasser.shp og skråningsklasser.shp)



**Figur 1. Venstre:** dybdemodellen for studieområde. Jo mørkere blått, jo dypere. **Høyre:** skråningsmodell over området, grått=0-7°, orange=7-20°, brunt $>20^\circ$ . Firkanten avgrensner modelleringsområdet. Vedlegg 1 viser figurene i større format.



## 2.2 Modell av bølgeeksponering



Bølgeeksponeringen (**Figur 2**) er modellert ved hjelp av "fetch" (avstand fra en gitt gridcelle til nærmeste land) og gjennomsnittlig (over fem år) vindstyrke og vindretning. Modellen har 12,5 m romlig oppløsning. Mer detaljer hos Isæus (2004). Modellen har blitt validert i Stockholms skjærgård, er blitt kjørt for hele norskekysten som er del av det Nasjonale Programmet for Kartlegging og Overvåking av Marint Biologisk Mangfold (Rinde et al. 2006) og er brukt i flere vitenskapelige studier (f. eks. Bekkby et al. 2008a,b, 2009). Klasser av bølgeeksponering er gjort tilgjengelig som shape-fil (filnavn=eksponeringsklasser.shp)

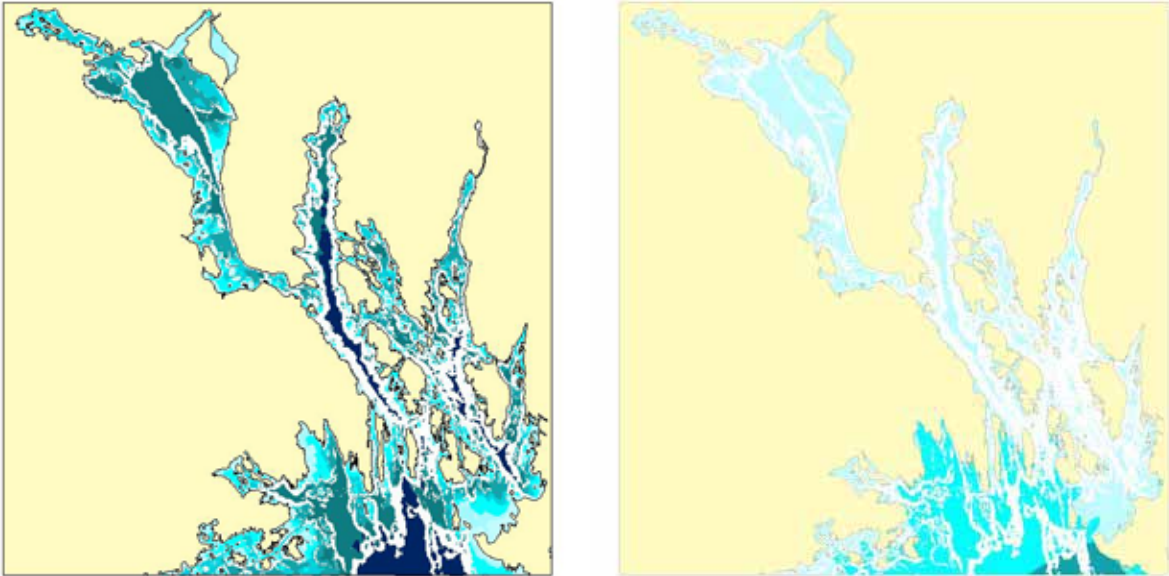
**Figur 2.** Bølgeeksponering. Jo mørkere blått, jo mer eksponert. Grønne områder viser ultrabeskyttede områder. Firkanten avgrensner modelleringsområdet. Vedlegg 1 viser figuren i større format.

## 3. Modellering

### 3.1 Modellering av bløtbunnsområder

Bløtbunnsområder ble modellert som områder med  $\leq 7^\circ$  skråning, uavhengig av dyp eller eksponeringsgrad. Disse områdene er tilgjengelig som egen shape-fil, og arealmål er tilknyttet hver forekomst. Disse områdene er tilgjengelige som GIS-fil (filnavn=bløtbunn.shp).

Bløtbunnsområdene ble ikke bare modellert på et generelt nivå (som vist i Figur 3), men også modellert i forhold til dyp og eksponeringsklasser. Bløtbunnsområder ble kombinert med de ulike klassene av dyp (land, tidevannssonen 0-2 m høyde, 0-5 m dyp, 5-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-50 m, 50-100 m og >100 m), **Figur 3** (filnavn=bløtbunn\_tidevannssonen, bløtbunn\_0til5m, bløtbunn\_5til10m, bløtbunn\_10til20m, bløtbunn\_20til30m, bløtbunn\_30til50m, bløtbunn\_50til100m og bløtbunn\_dypere\_enn100m). Bløtbunnsmodellen ble også kombinert med de tre klassene av bølgeeksponering Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert (**Figur 4**, filnavn=bløtbunn\_beskyttet, bløtbunn\_middels\_eksponert og bløtbunn\_eksponert). Arealet er gitt. %-andelen av bløtbunnen som finnes i de ulike dybde- og eksponeringsklassene er vist i Tabell 1.



