



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Rapport 2006:07

Marine habitaters utbredelse – terrengmodellering i Gullmarsfjorden



www.o.lst.se



Marine habitaters utbredelse – terrengmodellering i Gullmarsfjorden



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN
Rapport 2006:07

PRODUKTION Länsstyrelsen i Västra Götalands län | Vattenvårdsenheten | Tel. 031-60 50 00

FÖRFATTARE Trine Bekkby och Rutger Rosenberg | Kristinebergs Marina Forskningsstation

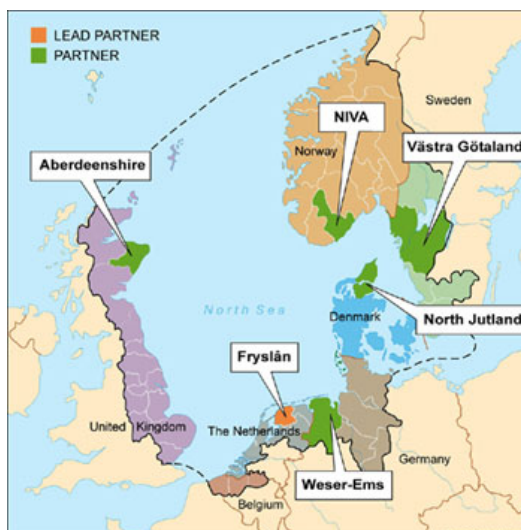
RAPPORT 2006:07

ISSN 1403-168X

Hämta rapporten på www.o.lst.se under rubriken Publikationer

Förord

Terrängmodelleringen i Gullmarn är gjord inom ett EU-projekt (Interreg III B) där Länsstyrelsen i Västra Götalands Län är projektledare för den svenska delen. Projektet samlar 6 länder runt Nordsjön i en förstudie till EG:s ramdirektiv för vatten. Projektet NOLIMP-WFD står för **N**orth Sea Regional and **L**ocal **I**mplementation of the **W**ater **F**ramework **D**irective, vilket också visar en del av syftet med projektet. Genom att välja ut ett pilotområde i varje land där Ramdirektivet implementeras kan arbetssättet med att förbättra vattenkvaliteten enligt direktivet provas. Det är ofta inte förrän en metod börjar användas som problem upptäcks och lösningar arbetas fram. De deltagande länderna kan genom projektet kommunicera på ett naturligt sätt och utbyta erfarenheter. Det finns flera gemensamma problem för vattenkvaliteten och hur man ska kunna involvera lokala intressenter. Övergödning är ett stort problem i alla länderna och utsläpp och diffusa läckage av näringsämnen kräver innovativa lösningar. Ramdirektivets arbetsgång ska leda till en förbättrad vattenkvalitet steg för steg genom att beskriva vattnen, statusbedöma dem, ta fram åtgärdsplaner och förvaltningsplaner samt genomföra dem.



Mer om NOLIMP-WFD finns att läsa på www.nolimp.org och om den svenska delen på www.gullmarn.org.

Det svenska pilotområdet är Gullmarn och dess tillrinningsområde i Bohuslän. Modelleringen av marina habitat i Gullmarn är en del i kartläggningsarbetet och karakteriseringen av Gullmarn. Terrängmodelleringen har använt insamlade data ifrån en sjömätning av Gullmarn som också gjorts inom projektet (Rapport 2006:06).

Rapporten är gjord av Trine Bekkby och Rutger Rosenberg, Kristinebergs Marina Forskningsstation, vilka också ansvarar för materialet i rapporten.

Göteborg 2005-12-08

Länsstyrelsen Västra Götaland Län

Forord

1. juni 2003 startet et post doc-arbeid ("Munkedal post doc") finansiert av firmaet "Arctic Paper". Målet med dette arbeidet var å analysere sammenhengene mellom utbredelsen av marine habitater og ikke-biologiske faktorer som dyp, terrengegenskaper, substrat og vindeksponering.

I desember 2003 startet firmaet Marin Måtteknik arbeidet med å kartlegge Gullmarsfjorden og det ytre terskelområdet. Denne kartleggingen ble finansiert av Länsstyrelsen Västra Götaland Län, det EU-finansierte prosjektet NOLIMP-WFD og EUs Interreg-prosjekt. Informasjon om bl. a. dyp og substrat ble samlet inn ved hjelp av multistråleekkolodd, sidesøkende sonar og penetrerende ekkolodd. Disse dataene danner et viktig grunnlag for arbeidet med modellering av marine habitater som en oppfølger til analysene gjort som en del av post doc-arbeidet.

Som en del av kartleggingsarbeidet, startet et Länsstyrelsen Västra Götaland Län et prosjekt med mål om å, så langt det lot seg gjøre, modellere Natura 2000-habitater i Gullmarsfjorden ved hjelp av informasjon om bunndyp, terrengstruktur og substrat. Dette prosjektet varte fra 1. juni 2003 til og med 30. juni 2004, og innebærer en 50 % i firmaet "Marine Monitoring" ved Kristinebergs Marine Forskningsstasjon.

Denne rapporten presenterer framgangsmåten, resultatene og diskusjonen rundt arbeidet med modellering av de relevante marine habitatene. Rapporten, figurene og dataene som ligger til grunn for figurene vil også være tilgjengelig på cd som leveres Länsstyrelsen Västra Götaland Län ved prosjektets slutt.

Vi vil rette en spesiell takk til alle som har jobbet for at kartleggingen av Gullmarsfjorden kunne finne sted. Vi vil også takke spesielt Vegar Bakkestuen og Lars Erikstad (NINA) for hjelp med scripting, modellering og lange og mange diskusjoner. Til slutt, men ikke minst, vil vi takke Jacob (Havsfiskelaboratoriet), Birthe og David (KMF) for feltassistanse.

Du kan også finne informasjon fra dette prosjektet på nettsiden

<http://www.kmf.kva.se/project/modellering/GullmarModell.htm>. Figurer og data som har ligget til grunn for dette prosjektet kan fås i mer detalj ved henvendelse til en av forfatterne. Data leveres også Länsstyrelsen Västra Götaland Län på cd.

Trine Bekkby
Fiskebäckskil, januar 06



Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
1 Sammenheng	3
2 Summary	3
3 Generelt om Gullmarsfjorden	4
4 Habitatmodellering - en etterprøvable og kostnadseffektiv metode	4
5 Grunnidé og mål for arbeidet	5
6 Innsamling av data i felt	5
7 Tolkning av video og analyse av data	6
7.1 Tolkning av video	6
7.2 Analyse av data	6
8 Modellering av terreng	7
8.1 Grunnlagsdataene – samlet inn av firmaet "Marin Måtteknik AB"	7
8.2 Modellering av skråning	8
8.3 Modellering av kurvatur - forsenkning og forhøyning	9
8.4 Modellering av terrengvariabilitet	10
9 Modellering av vindeksponering	11
10 Modellering av Natura 2000-habitater	12
10.1 Modellering av sublittorale sandbanker (Natura 2000-habitat 1110)	12
10.2 Modellering av estuarier (Natura 2000-habitat 1130)	15
10.3 Modellering av leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann (Natura 2000-habitat 1140)	15
10.4 Modellering av store grunne vik og sund (Natura 2000-habitat 1160)	15
10.5 Modellering av rev (Natura 2000-habitat 1170)	17
11 Diskusjon	22
11.1 Eksponeringsmodellen – mangler og videre arbeid	22
11.2 En diskusjon om skala	22
12 Referanser	23
13 Vedlegg	24
13.1 Vedlegg 1. Gullmarsfjordens Natura 2000-habitater	25
13.2 Vedlegg 2. Kart over utbredelsen til et utvalg arter og habitater	27
13.3 Vedlegg 3. Inndeling av Gullmarsfjorden	31
13.4 Vedlegg 4. Formel for modellering av vindeksponering	32

1 Sammendrag

Denne rapporten er basert på resultatene av post doc-arbeidet utført ved Kristinebergs Marina Forskningsstation i 2003-2004 og arbeidet med kartlegging og modellering av marine habitater finansiert av Länsstyrelsen Västra Götaland Län, det EU-finansierte prosjektet NOLIMP-WFD og EUs Interreg-prosjekt. I den delen av prosjektet som dekkes av denne rapporten har vi jobbet med utvikling av terrengmodeller for Gullmarsfjorden og bruk av ikke-biologiske faktorer til å modellere utbredelsen av marine habitater, med hovedvekt på Natura 2000-habitater. Modellene baserer seg på dyp- og sedimentdata samlet inn av firmaet "Marin Mätteknik AB". Basert på disse dataene har vi modellert skråning, terrengforsenkning, terrengforhøyning og terrengvariabilitet. Basert på data om vindens retning og styrke har vi utviklet en vindeksponeringsmodell. Basert på disse modellene, samt analyse av hvilke faktorer som har betydning for utbredelsen av arter og habitater i Gullmarsfjorden, laget vi modeller for Natura 2000-habitatene "Sublittorale sandbanker" (med og uten ålegras), "Store grunne vikar og sund" og "Rev" (med og uten makroalger, blåskjell og annen epifauna). Habitatene "Estuarier" og "Leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann" lot seg ikke modellere med de dataene som var tilgjengelig for prosjektet. Forslag til hvordan en kartfesting av disse habitatene kan gjøres er gitt.

2 Summary

This report is based on the result from a post doc at the Kristineberg Marine Research Station in 2003-2004 and the mapping and modelling work financed by Länsstyrelsen Västra Götaland Län, the EU financed project NOLIMP-WFD and the EU Interreg project. In this part of the project we have developed terrain models for the Gullmarsfjord and used non-biological data to model the distribution on marine habitats, with focus on Natura 2000 habitats. The model is based on depth and sediment data collected by the company "Marine Mätteknik AB". Based on these data we have modelled slope, terrain curvature and terrain ruggedness index. Based on data on wind direction and strength, we modelled wind exposure. Based on all these models, together with the results from the analyses of the factors determining the distribution of habitats and species, we modelled the Natura 2000 habitats "Sandbanks which are slightly covered by sea water all the time" (with and without eelgrass meadows), "Large shallow inlets and bays" and "Reefs" (with and without macro algae, mussel beds and other epifauna). "Estuaries" and "Mudflats and sandflats not covered by seawater at low tide" could not be modelled based on the data available in this project. Suggestions on how to identify these habitats are given.

3 Generelt om Gullmarsfjorden

Gullmarsfjorden er et 11386,5 hektar stort naturreservat (områdekode SE0520171) på Sveriges vestkyst. Fjorden har estuarier i indre del og man finner mye revstrukturer i de bratte skråningene. Maksimum dyp (mål av firmaet "Marin Mätteknik AB") innenfor terskelen er målt til 118,5 m. Terskelens maksimumsdyp er målt til 52 m. Gullmarsfjorden er en av de mest artsrike og diverse marine områdene i Sverige, og inneholder flere nasjonale rødlistede fiskearter. De grunne buktene med ålegras (*Zostera*)-enger er reproduksjonsområde for fisk og krepsdyr. Området er også et viktig reproduksjonsområde for sel. Gullmarsfjorden inneholder flere Natura 2000-områder, se Vedlegg 1 for en ytterligere diskusjon av disse.

4 Habitatmodellering - en etterprøvbart og kostnadseffektiv metode

Det er komplisert, tidkrevende og dyrt å kartlegge marine habitater, noe som gjør at vi ikke har så god oversikt over de marine habitatene som det som er nødvendig for forvaltning av kystområdene. Som en del av et forskningsprosjekt har derfor Institutionen for Marine Ekologi / Kristinebergs Marina Forskningsstation i samarbeid med Norsk institutt for naturforskning utviklet prosedyrer for GIS-modellering av marine habitater. Modellene er basert på ideen om at terrengstrukturer (som dyp, skråning, forsenkning, terreng-variabilitet) og miljøfaktorer (bunnsbunnsstruktur, vindeksponering, saltholdighet) har stor betydning for utbredelsen av marine habitater. Systemet gir også en struktur for å foreta økologiske undersøkelser, og gjør det mulig å identifisere potensialet for ulike habitater innen et område. Modellene er utviklet fra raster-GIS ved bruk av "spatial analyst"-funksjonen i programvaren ArcView, versjon 3.3 De statistiske analysene er gjort i SPSS, versjon 11.5.



5 Grunnidé og mål for arbeidet

Arbeidet baserer seg på grunnideen om at terrengstrukturer og miljøfaktorer bestemmer fordelingen til marine bunnhabitater. Målene for dette arbeidet er derfor å

- finne hvilke faktorer som bestemmer utbredelsen av et utvalg marine bunnhabitater
- lage prediktive modeller for utbredelsen av marine habitater i henhold til Natura 2000

6 Innsamling av data i felt

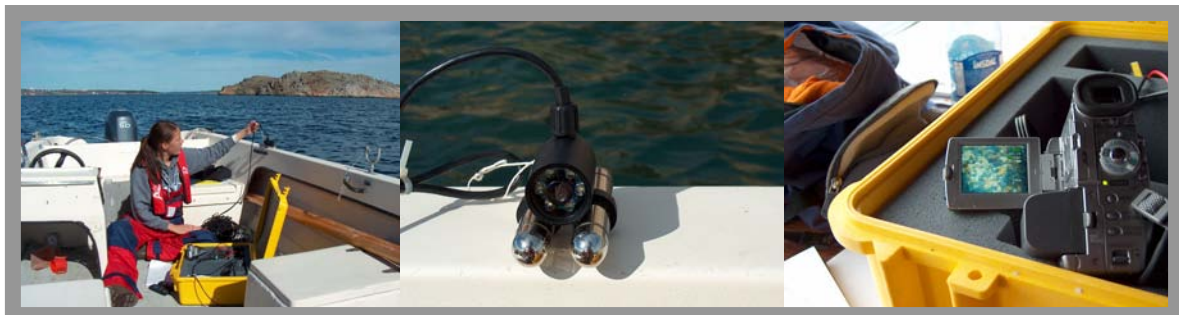
Data over habitatenes utbredelse ble samlet inn i september og oktober 2003. Lokalitetene for å registrere (videofilme) tilstedeværelse og dekningsgrad av habitater ble ikke valgt tilfeldig, men ut fra et ønske om dekke de ulike kombinasjonene av dyp, skråning, terrengvariabilitet og eksponeringsforhold. Transekter ble valgt fra innerst i fjorden til skjærgårdsområdet ved ytre terskel.