**Figur 3 (venstre)** viser bløtbunnsmodellen kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger bløtbunnen. Grått viser tidevannssonen. **Figur 4 (høyre)** viser bløtbunnsmodellen kombinert med de tre bølgeeksponeringsklassene beskyttet, middels eksponert og eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert. Vedlegg 1 viser figurene i større format.

**Tabell 1.** Areal og % av totalen for fordelingen av bløtbunnsområder og akkumulasjonsbunner innenfor klasser av dyp, bølgeeksponering og skråning.

Dybdeklasser	Areal bløtbunn (m <sup>2</sup> )	%	Areal akkumulasjonsbunn (m <sup>2</sup> )	%
tidevannssonen (0-2 m opp på land)	788691	1,7	182318	0,3
0-5 m dyp	6405666	13,6	1803628	3,4
5-10 m dyp	4326706	9,2	1688569	3,2
10-20 m dyp	5805323	12,3	2087476	4,0
20-30 m dyp	4856699	10,3	2643695	5,0
30-50 m dyp	6823724	14,5	9161643	17,5
50-100 m dyp	12017070	25,5	23296580	44,4
>100 m dyp	6148920	13,0	11567747	22,1
<b>Bølgeeksponeringsklasser</b>				
Beskyttet	31613441	66,2	36593935	68,4
Middels eksponert	14653262	30,7	15600290	29,2
Eksponert	1505291	3,2	1264519	2,4
<b>Skråningsklasser</b>				
Middels skrånende (7-20 grader)			18519006	34,6
Bratt (>20 grader)			7482655	14,0
<b>Totalt areal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>47789479</b>		<b>53467646</b>	

### 3.2 Modellering av akkumulasjonsbunner

Bekkby et al. (2008b) har modellert akkumulasjonsbunner. Disse akkumulasjonsbunner er den bløteste delen av sedimentet, og man finner dem i bunnen av bassenger, og artssammensetning, biodiversitet og miljøgiftinnhold i disse områdene brukes ofte som en helseindikator i ulike overvåkingsprogrammer. Dyp og terrengets krumning var parametere som danner grunnlaget for denne romlige prediktive modellen i dette området. Områder med  $\geq 60$  % sannsynlighet er gjort tilgjengelig som shape-fil (filnavn=akkumulasjonsbunn.shp).



De modellerte akkumulasjonsbunnene ble kombinert med skråningsmodellene for å se hvor områder som muligens er for bratte for tildekking befinner seg. Akkumulasjonsbunnene ble kombinert med middels skrånende terreng (skråning  $\geq 7^\circ$  og  $< 20^\circ$ ) og bratt terreng (skråning  $\geq 20^\circ$ ), se **Figur 5** (filnavn=akkumulasjonsbunn\_middels\_bratt og akkumulasjonsbunn\_bratt). Areal og prosent av akkumulasjonsbunnene som er i middels bratt og bratte områder finnes i Tabell. 1.

**Figur 5.** Modellert akkumulasjonsbunn i kombinasjon med middels skrånende og bratt terreng.. Jo mørkere rødt, jo brattere terreng. Vedlegg 1 viser figuren i større format.

De modellerte akkumulasjonsbunnene ble også modellert i forhold til dyp og eksponeringsklasser. Akkumulasjonsbunnene ble kombinert med de ulike klassene av dyp (land, tidevannssonen 0-2 m høyde, 0-5 m dyp, 5-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 30-50 m, 50-100 m og  $>100$  m), **Figur 6** (filnavn=akkumulasjonsbunn\_tidevannssonen, akkumulasjonsbunn\_0til5, akkumulasjonsbunn\_5til10, akkumulasjonsbunn\_10til20, akkumulasjonsbunn\_20til30, akkumulasjonsbunn\_30-50, akkumulasjonsbunn\_50til100 og akkumulasjonsbunn\_dypere\_enn100).

Bløtbunnsmodellen ble også kombinert med de tre klassene av bølgeeksponering Beskyttet, Middels eksponert og Eksponert (**Figur 7**, filnavn= akkumulasjonsbunn\_beskyttet, akkumulasjonsbunn\_middels\_eksponert og akkumulasjonsbunn\_eksponert). Arealet er gitt. %-andelen av akkumulasjonsbunnen som finnes i de ulike dybde- og eksponeringsklassene er vist i Tabell 1.



**Figur 6 (venstre)** viser modellerte akkumulasjonsbunner (Bekkby et al. 2008b) kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger akkumulasjonsbunnen. Grått viser tidevannssonen. **Figur 7 (høyre)** viser modellerte akkumulasjonsbunner kombinert med med de tre bølgeeksponeringsklassene beskyttet, middels eksponert og eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert. Vedlegg 1 viser figurene i større format.