Filmingen startet helt inne ved land, i vannoverflaten. Vi filmet bunnen på lokaliteter langs transekter fra land og ut mot dypet. Jo større variasjon på bunnen, jo tettere videoregistreringer. Transektet ble avsluttet når 3-5 registreringer besto av homogen bløtbunn med samme dyp og bunnforhold.

Ustyret som ble benyttet var

- Hummingbird Matrix 55 bærbart ekkolodd med innebygd GPS (lagret info om posisjon og dyp)
- Undervannskamera (AUW-330pc, fargekamera med lysdioder, se midtre bilde)
- Canon videokamera (Canon DM-MV-6i-MC, se høyre bilde)
- 100 m videokabel

Alt videoutstyr var batteridrevet og pakket i en bærbar, vannfast koffert (se venstre bilde). I tillegg til data samlet inn i felt, benyttet vi data samlet inn av firmaet "Marin Mätteknik AB" (se kap. 8).



7 Tolking av video og analyse av data

7.1 Tolking av video

Noen habitater regnes som viktigere enn andre, f. eks. med tanke på viktige fiskehabitater. Dette gjelder f. eks. havsviker med sand- eller leirebunn, sjøgressenger og grunne klippe- og steinbunner.

Vitenskapsprogrammet MARBIPP (se <http://www.marbipp.tmbi.gu.se/>) fokuserer på fem biotoper/miljøer som regnes å ha stor betydning for det biologiske mangfoldet langs svenskekysten, og det er ålegrasenger, blåskjellbanker, grunne bløtbunner og dype hardbunner. Vi valgte derfor å klassifisere habitatene som følger:

- Hardbunn dominert av vegetasjon
 - Inkludert makroalge-sonering (Natura 2000-habitat 1170 Rev, se Vedlegg 1)
- Hardbunn dominert av fauna
 - Inkludert områder dominert av sekkedyr etc. (Natura 2000-habitat 1170 Rev, se Vedlegg 1)
 - Biogene strukturer, f. eks. blåskjellbanker (Natura 2000-habitat 1170 Rev, se Vedlegg 1)
 - Dype hardbunner (MARBIPP-habitat)
- Naken hardbunn
 - Inkludert Natura 2000-habitat 1170 Rev (se Vedlegg 1)
 - Dype hardbunner (MARBIPP-habitat)
- Bløtbunn dominert av vegetasjon
 - Inkludert ålegrasenger (Natura 2000-habitat 1110 Sublittorale sandbanker, se Vedlegg 1)
- Bløtbunn dominert av fauna
 - Inkludert områder dominert av blåskjell, slangestjerner etc.
 - Biogene strukturer, f. eks. blåskjellbanker (Natura 2000-habitat 1170 Rev, se Vedlegg 1)
- Naken bløtbunn
 - Inkludert Natura 2000-habitat 1110 Sublittorale sandbanker (se Vedlegg 1)
 - Inkludert Natura 2000-habitat 1140 Leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann (se Vedlegg 1)
- Blandingsbunn
 - Definert av hva som dominerer hardbunns- og bløtbunnskomponenten

Se Vedlegg 2 for kart over videofilmede områder fordelt på et utvalg habitatklasser og en tabell med et utvalg dybdeutbredelser. Mer informasjon kan fås ved kontakt med forfatterne.

7.2 Analyse av data

Terrengdata som er inkludert i analysen består av data på

- Dyp
- Skråning
- Kurvatur (forsenkning/forhøyning)
- Terrengvariabilitet ("Terrain Ruggedness Index", TRI)

Miljødata som er inkludert i analysen består av data på

- Bunnssubstrat
- Vindeksporing
- Saltholdighet. Data har manglet, så saltholdighet er kun indikert ved en fire-deling av fjorden (se Vedlegg 3 for kartoversikt):
 1. kilområdene
 2. indre fjord
 3. midtre fjord
 4. ytre fjord

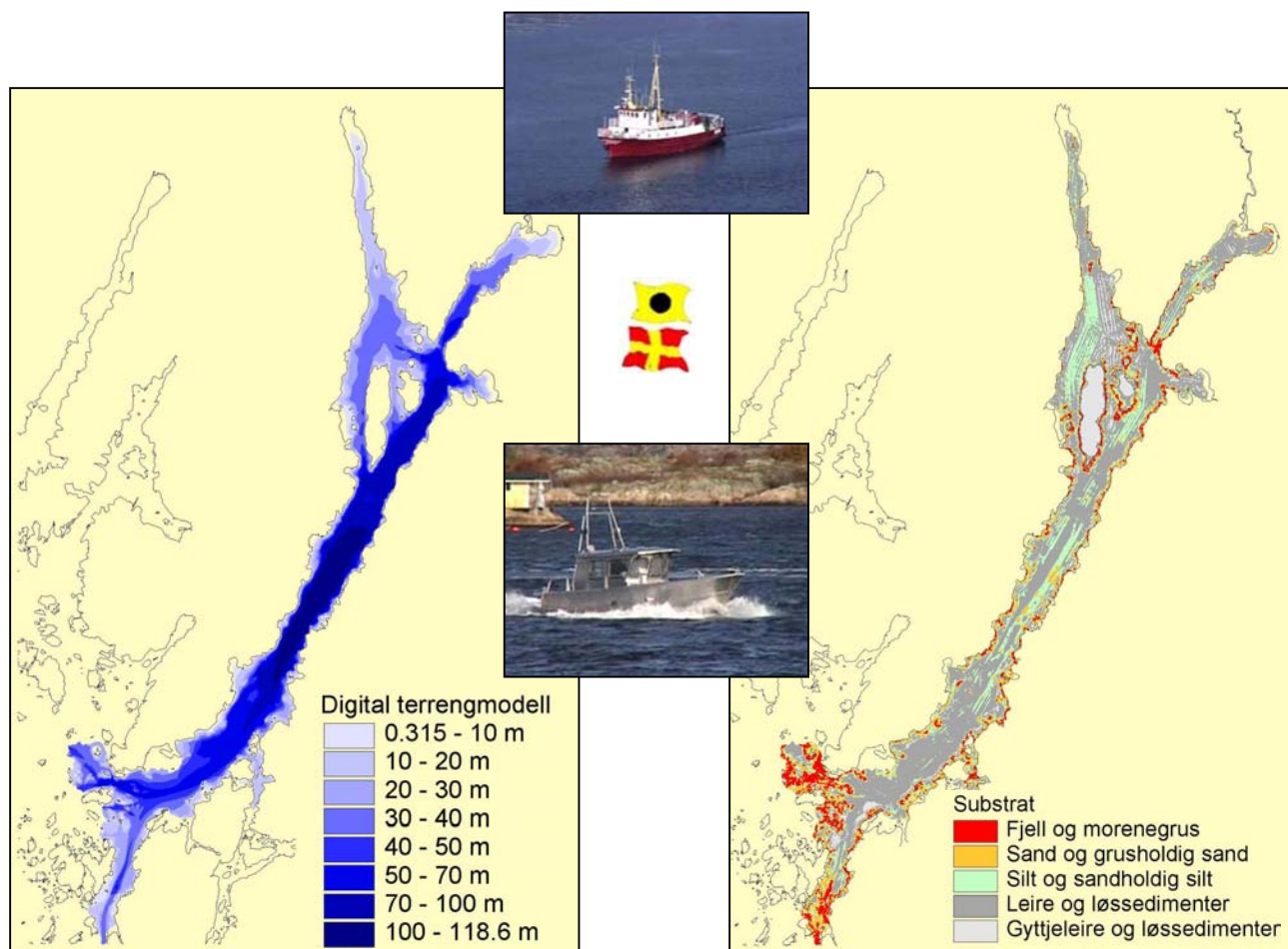
All informasjon ble integrert i en Excel-base som videre ble integrert i GIS-systemet og analysert. Resultatene fra disse analysene dannet videre grunnlaget for modelleringene som blir beskrevet i kapittel 9.

8 Modellering av terreng

På sitt beste har dybde dataene 2 m oppløsning. Figurene av terrengmodeller viser modellering utført på data med 10 m oppløsning. Modelleringen av vindeksponering er basert på data med 50 m oppløsning.

8.1 Grunnlagsdataene – samlet inn av firmaet "Marin Mätteknik AB"

Firmaet "Marin Mätteknik AB" ble ansatt av Länsstyrelsen i Västra Götalands län for å kartlegge Gullmarsfjorden. Målingene ble utført på dyp opptil 2 m, og dekket hele fjorden, samt terskelområdet rett utenfor. Data om dyp (Figur 1), substrat (Figur 2), trålespor og objekter ble samlet inn ved hjelp av multistråleekkolodd, sidesøkende sonar og penetrerende ekkolodd. Figur 1 viser dyp og substrat i en oppløsning på 10x10 m.

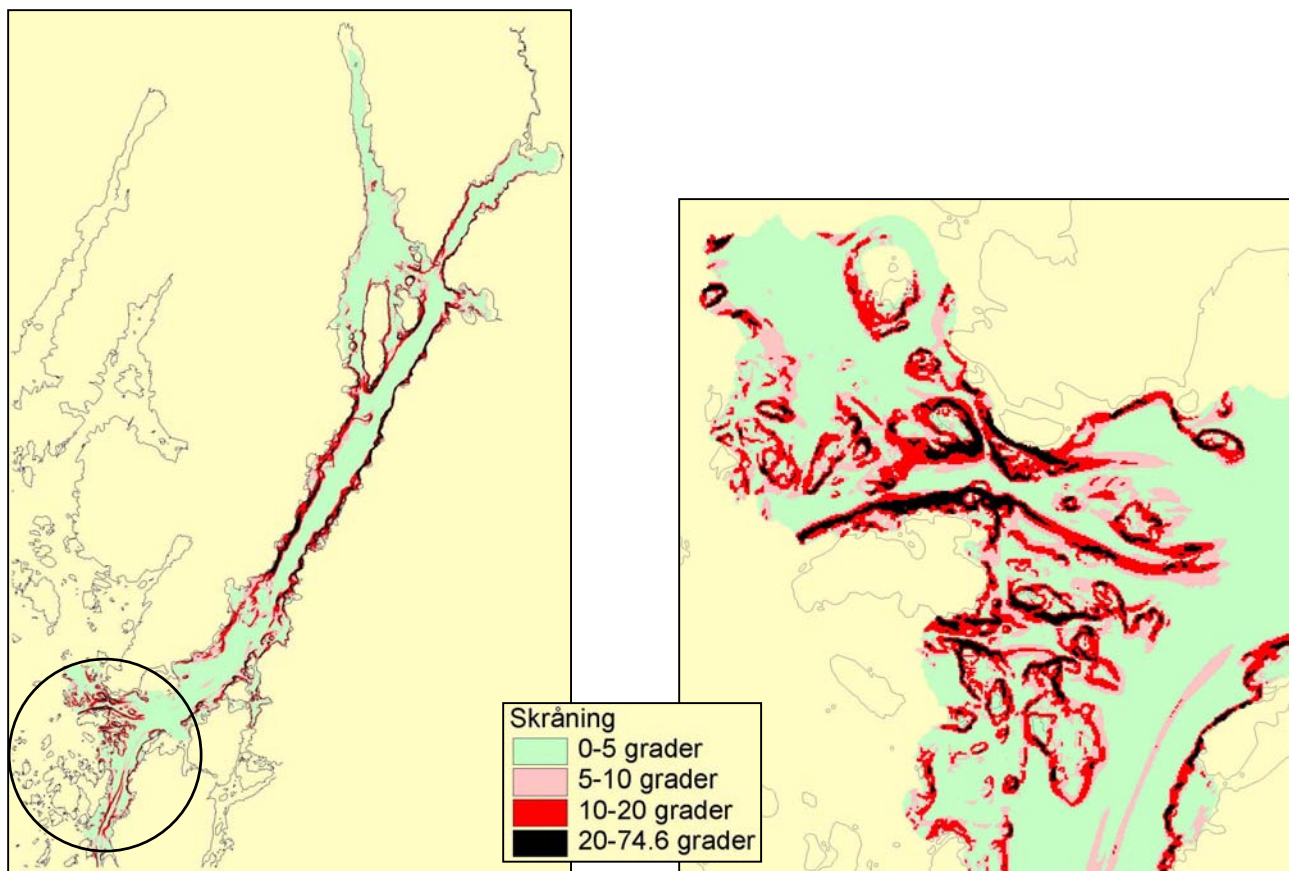


Figur 1. Dybde modellert i 10 m oppløsning basert på data samlet inn av firmaet "Marin Mätteknik AB".

Figur 2. Substrat registrert av "Marin Mätteknik AB" i 10 m oppløsning.