### 3.3 Modellering av bratte områder

Områder med skråning  $\geq 7^\circ$  og  $< 20^\circ$  ble modellert. Dette er middels skrånende områder og kan indikere hardbunn, men også skrånende bløtbunn. Områder  $\geq 20^\circ$  ble også modellert. Arealet av de ulike forekomstene er vist (filnavn= middelsskrånende.shp og bratt.shp). Figur 1 viser disse to skråningsklassene sammen med de flate områdene (skråning 0-7°).

## 4. Leveranse

Følgende filer ble oversendt FMTE v/Marianne Olsen

### *Rapport*

- Rapport over framgangsmåte med figurer, pdf-format
- Rapport over framgangsmåte ute figurer, word-format

### *Figurer, pdf-fil av*

- Dybdeklasser
- Skråningsklasser
- Bølgeeksponeringsklasser
- Bløtbunn
- Akkumulasjonsbunner

### *GIS-filer*

- Land.shp – polygon av landområdene innenfor modellområder
- Områdeavgrensning.shp – avgrensningen av modellområder definert i samsvar med Marianne Olsen
- Dybdeklasser.shp – dyp i området definert inn i klasser. Areal av hver klasse er vist
- Skråningsklasser.shp – skråningsforhold delt inn i tre klasser (0-7 °, 7-10 °, >20 °), areal av hver klasse er vist
- Eksponeringsklasser.shp – bølgeeksponering delt inn i tre klasser, beskyttet, middels eksponert og eksponert. Areal av hver klasse er vist.
- Bløtbunn.shp – områder med skråning  $< 7^\circ$ , dvs områder som er flate og dermed med størst sannsynlighet har bløtbunn. Arealer er vist.
- Akkumulasjonsbunn.shp – områder med  $\geq 60\%$  sannsynlighet for å finne den bløtteste delen av sedimentet. Arealer er vist
- Middelsskrånende – Områder med skråning 7-20°. Disse områdene kan indikere hardbunn, men også skrånende bløtbunn. Arealer er vist
- Bratt – Områder med skråning  $> 20^\circ$ . Disse områdene kan indikere hardbunn (gjør det med større sannsynlighet enn de middels skrånende områdene), men kan også indikere skrånende bløtbunn. Arealer er vist.
- Bløtbunn\_tidevannssonen
- Bløtbunn\_0til5m
- Bløtbunn\_5til10m
- Bløtbunn\_10til20m
- Bløtbunn\_20til30m
- Bløtbunn\_30til50m
- Bløtbunn\_50til100m
- Bløtbunn\_dypere\_enn100m
- Bløtbunn\_beskyttet – bløtbunn i beskyttede områder. Areal er vist
- Bløtbunn\_middels\_eksponert – bløtbunn i middels bølgeeksponerte områder. Areal er vist
- Bløtbunn\_eksponert – bløtbunn i eksponerte områder. Areal er vist.

- Akkumulasjonsbunn\_middels\_bratt – modellen for akkumulasjonsbunn (den bløtteste delen av sediment) i kombinasjon med middels bratte områder (7-20°)
- Akkumulasjonsbunn\_bratt - modellen for akkumulasjonsbunn (den bløtteste delen av sediment) i kombinasjon med bratte områder (>20°)
- Akkumulasjonsbunn\_beskyttet – bløtbunn i beskyttede områder. Areal er vist
- Akkumulasjonsbunn\_middels\_eksponert – bløtbunn i middels bølgeeksponerte områder. Areal er vist
- Akkumulasjonsbunn\_eksponert – bløtbunn i eksponerte områder. Areal er vist.
- Akkumulasjonsbunn\_tidevannssonen
- Akkumulasjonsbunn\_0til5m
- Akkumulasjonsbunn\_5til10m
- Akkumulasjonsbunn\_10til20m
- Akkumulasjonsbunn\_20til30m
- Akkumulasjonsbunn\_30til50m
- Akkumulasjonsbunn\_50til100m
- Akkumulasjonsbunn\_dypere\_enn100m

Alle områdene er klippet mot land og områdeavgrensningen. Alle arealer er oppgitt i m<sup>2</sup>.

## 5. Referanser

Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L., Bakkestuen, V., Longva, O., Christensen, O., Isæus, M & P.E. Isachsen. 2008a. Spatial probability modelling of eelgrass *Zostera marina* L. distribution on the West coast of Norway. ICES J. Mar. Sci. 65: 1093-1101.

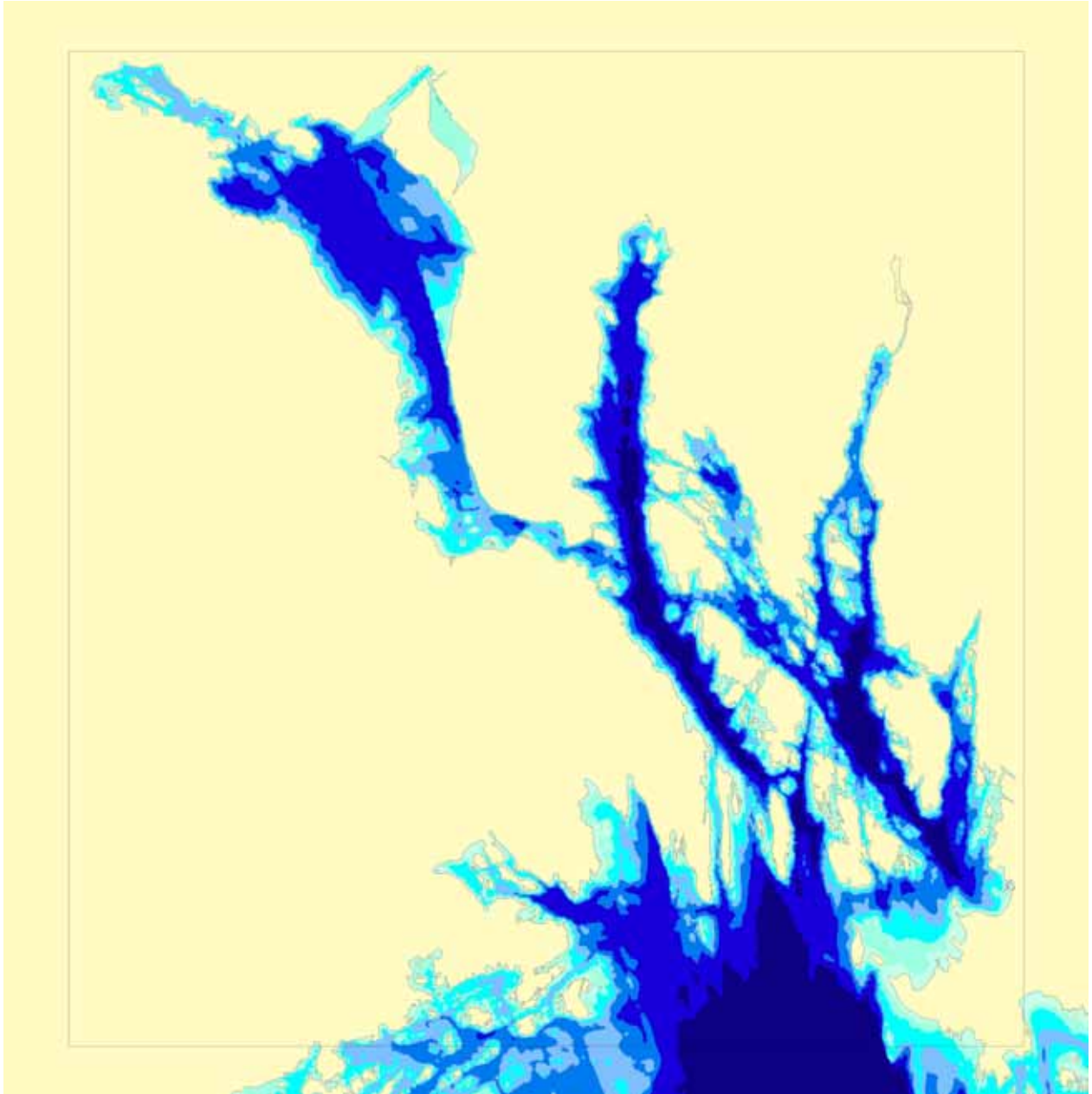
Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2009. Spatial predictive distribution modelling of the kelp species *Laminaria hyperborea*. ICES Journal of Marine Science 66(10): 2106-2115.

Bekkby, T., H.C. Nilsson, B. Rygg, P.E. Isachsen, F. Olsgard, and M. Isæus. 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.