8.2 Modellering av skråning

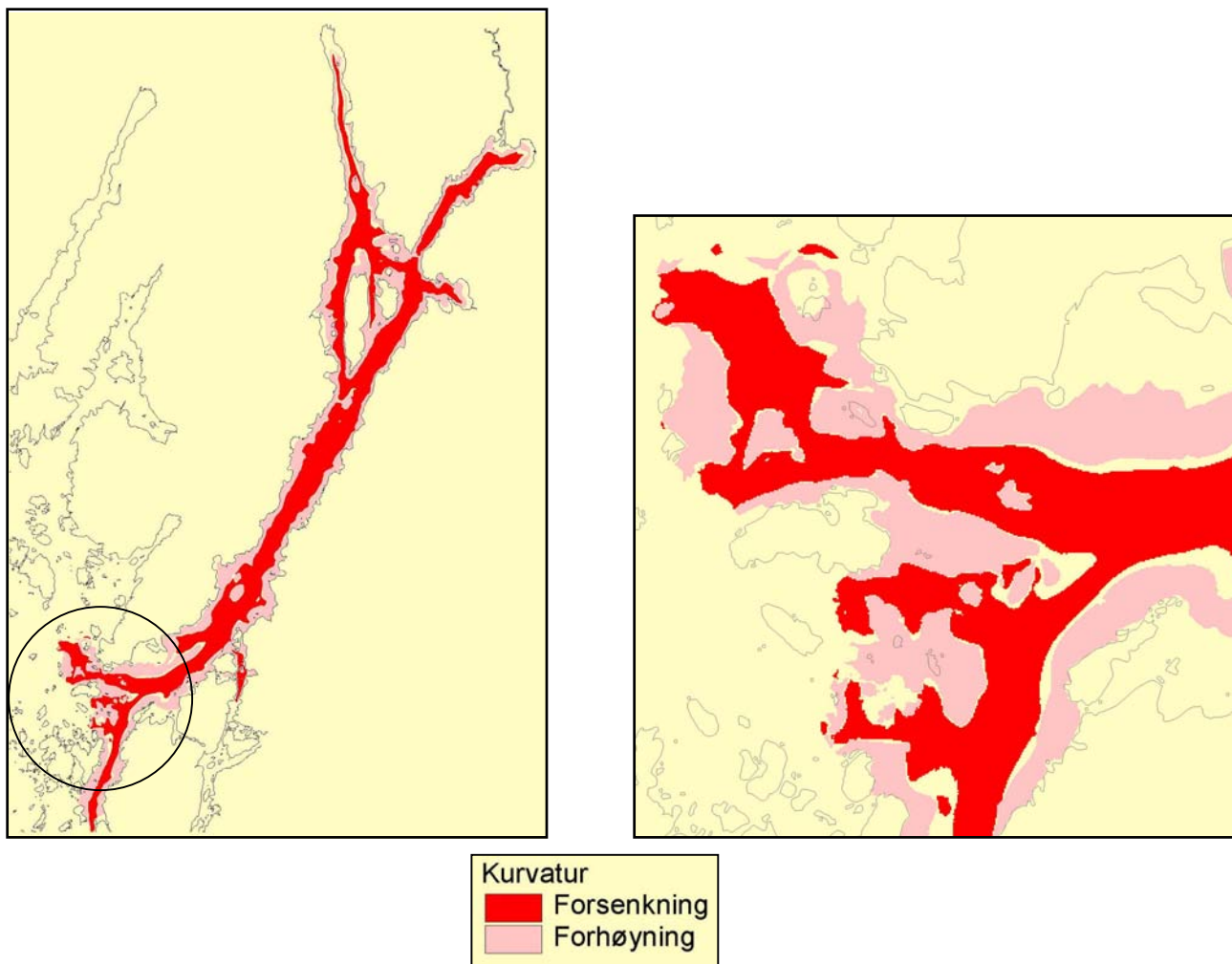
Skråning (Figur 3) er i denne sammenheng første deriverte av den digitale dybdemodellen. Skråning vil til en viss grad indikere bunnssubstrat, da man f. eks. sjelden finner bløtbunn i bratte skråninger. Skråning vil videre kunne brukes til å modellere utbredelsen av habitater. Til å beregne terrengets skråningsvinkel har vi brukt ArcView's "slope"-funksjon på dybdemodellen. Denne gir maksimumsraten for endring i en dybdeverdi fra hver celle i forhold til nabocellene. Skråningsverdiene ligger mellom 0 og 90 grader.



Figur 3. Figurene viser modellert skråning basert på data med en oppløsning på 10x10 m. Skråning er beregnet ved hjelp av ArcView's "slope"-funksjon på dybdemodellen.

8.3 Modellering av kurvatur - forsenkning og forhøyning

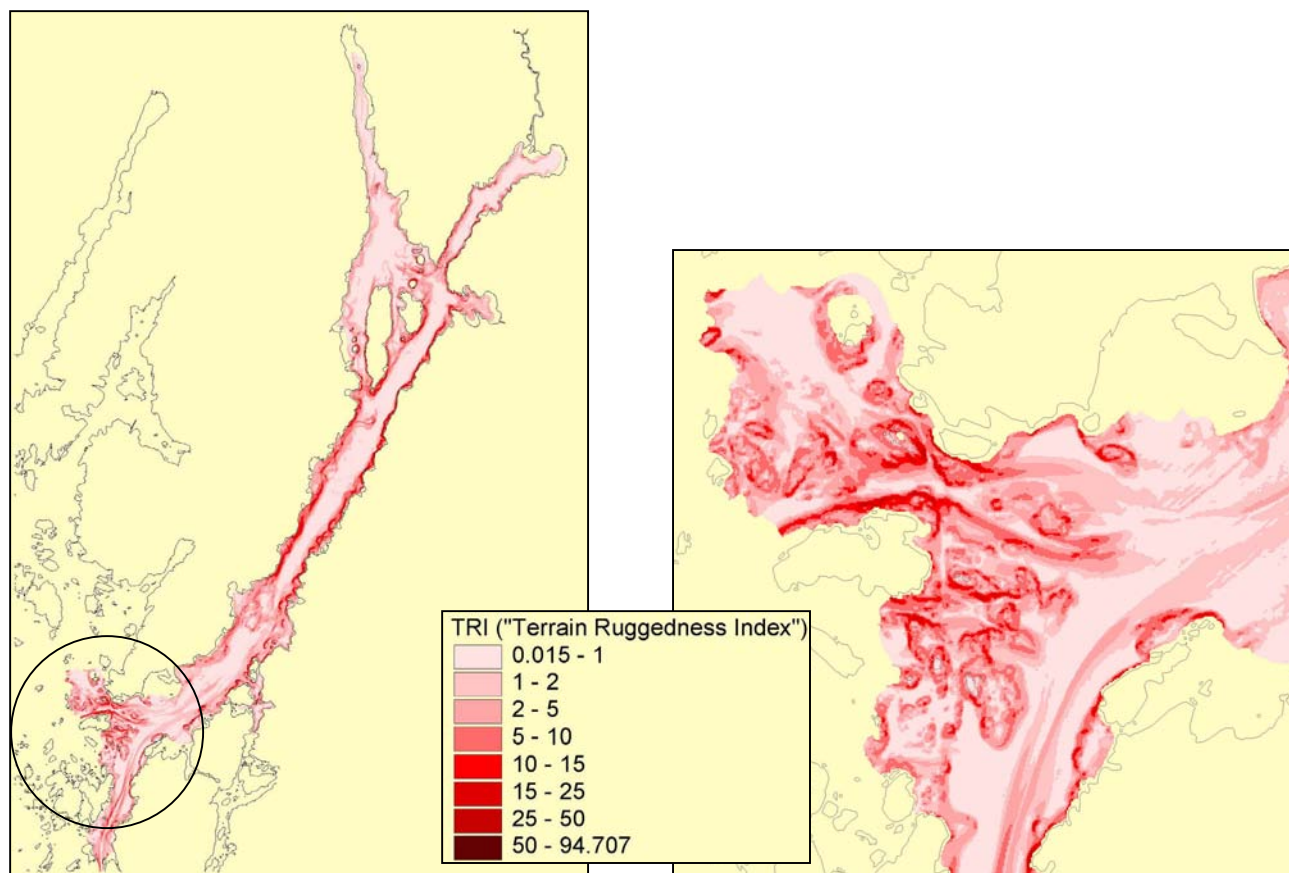
Algoritmen for å identifisere kurvatur (forsenkninger og forhøyninger, se Figur 4) tar utgangspunkt i at en celle med dybdeverdi lavere enn middelveien for cellene rundt indikerer en forsenkning, mens en celle med dybdeverdi høyere enn middelveien for cellene rundt indikerer en forhøyning. Kurvatur vil indikere ulike ting avhengig av på hvilken skala man regner på. Vi har valgt å regne ut middelveien for 1x1 km, som er en relativt grov skala, for å avdekke storskala sjøskapsformer. Vi definerer her forsenkning som avvik på $<-1\text{m}$ og forhøyning som avvik på $>+1\text{m}$ fra middeldypet.



Figur 4. Figurene viser modellert kurvatur basert på data med en oppløsning på 10x10 m. Modellering av kurvatur tar utgangspunkt i at en celle med dybdeverdi lavere enn middelveien for cellene rundt indikerer en forsenkning, mens en celle med dybdeverdi høyere enn middelveien for cellene rundt indikerer en forhøyning.

8.4 Modellering av terrengvariabilitet

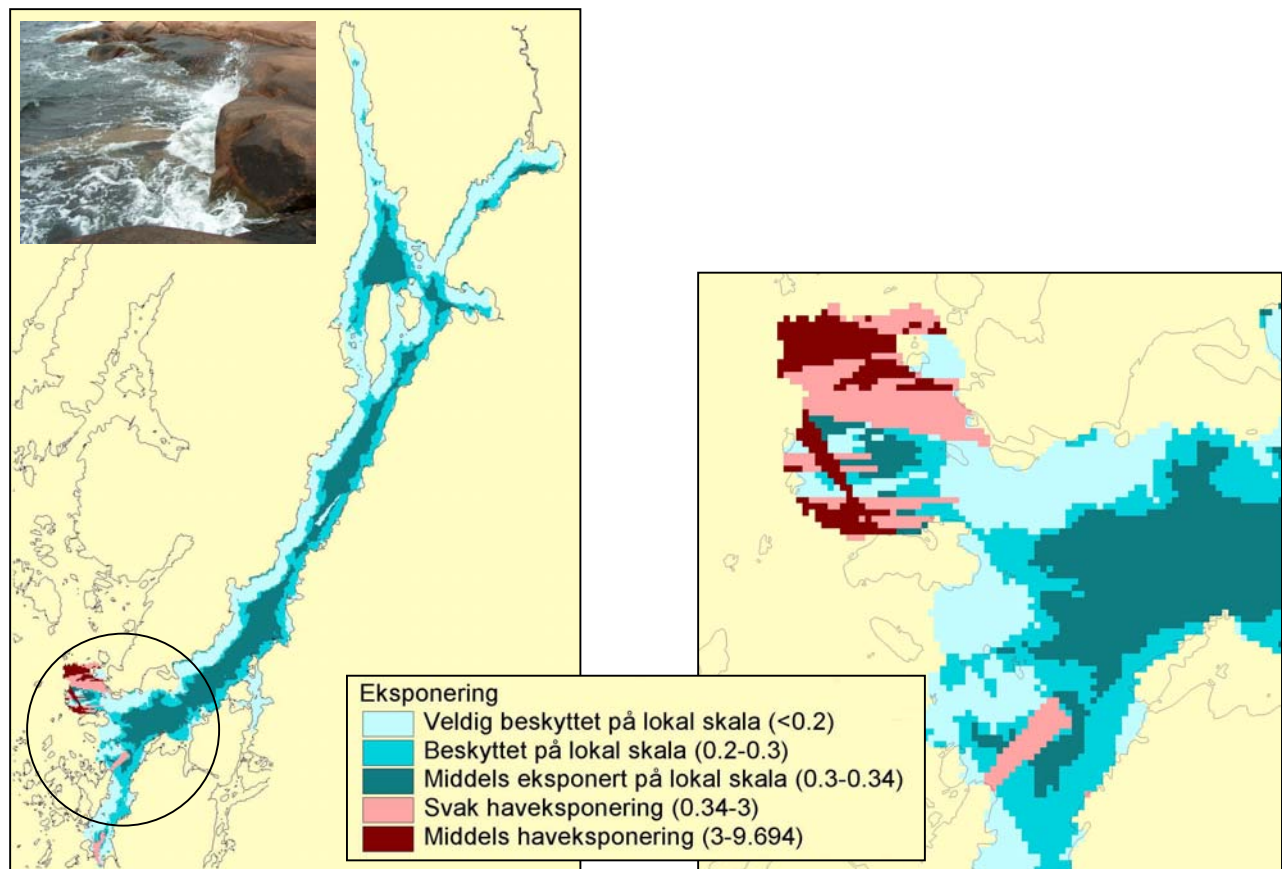
Vi har her tatt utgangspunkt i et mål for terrengvariabilitet, TRI ("Terrain Ruggedness Index", Blaszczyński 2003, Figur 5), definert som kvadratroten til summen av de kvadrerte høydeforskjellene mellom en celle og samtlige av dens naboceller. Denne indeksen vil defineres innenfor et naboskapsområde med størrelse 3x3 ruter (for en dybdemodell med 10 meters oppløsning, vil dette bli 30x30 m). Målet regnes ut for alle 10x10 m rutene og oppløsningen i selve modellen vil derfor holde seg konstant. Ved analyse fant vi stor sammenheng med TRI-indekser (på både 2, 10, 25, 50 og 100 m skala) og skråning, noe som indikerer at skråning er en for dominerende komponent i TRI-indeksen til at denne indeksen kan stå alene. Videre analyse vil bestå i å skille terrengvariabilitet fra skråning, slik at småkupert terreng kan skilles ut.



Figur 5. Figurene viser modellert terrengvariabilitet (TRI, "Terrain Ruggedness Index") basert på data med en oppløsning på 10x10 m.