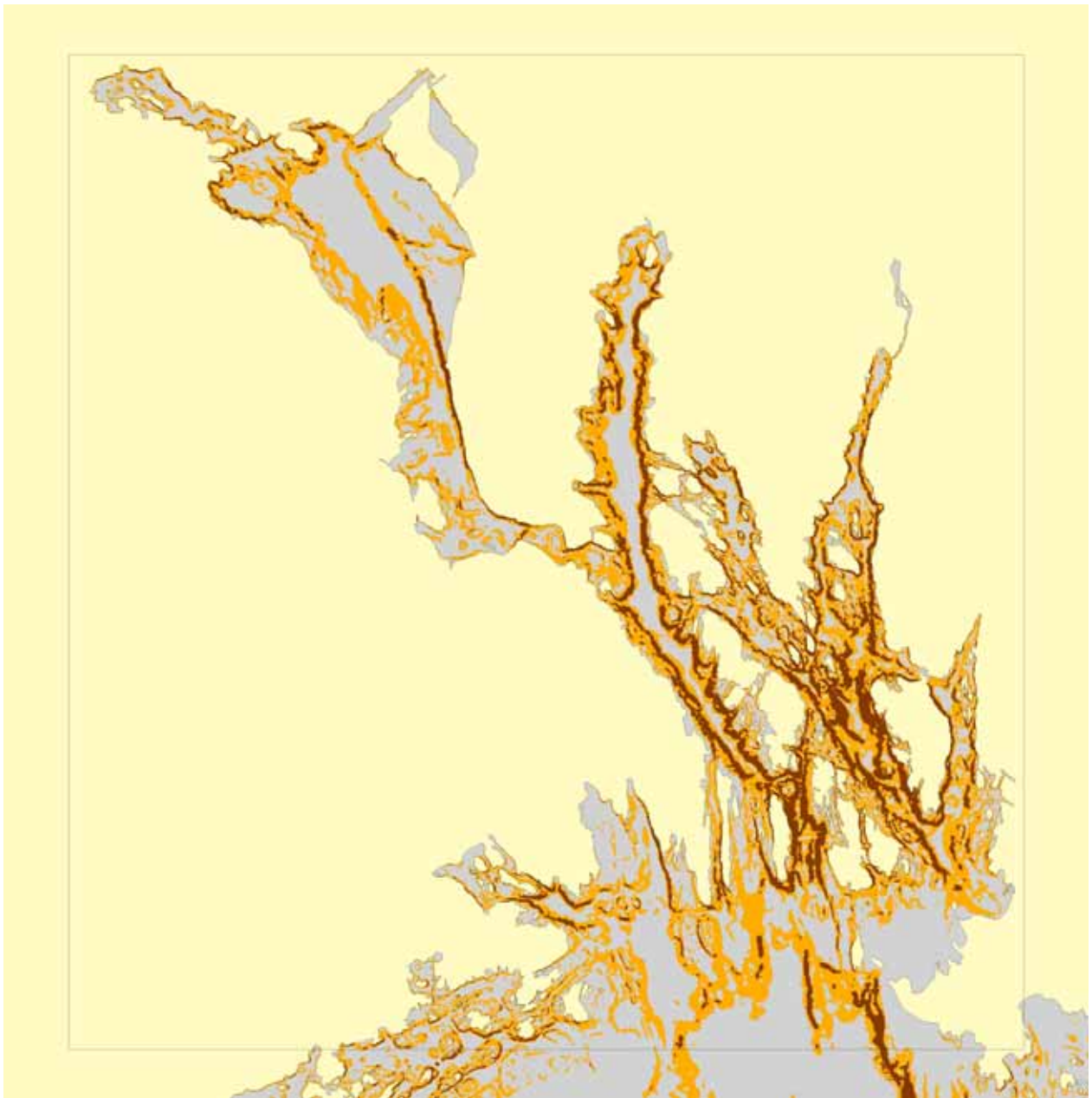
Isæus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Doctoral thesis, Department of Botany, Stockholm University, Sweden. 165 pp.  
[http://www.aquabiota.se/publications/pdf/Avhandling\\_Isaeus.pdf](http://www.aquabiota.se/publications/pdf/Avhandling_Isaeus.pdf).

Rinde, E., Rygg, B., Bekkby, T., Isæus, M., Erikstad, L., Sloreid, S-E., and Longva, O. 2006. Documentation of marine nature type models included in Directorate of Nature Management's database Naturbase. First generation models for the municipalities mapping of marine biodiversity 2007. NIVA Report LNR 5321-2006 (in Norwegian with English abstract).

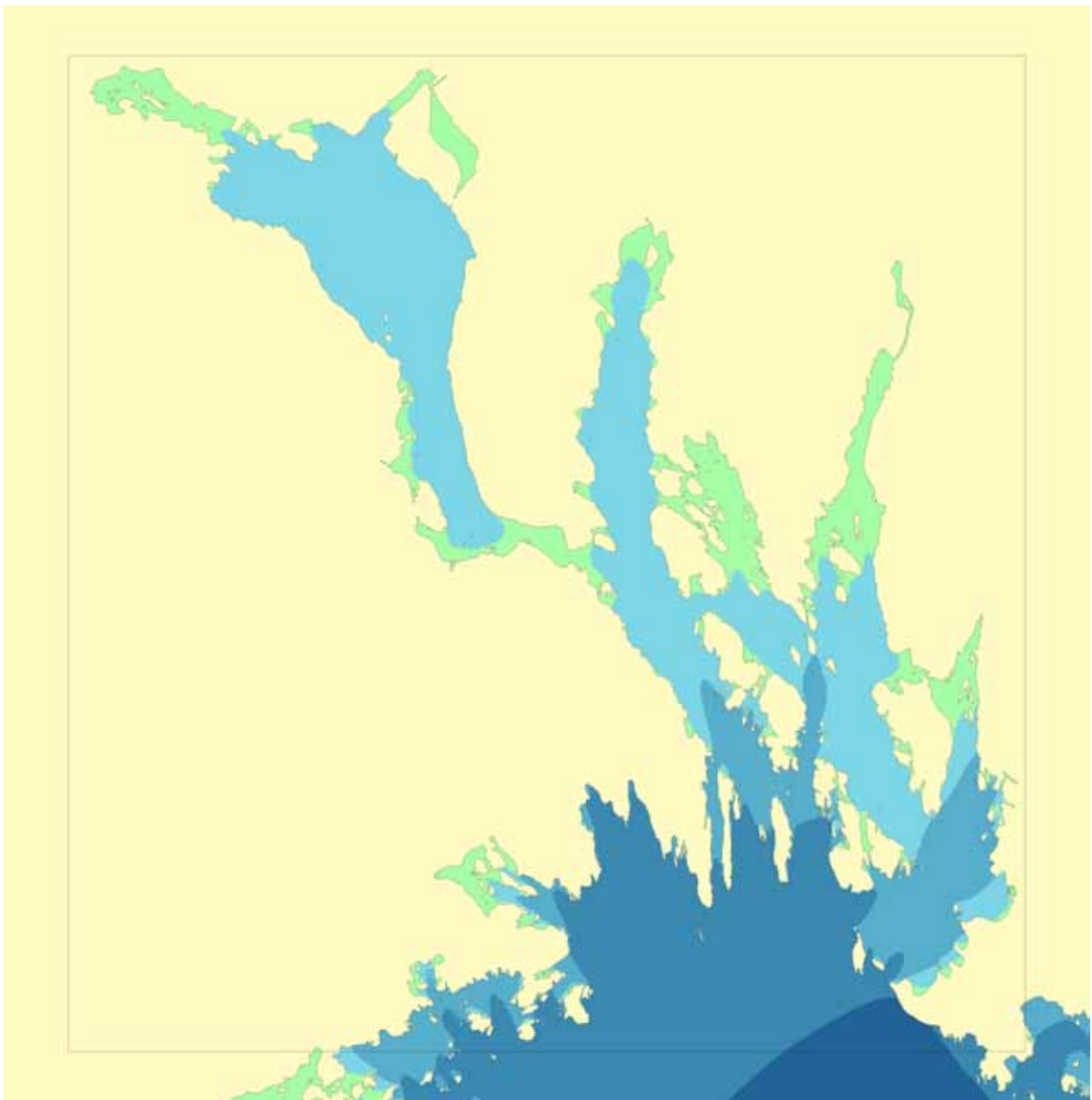
## 6. Vedlegg 1 – Figurene i større format