9 Modellering av vindeksposering

Eksponeringsgrad er en av hovedfaktorene som bestemmer hvilke marine habitater man finner hvor. Bekkby & al. (2002) modellerte eksponeringsgrad svært enkelt ved hjelp av en "viewshed" analyse. Hvis man har data til det, kan man også bruke mer avanserte modeller basert på bølge-dynamikk (kan inkludere bølgerefraksjon, strømindusert refraksjon, dybde- og helningsindusert bølgebryting, diffraksjon, bølge-bølgeinteraksjon etc.). Vår tilnærming (Rinde & al. 2004) har tatt i bruk en algoritme basert på formelen i Oug & al. (1985), for å beregne grad av eksponering, og utviklet denne slik at eksponeringen kan framstilles geografisk over store områder. Denne metoden inngår i Norsk Standard for vannundersøkelser, NS 9424 ("Retningslinjer for marinbiologiske undersøkelser på littoral og sublittoral hardbunn"). Metoden inkluderer strekningen vinden har å bygge opp bølger på ("fetch"), samt vindens styrke, frekvens og retning. Beregningene gjøres for hver himmelretning. Vi opererer med 12 himmelretninger, som igjen består av 3 sektorer av 10°. Vi har altså totalt 36 sektorer av 10°. Totaleksponeringen er gitt som summen av eksponering på ulike skala: lokal, fjord og hav. I totaleksponeringsindeksen er hav vektlagt 10 ganger mer enn fjord, og fjord 10 ganger mer enn lokal eksponering. Figur 6 viser modellert eksponering basert på data med en oppløsning på 50x50 m. For mer detaljer om algoritme og figurer av lokal eksponering, fjordeksponering og haveksponering, se Vedlegg 4.



Figur 6. Figurene viser modellert eksponering basert på data med en oppløsning på 50x50 m. Metoden inkluderer strekningen vinden har å bygge opp bølger på ("fetch"), samt vindens styrke, frekvens og retning.

10 Modellering av Natura 2000-habitater

10.1 Modellering av sublittorale sandbanker (Natura 2000-habitat 1110)

Sublittorale sandbanker er definert som topografiske strukturer permanent dekket av sjøvann. Det øverste punktet på sandbanken ligger vanligvis grunnere enn 20 m under havoverflaten. Nedre grense bestemmes av bl.a. tap av primærproduksjon på sedimentoverflaten, reduksjon i bølge- eller strømeksposering eller tap av typiske sandbanksamfunn. Sedimentet består gjerne av sand med korstørrelse 0,06-2 mm, men større korn kan også forekomme. Bankene er uten vegetasjon eller dekket av sjøgress (*Zostera marina*, *Cymodoceion nodosae*).

Dette Natura 2000-habitatet sammenfaller med EUNIS-klassene A4.1, A4.2, A4.5 and A4.6. EUNIS er et klassifiseringssystem for naturtyper utviklet av "European Environmental Agency" (EEA, se mer på nettsiden <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html> og Davies & Moss 1999). Systemet tar opp i seg flere andre klassifiseringssystemer, og er i ferd med å bli etablert i europeisk naturforvaltning. Systemet er bygd opp hierarkisk slik at brukere, som forvaltere og forskere, kan velge hvilket detaljeringsnivå en ønsker å vurdere habitatene ut fra. Vedlegg viser kryssreferanser til andre klassifiseringssystemer.

Kriteriene vi fant det mulig å benytte som en del av modellen er

Terrengfaktorer

- MMT (firmaet "Marin Mätteknik") sine data på sediment (klassene "sand og grus" og "grus og silt", jfr MMTs rapport).
- Sandbanken skal være en topografisk struktur i form av en forhøyning i forhold til omliggende områder. Dette an utledes fra DEM ved å bruke kjøre "Neighbourhood statistics" og sammenligne dybden fra DEMen med gjennomsnittlig dybde i omgivelsene. Hvis forskjellen er positiv (setter grensen ved >1 for å unngå alle grensetilfellene), så har vi en forsenkning, hvis den er negativ (<-1), så har vi en forhøyning.
- Det øverste punktet ligger på grunnere enn 20 m dyp.
- Nedre grense bestemmes av tap av primærproduksjon på sedimentoverflaten eller tap av typiske sandbanksamfunn. Vi setter nedre grense til 30 m, men skiller i modellen mellom dyp 0-10, 10-20 og 20-30 m.

Vegetasjon

- Banke dekket av ålegras: Potensiell utbredelse av ålegras modelleres ved hjelp av informasjon om substrat, dyp, skråningsforhold og eksponeringsgrad.

En oppsummering av de kriteriene som har betydning

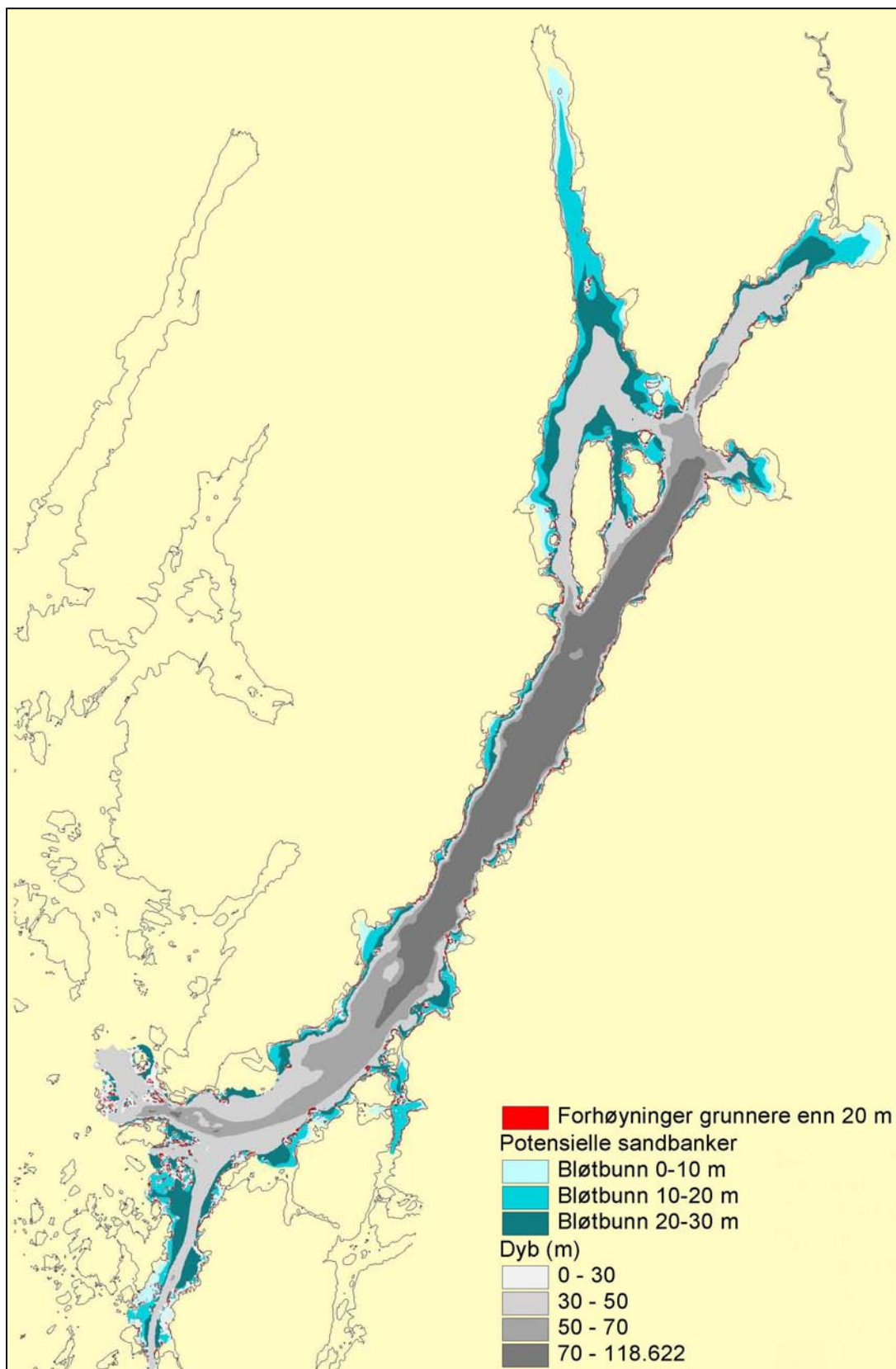
Terrengfaktorer, Figur 7

- Backscatter $>6,9$, det vil si områder med sand, grus og silt
- Kurvaturverdier <-1 , beregnet som dyp av 10 m pixelen i forhold til gjennomsnittlig dyp i 50x50 m omgivelser
- Områder 0-10 og 10-30 m som inneholder områder grunnere enn 20 m

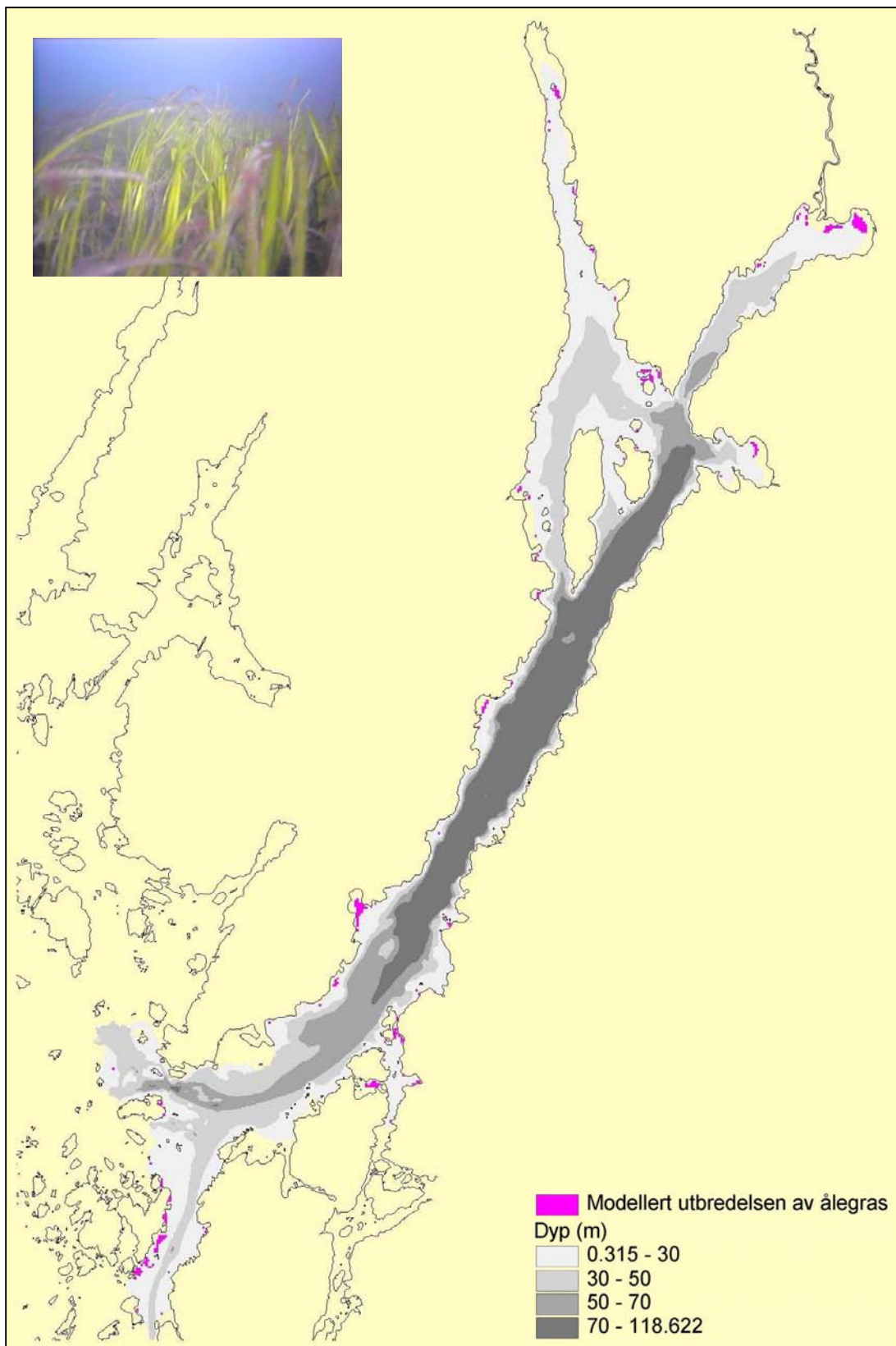
Ålegras, Figur 8

- Bløtbunn, backscatter $>6,9$, det vil si områder med sand, grus og silt
- Dyp ned til 8,5 m
- Skråning <10 grader
- I veldig beskyttede områder, totaleksponeringsverdi $<0,05$

Ålegras kan vokse klumpvis i et område og utbredelsen kan variere over tid. For å i størst mulig grad fange opp den totale utbredelsen, definerte vi et område som egnet ålegrasområde hvis ålegras ble observert der, uansett dekningsgrad. Dette gjør at også marginale områder vil falle under modellerte egnede ålegrasområder.



Figur 7. Modellerte sublittorale sandbanker. Figuren viser bløtbunnsområder i tre ulike dybdelag, samt modellert forhøyning grunnere enn 20 m



Figur 8. Modellert utbredelse av ålegras basert på informasjon og substrat, dyp, skråning og eksponeringsgrad.

10.2 Modellering av estuarier (Natura 2000-habitat 1130)

Estuarier er definert som flod- og elvemunninger med brakkvann, der ferskt vann fra vassdraget blandes med det saltere sjøvannet. Redusert strømhastighet bidrar til en ansamling av finere sediment som ofte formes til et delta. Vedlegg 1 viser kryssreferanser til andre klassifiseringssystemer enn Natura 2000.

Estuarier er mer et habitatkompleks definert av hydrologiske faktorer enn et habitat definert av biologiske kriterier. Et område som defineres som et estuarie kan også falle inn under et av de andre habitatene. Det er ingen klare kriterier som umiddelbart lar seg modellere i GIS, og et forslag er at kartfesting av estuarier gjøres mer manuelt. Informasjon om ferskvannsavrenning fra vassdrag og saltholdighet vil kunne bidra til å sette en grense for hvor estuariet begynner og slutter. Etter dette vil man kunne digitalisere inn en grense for estuariets ytre grense.