**Figur 1.** Venstre: dybdemodellen for studieområde. Jo mørkere blått, jo dypere.

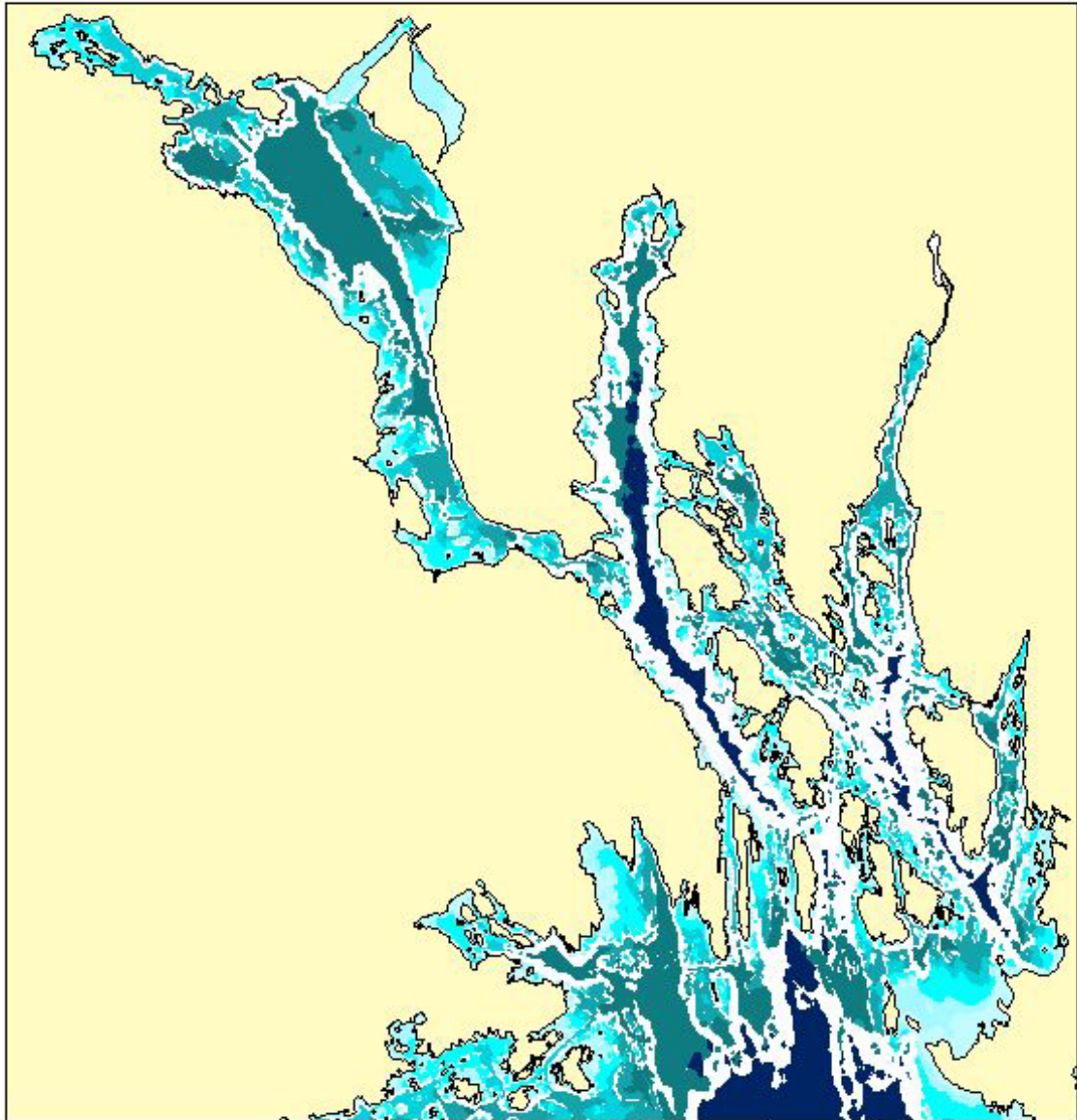


**Figur 1.** Høyre: skråningsmodell over området, grått=0-7°, orange=7-20°, brunt>20°. Firkanten avgrensner modelleringsområdet.



**Figur 2.** Bølgeeksponering. Jo mørkere blått, jo mer eksponert. Grønne områder viser ultrabeskyttede områder. Firkanten avgrensner modelleringsområdet