10.3 Modellering av leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann (Natura 2000-habitat 1140)

Dette habitatet defineres som grunne leire- og sandbunner som er blottlagt ved lavvann. Vedlegg 1 viser kryssreferanser til andre klassifiseringssystemer enn Natura 2000.

Områder som blottlegges ved lavvann kan ikke modelleres basert på eksisterende datagrunnlag, da MMTs målinger ikke dekker grunt vann. Dette habitatet bør heller tolkes og digitaliseres basert på flyfoto, helst foto tatt ved lavvann. Basert på disse georefererte flyfotoene kan områder som blottlegges ved lavvann digitaliseres inn for hånd. Et alternativ er at man skaffer mer detaljerte dybde data for de grunne områdene, interpolerer disse, kobler de til vannstandsdata og modellerer habitatet.

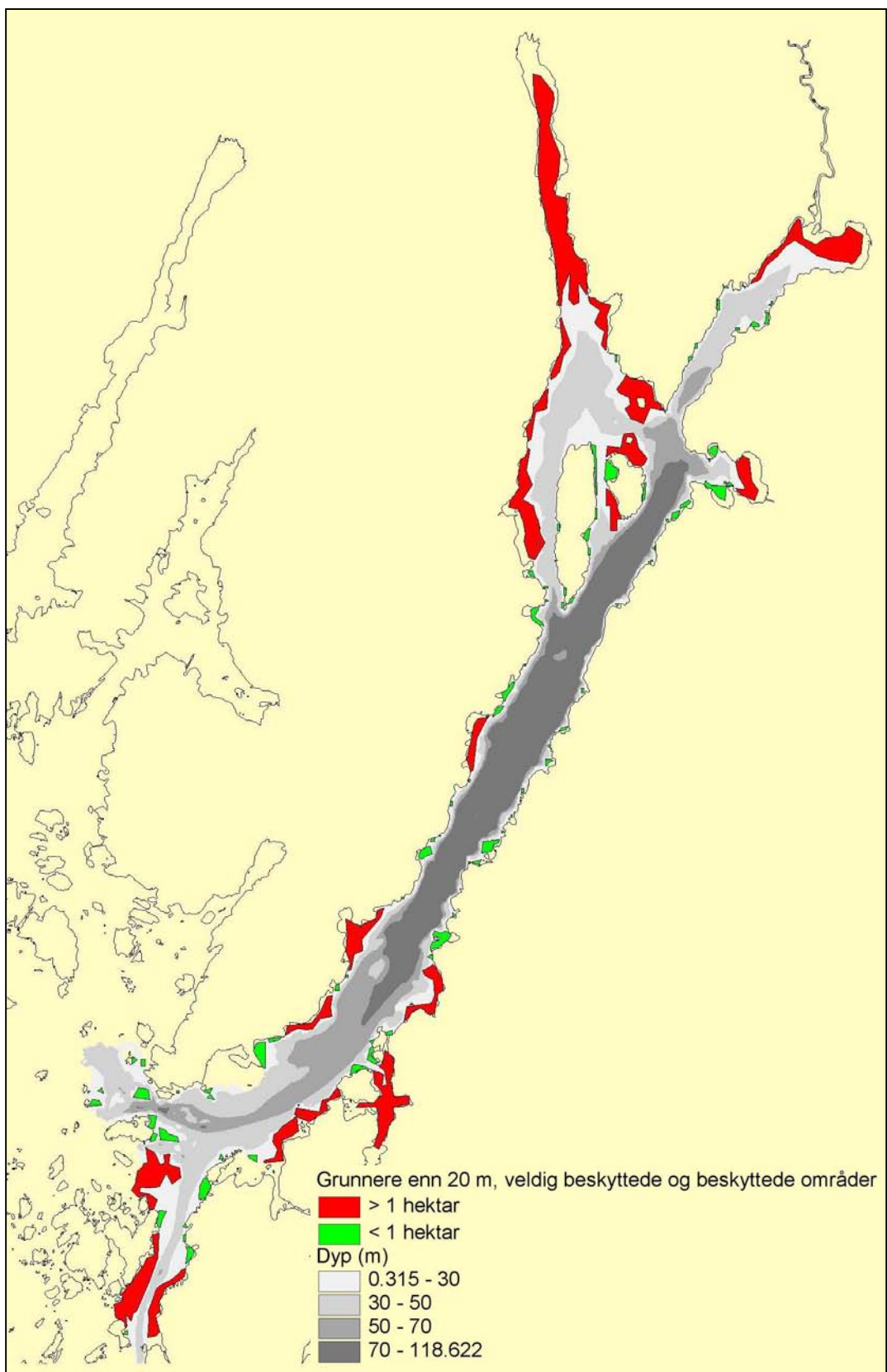
10.4 Modellering av store grunne vikar og sund (Natura 2000-habitat 1160)

Dette habitatet defineres som grunne vikar og sund med begrenset tilflyt av ferskvann. Disse er ofte beskyttet fra kraftige bølger, samt inneholder ulike typer av sediment og substrat med artsrike bentiske samfunn. Grensen for grunt vann defineres noen ganger av ålegras og tjønnaks. Vedlegg 1 viser kryssreferanser til andre klassifiseringssystemer enn Natura 2000.

På samme måte som estuarier, er store grunne vikar og sund mer et habitatkompleks definert av geofysiske og hydrologiske faktorer enn et habitat definert av biologiske kriterier. Et område som defineres som dette habitatet kan også falle inn under et av de andre habitatene. Vi har valgt å modellere store grunne vikar og sund ut fra kriteriene (Figur 9):

- Dyp: grunne områder defineres her ned til 20 m
- Eksponering: habitatet defineres ved ofte å være beskyttet mot kraftige bølger. Vi har valgt områder som er veldig beskyttet og beskyttet (se med detaljer i kapittel 8 og Figur 5).
- Areal: vi har valgt å definere vikar og sund som store hvis de er over 1 hektar. Beregningen av areal var basert på hvilke områder som oppfylte kriteriene for dyp og eksponering. Vi valgte så å filtrere dataene ved hjelp av ArcView "Majority filer", dette for å sile bort lange, tynne polygoner slik at reelle vikar og sund kom tydeligere fram.

Noen av områdene vi definerer som store grunne vikar og sund vil være feil, da de også dekker nes og inkluderer områder som har stor ferskvannstilrenning. Det er derfor nødvendig å gjøre noe manuell korrigering av de modellerte områdene. Noen grunne vikar og sund vil heller ikke være med her, da data mangler.



Figur 9. Modellerte grunne vikar og sund basert på dyp, eksponering og størrelse.

10.5 Modellering av rev (Natura 2000-habitat 1170)

Dette habitatet defineres som undervannsklipper/-blokk/-stein (med eller uten vegetasjon) eller biogene strukturer (f. eks. korallstrukturer og skjellstrukturer, både på hardbunn og bløtbunn) som er topografisk atskilt fra omliggende bunn. Kan eksponeres ved lavvann. Revet står opp fra bunnen i sublittoral og littoral sone. Rev kan ha sonering av bentiske algesamfunn og dyr. Karakterarter: Ulike arter av rødalger, brunalger, grønналger, skjell, rur, forskjellige epifauna-arter.

Dette Natura 2000-habitatet sammenfaller med EUNIS-klassene A1.1, > A1.1/B-ELR.MB, A1.2, > A1.2/B-MLR.MF, A1.3, > A1.3/B-SLR.MX, A1.4, A1.5, A1.6, A2.8, A3.1, A3.2, > A3.2/M-III.6.1.(p), > A3.2/H-02.01.01.02.03, > A3.2/H-02.01.02.02.03, A3.3, A3.4, A3.5, A3.6, > A3.6/B-MCR.M, A3.7, A3.8, A3.9, A3.A, A3.B, A3.C, A4.6, A5.1, A5.6 D. Vedlegg 1 viser kryssreferanser med andre klassifiseringssystemer.

Kriteriene vi fant det mulig å benytte som en del av modellen er

Terrengfaktorer

- Undervannsklipper/-blokk/-stein: Skiller ut hardbunn fra MMTs data.
- Revene skal være topografiske strukturer i form av en forhøyning i forhold til omliggende områder. Dette utledes fra DEM ved å bruke kjøre "Neighbourhood statistics" og sammenligne dybden fra DEMen med gjennomsnittligdybde i omgivelsene. Hvis forskjellen er positiv (setter grensen ved >1 for å unngå alle grensetilfellene), så har vi en forsenkning, hvis den er negativ (<-1), så har vi en forhøyning.
- Sublittoral og littoral sone.

Flora og fauna

- Blokk/klipper med algesonering: Bentiske alger på hardbunn ble modellert ved hjelp av MMTs substratdata og informasjon om algers utbredelse.
- Blokk/klipper med epifauna: Epifauna på hardbunn ble modellert ved hjelp av MMTs substratdata og informasjon om epifauna utbredelse.
- Biogene strukturer, her blåskjellbanker, på hardbunn. Hardbunn skilles ut fra MMTs data. Blåskjell ble modellert ut fra analyserte felldata.
- Biogene strukturer, her blåskjellbanker, på bløtbunn. Bløtbunn skilles ut fra MMTs data. Blåskjell ble modellert ut fra analyserte felldata.

En lokalitet ble definert som et habitat hvis dekningsgraden var "middels tett" eller "heldekkende". Hvis det kun ble registrert enkeltindivider, ble disse ikke med i analysen. En oppsummering av de kriteriene som har betydning

Terrengfaktorer, Figur 10

- Backscatter<6.9, det vil si områder med fjell og morenegrus (grov sand og grus er ikke med)
- Forhøyning, kurvaturverdier <-1 beregnet som dyp i 10 m pixel i forhold til gjennomsnittlig dyp i 50x50 m omgivelser

Makroalger, Figur 11

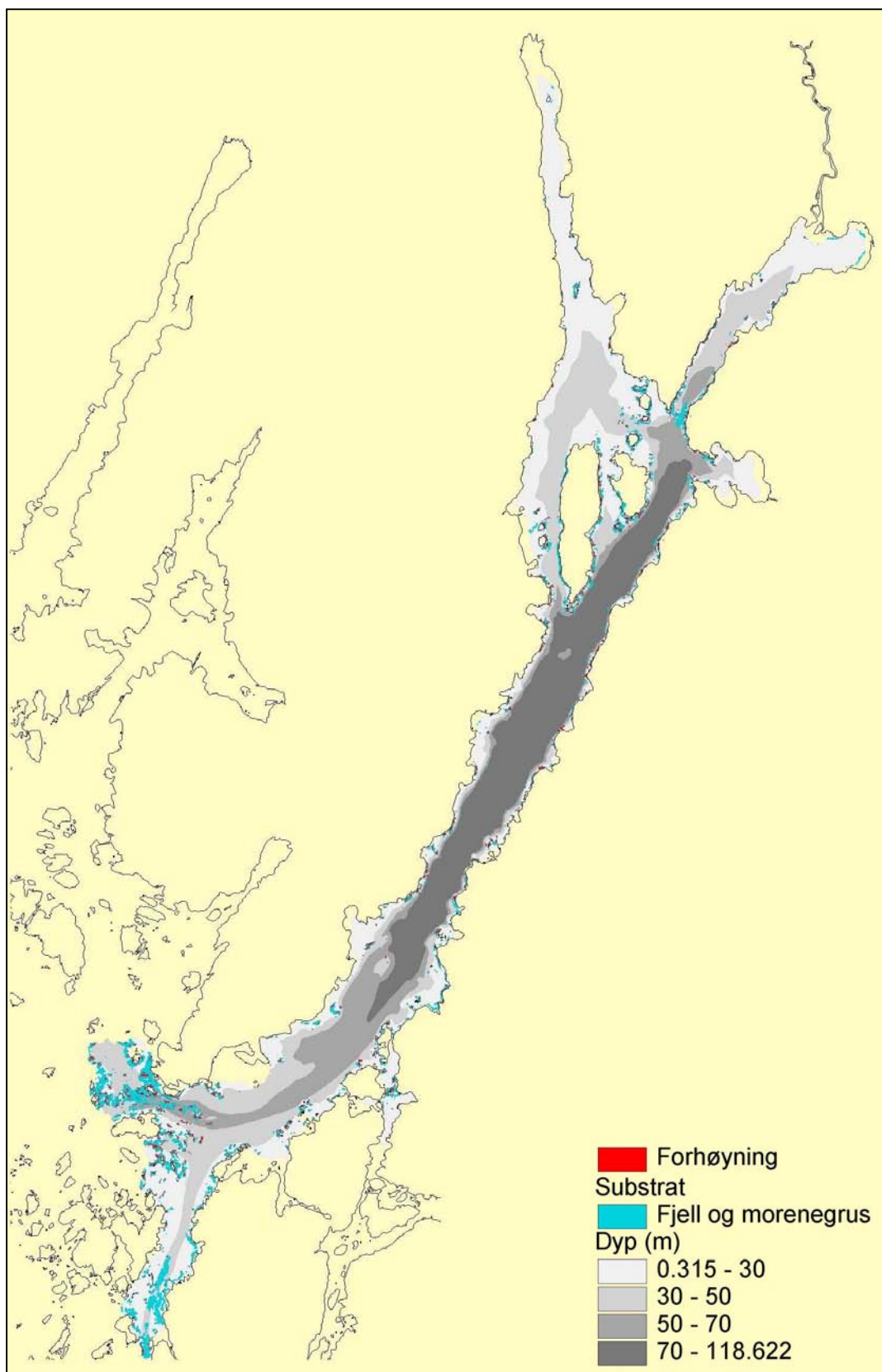
- Hardbunn og forhøyning (se over)
- Dyp ned til 13 m

Blåskjell, Figur 12

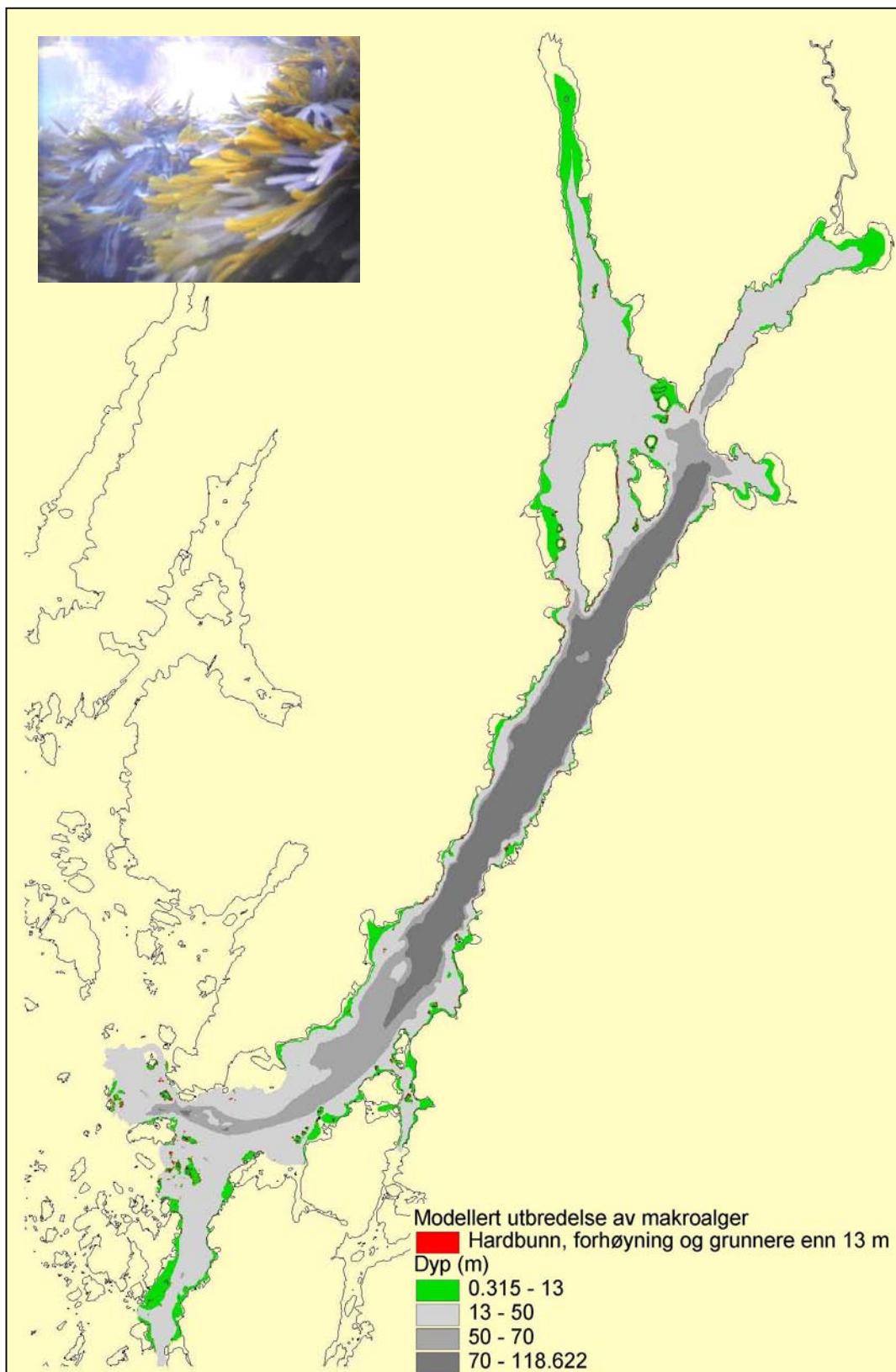
- Hardbunn og forhøyning (se over)
- Bløtbunn og bankestrukturer (se kap. 9.1)
- Dyp ned til 12 m
- Saltholdighet regnes som en viktig faktor for utbredelsen av blåskjell. Vi har ikke hatt data på dette

Annen epifauna (utover blåskjell), Figur 13

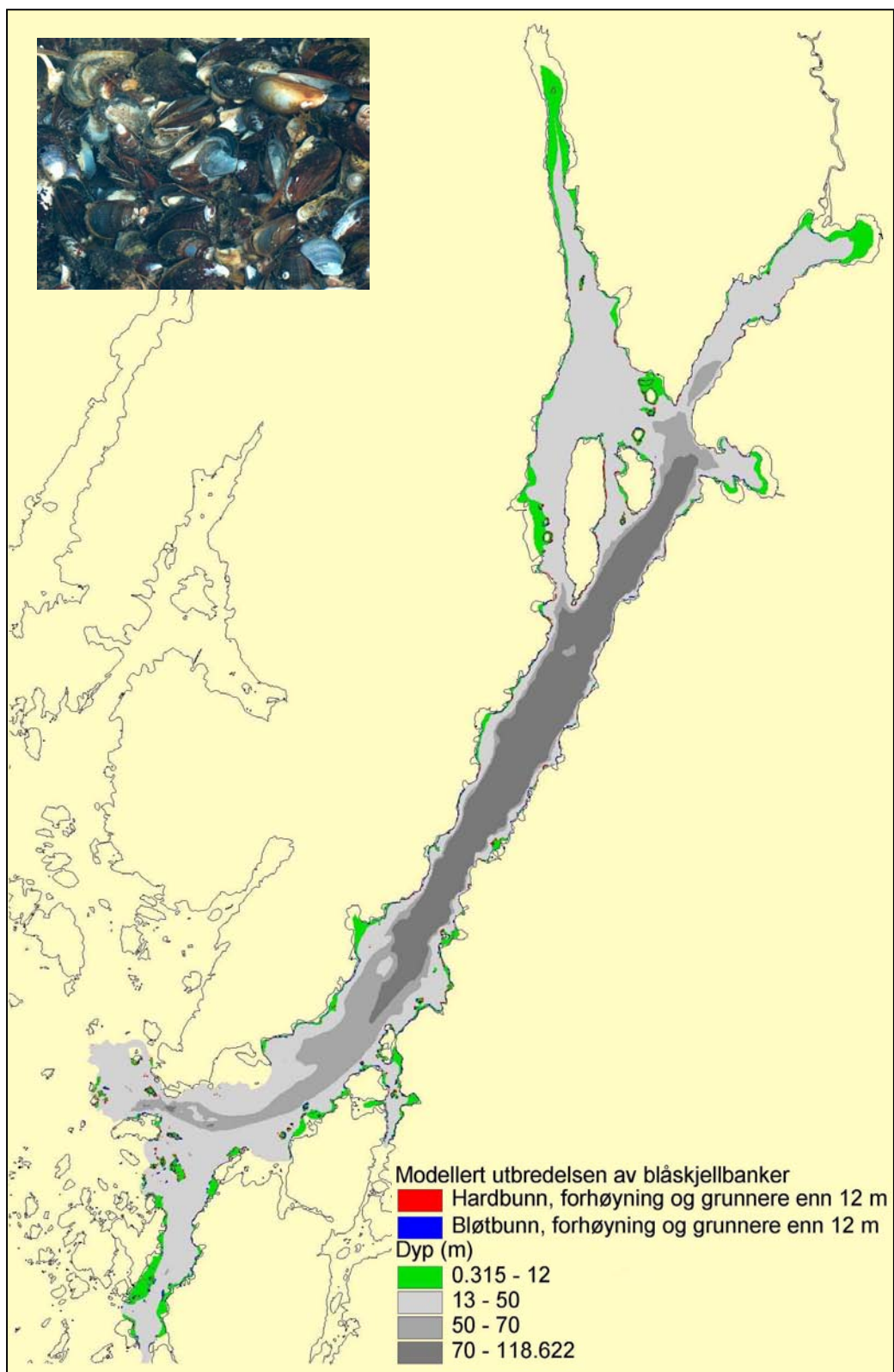
- Hardbunn og forhøyning (se over)
- Dyp ned til 30 m



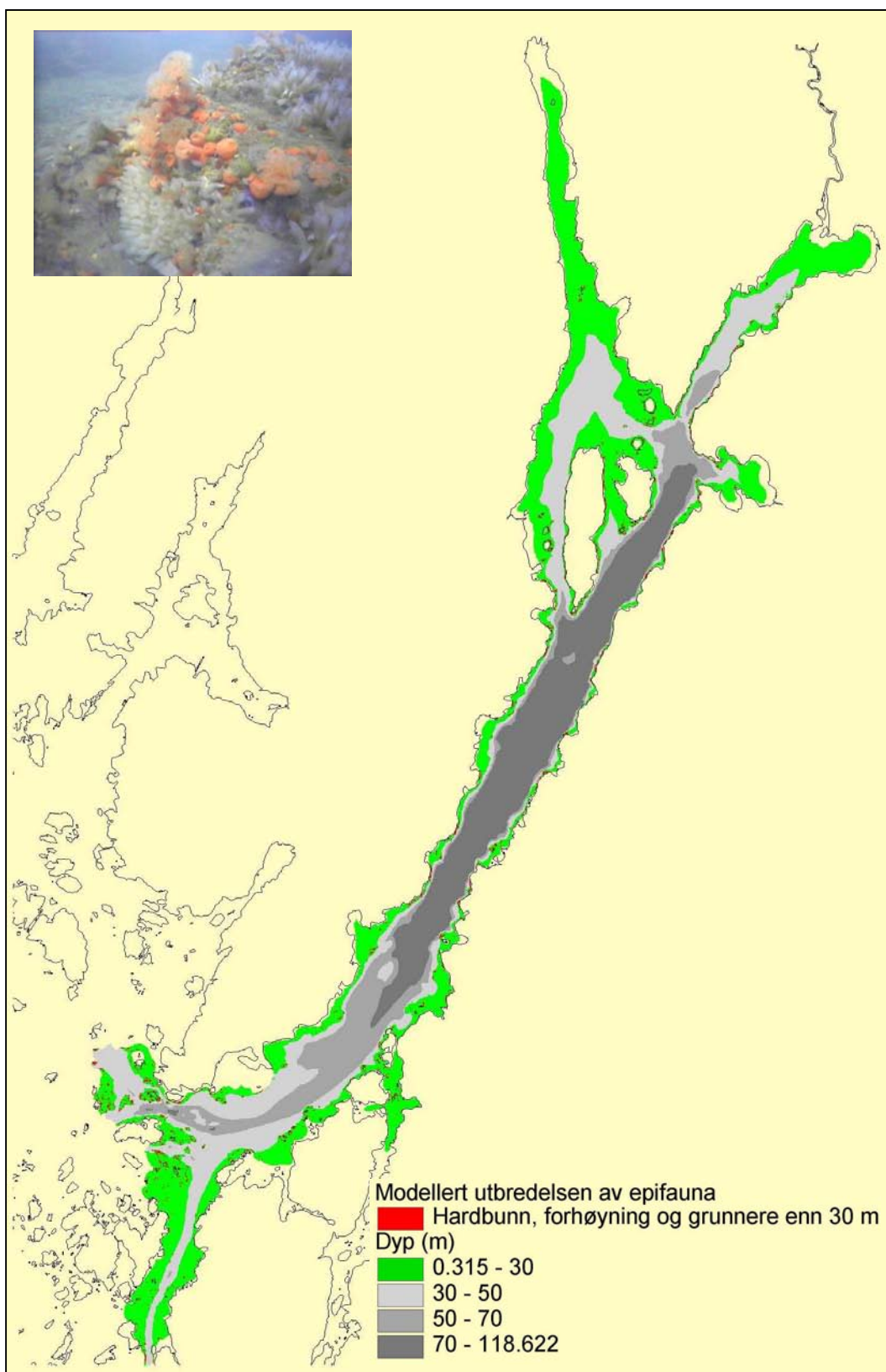
Figur 10. Modellering av revstrukturer (rødt). Modelleringen er utført på data med 10x10 m oppløsning. Informasjon om substrat og terrengets kurvatur er benyttet til modellering.



Figur 11. Modellering av makroalger på revstrukturer (rødt). Områder ned til 13 m uten revstruktur er vist i grønt. Modelleringen er utført på data med 10x10 m oppløsning. Informasjon om substrat, dyp og terrengets kurvatur er benyttet til modellering.



Figur 12. Modellering av blåskjellbanker på revstrukturer (hardbunn, rødt) og bankestrukturer (bløtbunn, blått). Områder ned til 12 m som ikke har rev-eller bankestrukturer er vist i grønt. Modelleringen er utført på data med 10x10 m oppløsning. Informasjon om substrat, dyp og terrengets kurvatur er benyttet til modellering. Saltholdighet regnes som en viktig faktor for utbredelsen av blåskjell. Vi har ikke hatt data på dette.



Figur 13. Modellering av epifauna (utenom blåskjell) på revstrukturer (rødt). Områder ned til 30 m som ikke har revstrukturer er vist i grønt. Modelleringen er utført på data med 10x10 m oppløsning. Informasjon om substrat, dyp og terrengets kurvatur er benyttet til modellering.

11 Diskusjon

11.1 Eksponeringsmodellen – mangler og videre arbeid

Man har lenge visst at eksponering er en viktig faktor for utbredelsen av marine arter og habitater (se f. eks. Sundene 1953, Lein & *al.* 1987), og flere studier har dokumentert sammenhenger mellom eksponeringsgrad og fordeling, tetthet og størrelse på marine samfunn (Sjötun & Fredriksen 1995, Sjötun & *al.* 1998, Bruntse & *al.* 1999, Bekkby & *al.* 2002, Christie & *al.* 2003, Isæus 2004, Rinde & *al.* 2004). Eksponering er derfor funnet høyt i hierarkiet til EUNIS habitatklassifiseringssystem (Davies and Moss 1999).