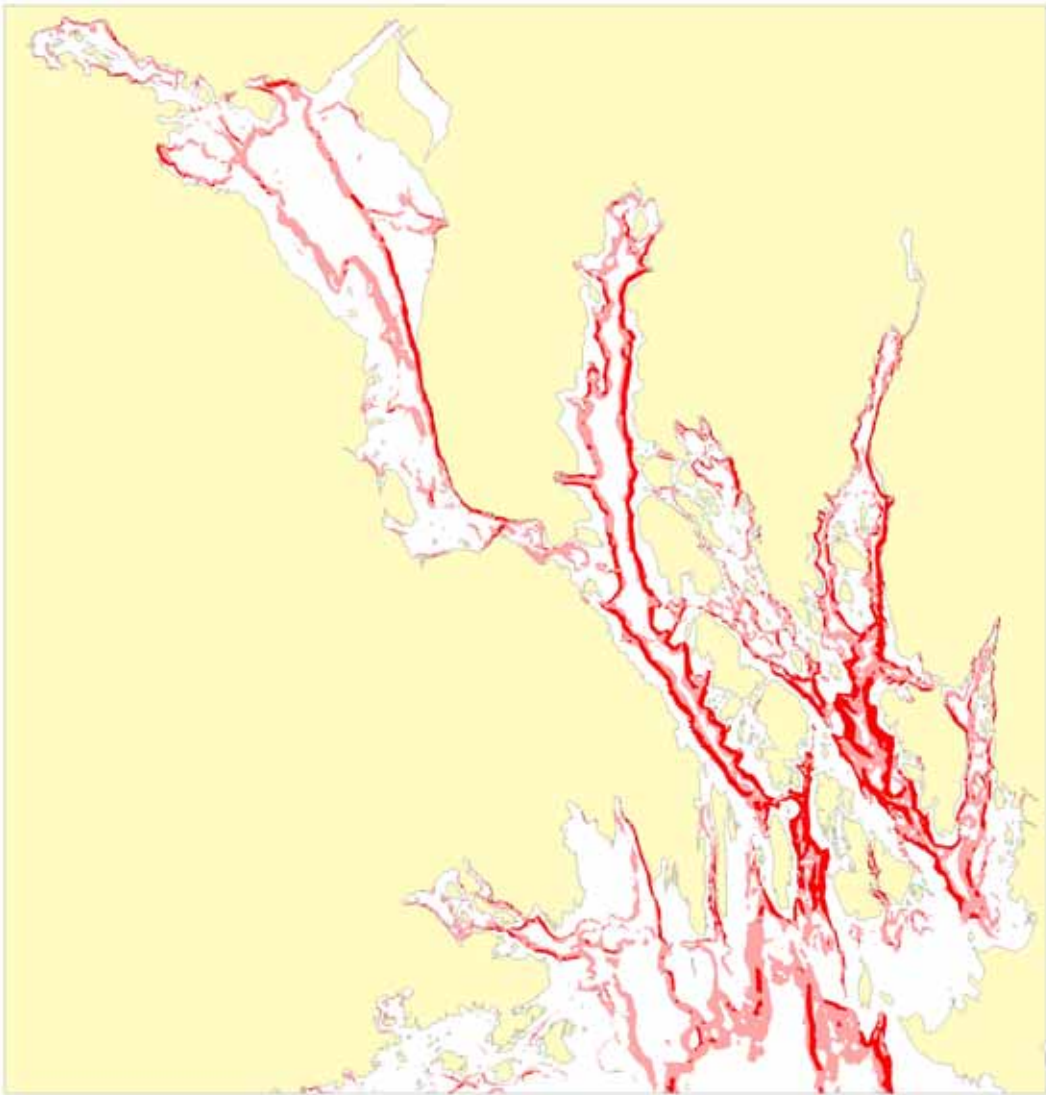




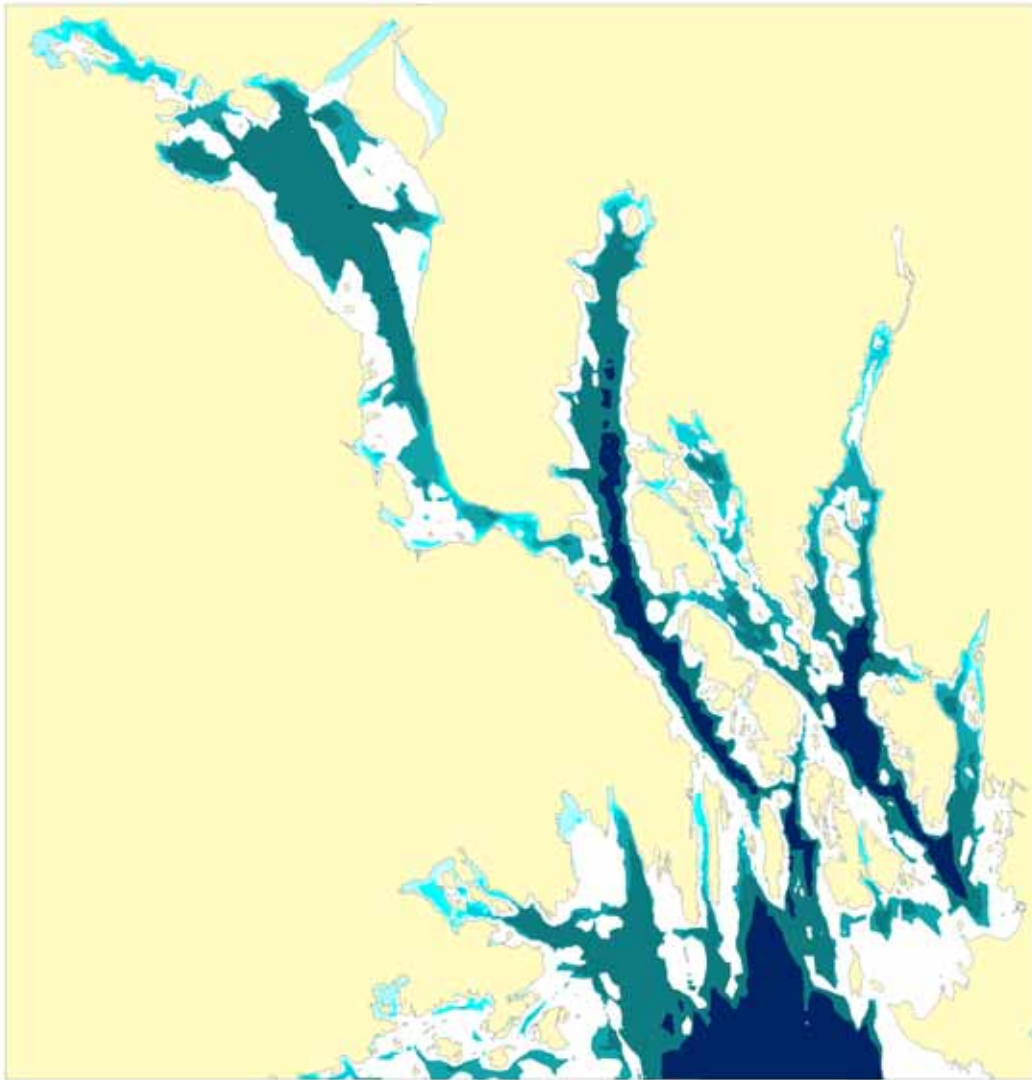
**Figur 3** (venstre) viser bløtbunnsmodellen kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger bløtbunnen. Grått viser tidevannssonen.



**Figur 4** (høyre) viser bløtbunnsmodellen kombinert med de tre bølgeksponeeringsklassene beskyttet, middels eksponert og eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert.



**Figur 5.** Modellert akkumulasjonsbunn i kombinasjon med middels skrånende og bratt terreng.. Jo mørkere rødt, jo brattere terreng.



**Figur 6** (venstre) viser modellerte akkumulasjonsbunner (Bekkby et al. 2008b) kombinert med ulike dybdeklasser. Jo mørkere blått, jo dypere ligger akkumulasjonsbunnen. Grått viser tidevannssonen.



**Figur 7** viser (høyre) viser modellerte akkumulasjonsbunner kombinert med med de tre bølgeksponeeringsklassene beskyttet, middels eksponert og eksponert. Jo mørkere blått, jo mer eksponert.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • NO-0349 Oslo, Norway  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)