Selv om eksponering har blitt målt kvantitativt i lang tid (e.g. Jones & Demotopoulos 1968, Doty 1971), så har slik informasjon ofte vært subjektiv, upresis og relativ. Eksponering har stor sett blitt beregnet for enkeltpunkter ved behov, ikke hele områder. I dette prosjektet har vi benyttet oss av en nyutviklet modell som beregner eksponering for et helt område som en funksjon av vindenes retning og styrke i kombinasjon med "fetch", det vil si lengden vinden har å bygge opp bølger på (se mer i Rinde & *al.* 2004).

På samme måte som alle andre modeller, har vår modell forbedringspotensialer:

- Inkludere dyp: effekten av vindeksponering avtar med dyp, og grunne områder vil kunne bryte bølger og gi andre eksponeringsforhold enn dypere område med samme vind og "fetch". Å inkludere dyp i modellen vil derfor være en forbedring.
- Inkludere høydedata på land: høye landområder og øyer skjermer mot vinden på en annen måte enn flatt landskap og flate øyer. Å inkludere høydedata vil derfor kunne nyansere den beskyttende effekten landområder har i modellen.
- Øyer har en spredningseffekt, og vind dreier rundt øyer på en måte som ikke er inkludert i vår modell.
- Gjøre vektorbasert: slik modellen er nå, er eksponeringsmodellen raster-basert og koblet til dybdemodellen innkjøpt av "Marin Mätteknik AB". Modellen kan også gjøres vektorbasert, slik at kun en kystlinje vil være nødvendig for å lage modellen slik algoritmen er per i dag. Da vil det selvsagt ikke være mulig å inkludere dybde data.

Det er viktig å huske at en forbedret modell ofte krever bedre og mer data, og at dette har en kostnad. Det er derfor viktig å tenke over hva man vil med modellene, hvilke spørsmål de skal svare på og hvor viktig det er at modellene blir mer nøyaktige.

11.2 En diskusjon om skala

Skala har betydning for hvilke prosesser og karaktertrekk ved terrenget som blir fanget opp av modellene. På en grov skala vil en fange opp storskala prosesser (dalbunner, fjelltopper etc.), mens en på en fin skala vil kunne fange opp effekten av fysiske prosesser på en mindre skala (for eksempel effekten av strøm). Også økologiske prosesser vil kunne operere på svært ulike skalaer, fra økosystem-relaterte prosesser i den ene enden til artsfokuserede prosesser (for eksempel samspill mellom to arter) i den andre. Betydningen av ulike skala er i liten grad inkludert i dette arbeidet. Kunnskap om hva slags spørsmål som kan besvares på ulike skalanivåer vil være sentralt for å tolke regionale modeller som er basert på regionalt tilgjengelige og relativt grove datasett. Også her er det viktig å tenke over hvilke spørsmål man vil ha besvart.

12 Referanser

- Bekkby, T., Erikstad, L., Bakkestuen, V. & Bjørge, A. 2002. A landscape ecological approach to coastal zone applications. *Sarsia* 87: 396-408.
- Blaszczyński, J. 2003. Geomorphometric analysis of surface landscape features. Internettside for National Science & Technology Center, Denver, Colorado, USA. <http://www.blm.gov/nstc/ecosysmod/surfland.html>
- Bruntse, G., Lein, T.E., Nielsen, R. & Gunnarsson, K. 1999. Response to wave exposure by littoral species in the Faroe Islands. *Frødskeparrit* 47: 181-198.
- Christie, H., Jørgensen, N.M., Norderhaug, K.M. & Waage-Nielsen, E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated to kelp (*Laminaria hyperborea*) at the Norwegian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 687-699.
- Davies, C.E. & Moss, D. 1999. EUNIS Habitat Classification. Final Report to the European Topic Centre on Nature Conservation, European Environment Agency. 256 p. See <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html>
- Doty, M.S. 1971. Measurement of water movement in reference to benthic algal growth. *Botanica Marina* 14 (1): 32-35.
- Isæus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Doctoral thesis, Department of Botany, Stockholm University, Sweden.
- Jones, W.E. & Demotopoulos, A. 1968. Exposure to wave action: measurements of an important ecological parameter on rocky shores of Anglesey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 2: 46-63.
- Lein, T.E., Küfner, R. & Hansen, J.E. 1987. Konsekvensutredninger Barentshav syd. Artsammansetninger i fjæra i Finnmark. Del 1: hardbunn. Økoforsk program, Norges allmenvitenskapelige forskningsråd. 101 pp.
- Oug, E., Lein, T. E., Holte, B., Ormerod, K. & Næs, K. 1985. Basisundersøkelse i Tromsø Sund og Nordbotn 1983. Bløtbunnsundersøkelser, fjæreundersøkelser og bakteriologi. Oslo. NIVA overvåkingsrapport nr 173b / 84
- Sjøtun, K. & Fredriksen, S. 1995. Growth allocation in *Laminaria hyperborea* (Laminariales, Phaeophyceae) in relation to age and wave exposure. *Marine Ecology Progress Series* 126(1-3): 213-222.
- Sjøtun, K., Fredriksen, S. & Rueness, J. 1998. Effect of canopy biomass and wave exposure on growth in *Laminaria hyperborea* (Laminariaceae: Phaeophyta). *European Journal of Phycology* 33: 337-343.
- Sundene, O. 1953. The algal vegetation of Oslofjord. Skrifter utgitt av Det Norske Vitenskaps-Akademi i Oslo. I Matematisk-naturvidenskapelig klasse 2: 1-244.
- Rinde, E., Storeid, S.-E., Bakkestuen, V., Bekkby, T., Erikstad, L. & Longva, O. 2004. Modelling av utvalgte marine naturtyper og EUNIS klasser. To delprosjekter under det nasjonale programmet for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold. NINA Oppdragsmelding 807. 33 pp.

13 Vedlegg

13.1 Vedlegg 1. Gullmarsfjordens Natura 2000-habitater

Ifølge Naturvårdsverkets nettside for Natura 2000-områder inneholder Gullmarsfjorden Natura 2000-områdene

- 1110 Sublittorale sandbanker (dekningsgrad på 2 %)
- 1130 Estuarier (dekningsgrad på 1 %)
- 1140 Leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann (dekningsgrad på 1 %)
- 1160 Store grunne vikar og sund (dekningsgrad på 2 %)
- 1170 Rev (dekningsgrad på 3 %)

1110 Sublittorale sandbanker - "*Sandbanks which are slightly covered by sea water all the time*".

Utdrag av definisjon: Sandbanker er topografiske strukturer permanent dekket av sjøvann. Det øverste punktet på sandbanken ligger vanligvis grunnere enn 20 m under havoverflaten. Nedre grense bestemmes av bl.a. tap av primærproduksjon på sedimentoverflaten, reduksjon i bølge- eller strømeksposering eller tap av typiske sandbanksamfunn. Sedimentet består gjerne av sand med korstørrelse 0,06-2 mm, men større korn kan også forekomme. Bankene er uten vegetasjon eller dekket av sjøgress (*Zostera marina*, *Cymodoceion nodosae*).

Kryssreferanser

- Frank klassifisering: "Biocénose des sables fins de haut niveau", "Biocénose des sables fins bien calibrés".
- Tysk klassifisering: 040202a, 030202a
- Vegetasjonstyper i Norden: 4411, 4412
- Pal. class: 11.125, 11.22, 11.31
- Barcelona-konvensjonen: III.2.1, III.2.1.1, III.2.2, III.2.2.1, III.2.2.2 (considered determinant habitat in C. B), III.3.1, III.3.1.1 (considered determinant habitat in the C. B), III.3.2, III.3.2.1, III.3.2.2, III.4.1, III.4.1.1.
- Helcom klassifisering: 2.4.2.3, 2.5.2.4
- Trilateral Wadden Sea Classification: not classed (eulittoral banks are common)
- The National Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 03.02: Relevant types within Sublittoral coarse sediments (SCS), Sublittoral sands (SSA) and Sublittoral macrophytes communities (SMP).
- EUNIS classification: Relevant types within A4.1, A4.2, A4.5 and A4.6

1130 Estuarier - "*Estuaries*"

Utdrag av definisjon: Flod- og elvemunninger med brakkvann, der ferskt vann fra vassdraget blandes med det saltere sjøvannet. Redusert strømhastighet bidrar til en ansamling av finere sediment som ofte formes til et delta. Karakterarter: bentiske alger, sjøgress og Potamogeton (tjønnaks-arter). Foreslår at de indre fjordarmene i Gullmarsfjorden defineres som dette.

Kryssreferanser

- Tysk klassifisering: D2a, 050105, 050106
- Pal. class: 13.2, 11.2

1140 Leire- og sandbunner som blottlegges ved lavvann - "*Mudflats and sandflats not covered by seawater at low tide*"

Utdrag av definisjon: Grunne leire- og sandbunner eksponert ved lavvann. Karakterarter: blågrønnalger, kiselalger. Kryssreferanser

- Pal. class: 14

1160 Store grunne vikar og sund - "*Large shallow inlets and bays*"

Utdrag av definisjon: Grunne vikar og sund med begrenset tilflyt av ferskvann. Disse er ofte beskyttet fra kraftige bølger, samt inneholder ulike typer av sediment og substrat med artsrike bentiske samfunn. Grensen for grunt vann defineres noen ganger av ålegras-klassen og tjønnaks-klassen. Karakterarter: Sjøgress, Ruppia, Potamogeton (tjønnaks-arter), bentiske alger.

Kryssreferanser

- Tysk klassifikasjon: B31, B32, A2a
- Pal. class: 12

1170 Rev - "Reefs"

Utdrag av definisjon: Undervannsklipper/-blokk/-stein (med eller uten vegetasjon) eller biogene strukturer (f. eks. korallstrukturer og skjellstrukturer, både på hardbunn og bløtbunn) som er topografisk atskilt fra omliggende bunn. Kan eksponeres ved lavvann. Revet står opp fra bunnen i sublittoral og littoral sone. Rev kan ha sonering av bentiske algesamfunn og dyr. Karakterarter: Ulike arter av rødalger, brunalger, grøninalger, skjell, rur, forskjellige epifauna-arter.

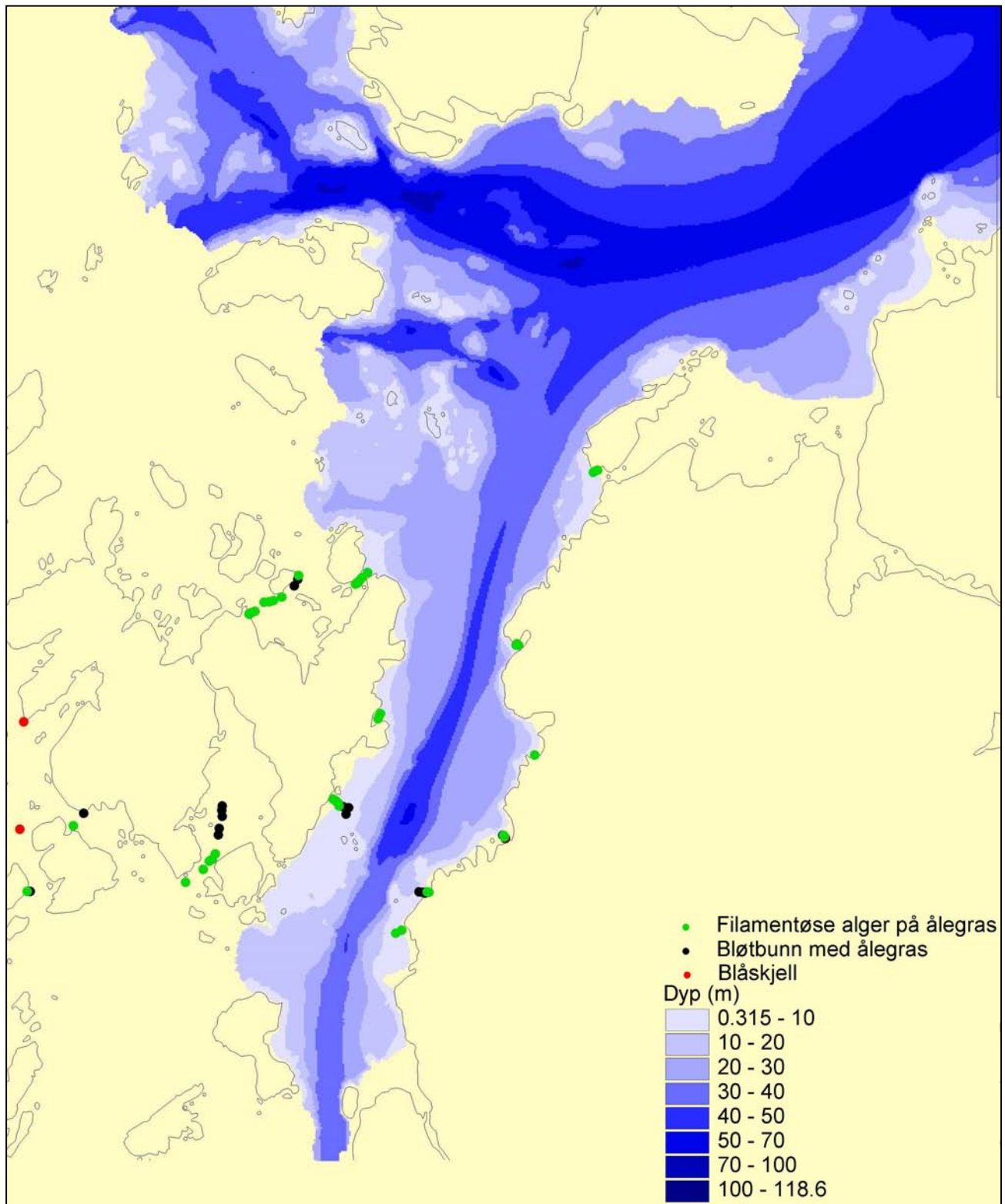
Kryssreferanser

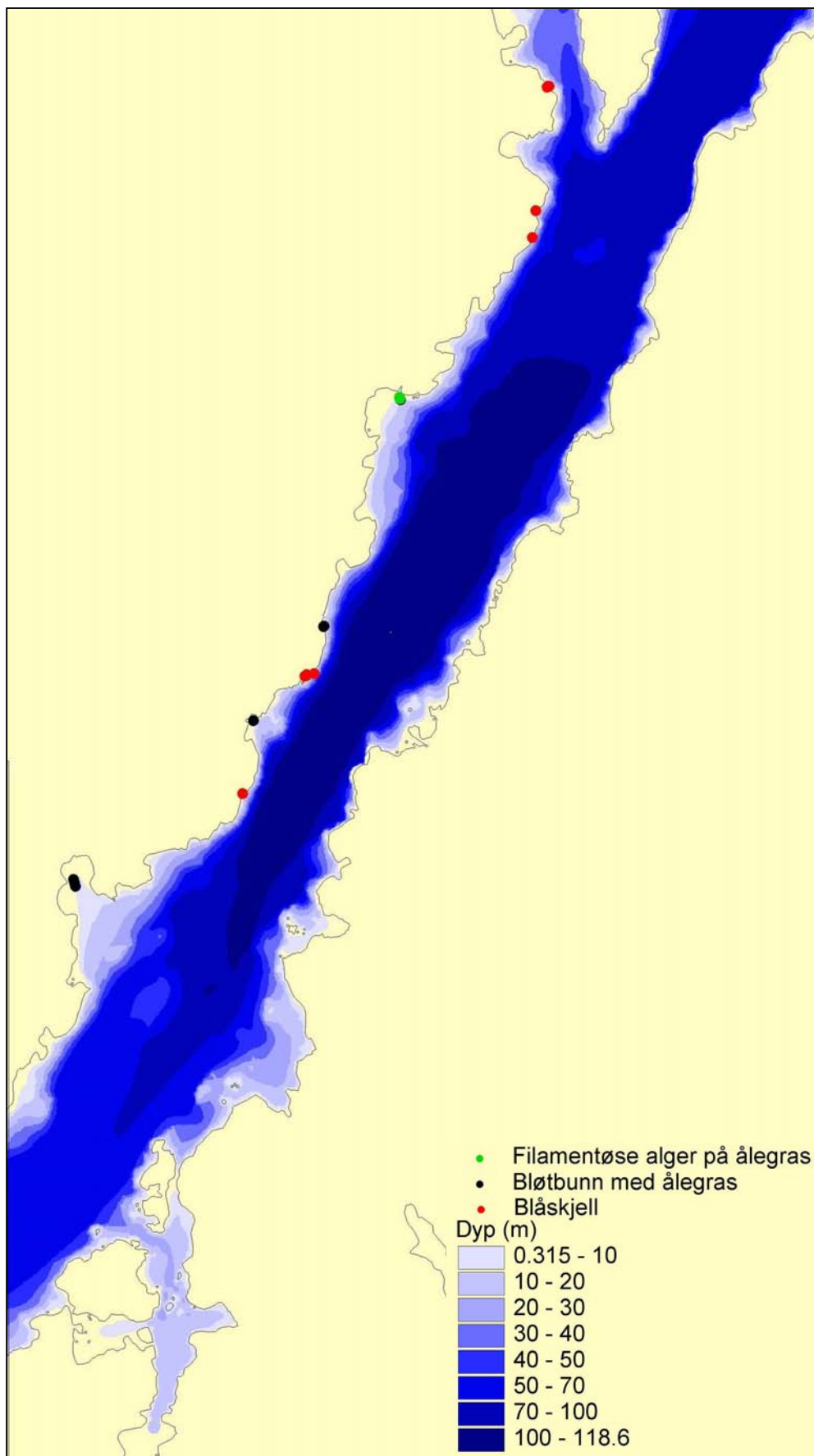
- Tysk klassifikasjon: 010204, 01020a, 030204, 030206, 030207, 030208, 030209, 050104, 050107, 020204, 020204a, 040204, 040206, 040207, 060203
- Pal. class: 11.24, 11.25
- Barcelona-konvensjonen: I.4.1, II.4.1, II.4.2, III.6.1, IV.3.1, IV.3.3, V.3.1.
- The National Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 03.02: Littoral rock and other hard substrata (biotopes beginning with LR), Infralittoral rock and other hard substrata (biotopes beginning with IR), Circalittoral rock and other hard substrata (biotopes beginning with CR), Littoral biogenic reefs (biotopes beginning with LBR) and Sublittoral biogenic reefs (biotopes beginning with SBR).
- EUNIS klassifikasjon: A1.1, > A1.1/B-ELR.MB, A1.2, > A1.2/B-MLR.MF, A1.3, > A1.3/B-SLR.MX, A1.4, A1.5, A1.6, A2.8, A3.1, A3.2, > A3.2/M-III.6.1.(p), > A3.2/H-02.01.01.02.03, > A3.2/H-02.01.02.02.03, A3.3, A3.4, A3.5, A3.6, > A3.6/B-MCR.M, A3.7, A3.8, A3.9, A3.A, A3.B, A3.C, A4.6, A5.1, A5.6 D
- HELCOM klassifikasjon: 2.1.1.2.3, 2.1.1.3.3, 2.1.2.2.3, 2.1.2.3.3, 2.2.2.3, 2.2.3.3
- Trilateral Wadden Sea Classification (von Nordheim & al. 1996): 03.02.07, 03.02.08, 03.02.09, 05.01.07, 03.02.06, 03.02.04.

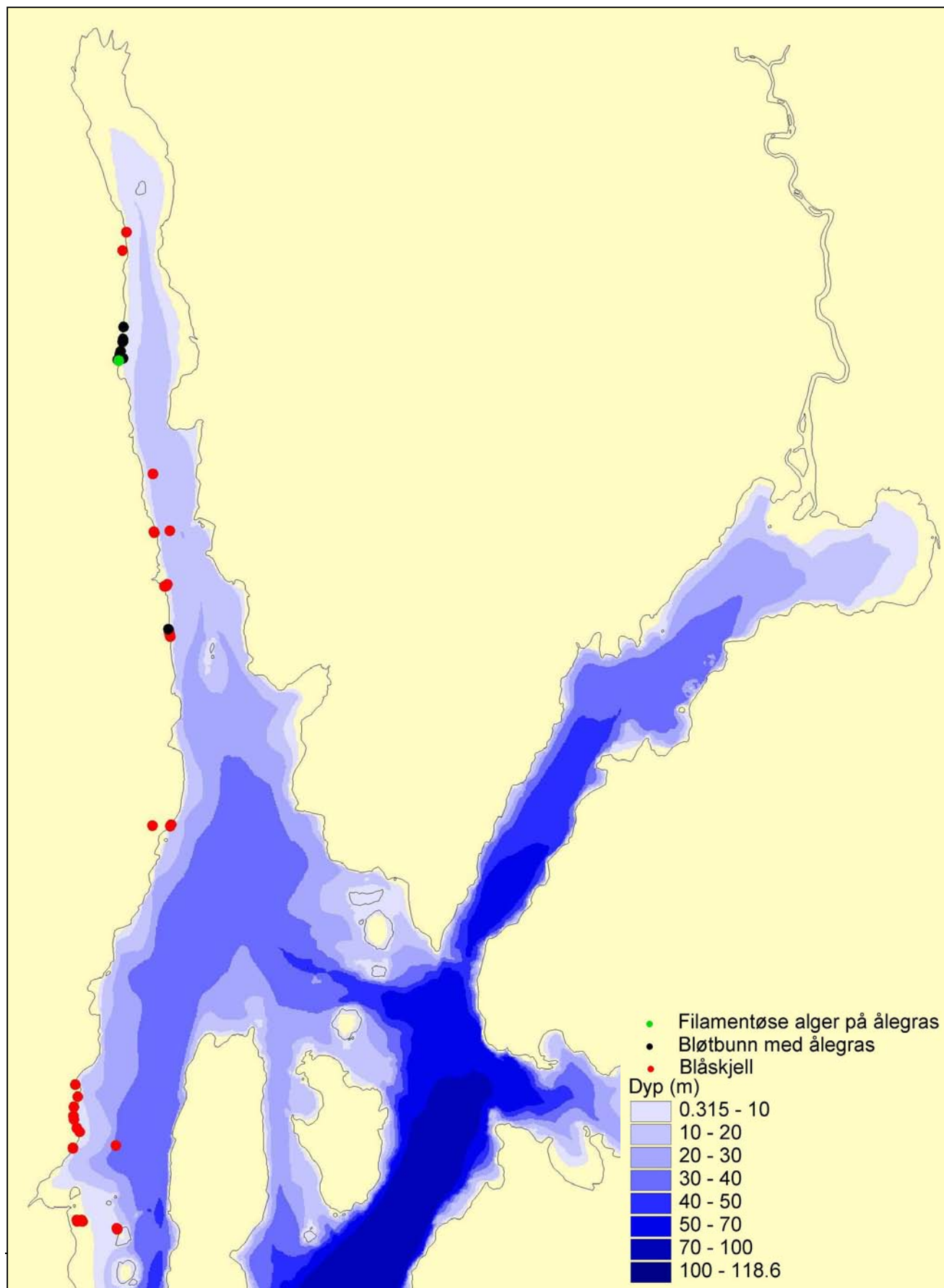
13.2 Vedlegg 2. Kart over utbredelsen til et utvalg arter og habitater

Tabellen viser dybdeutbredelsen til noen utvalgte habitatklasser. De fleste tallene er basert på dekningsgrad 2 og 3, det vil si der arten eller habitatet er middels tett eller heldekkende. Ultimat maksimum viser maksimum dyp uansett dekningsgrad, inkludert der arten eller habitatet er glissent. Tallene for ålegras presenteres for den totale utbredelsen, uansett dekningsgrad.

Habitat	Gjennom- snitt	Standard avvik	Maksimum	Ultimat maksimum	Minimum	Antall
Hardbunn, vegetasjon dominerer	3,2 m	2,4 m	11 m		0 m	101
Hardbunn, epifauna dominerer	15,4 m	7,5 m	32 m		0,7 m	36
Bløtbunn med ålegras (uansett dekningsgrad)	2,5 m	1,6 m	8,5 m		0,5 m	78
Filamentøse alger på ålegras (dekningsgrad 2+3)	2,6 m	1,8 m	8,5 m	8,5 m	0,5 m	45
Blåskjell (dekningsgrad 2+3)	1,9 m	2,6 m	18 m	20 m	0 m	57
Brune makroalger (dekningsgrad 2+3)	3,8 m	3,0 m	15 m	15 m	0 m	137
Filamentøse alger på makroalger (dekningsgrad 2+3)	3,0 m	2 m	11 m	11 m	0 m	84 m



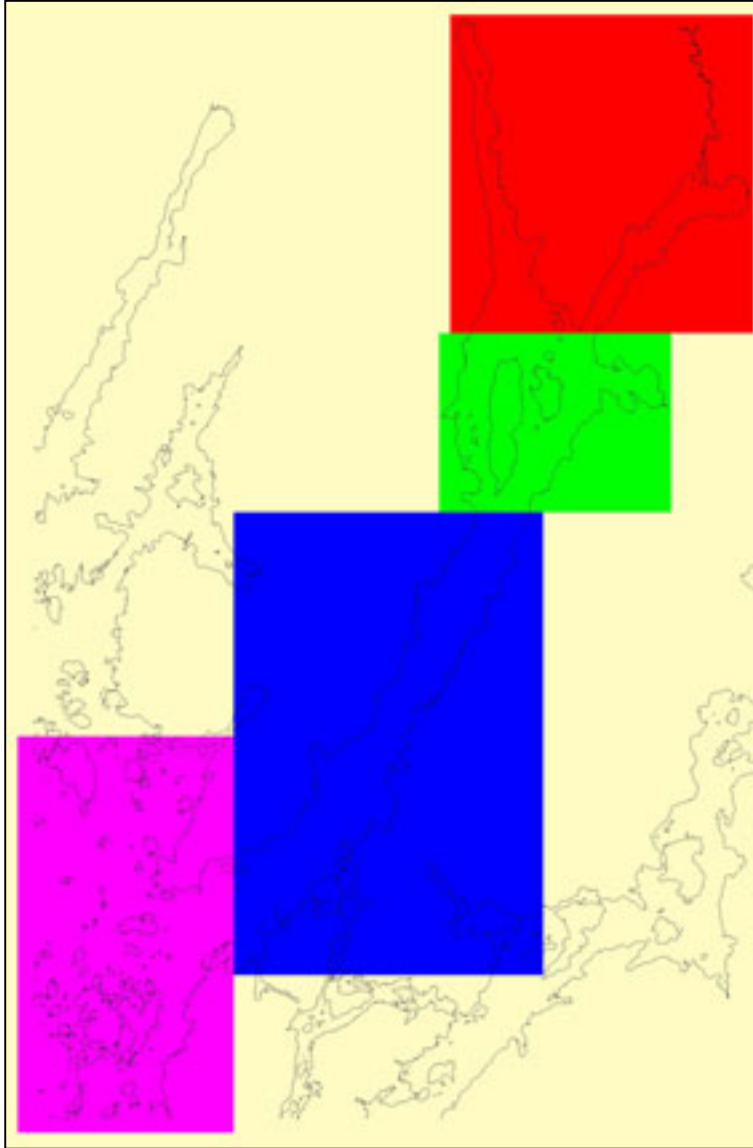




13.3 Vedlegg 3. Inndeling av Gullmarsfjorden

For å kompensere for manglende data på saltholdighet, ble Gullmarsfjorden delt inn i fire deler

1. kilområdene (rødt område)
2. indre fjord (grønt område)
3. midtre fjord (blått område)
4. ytre fjord (lille område)



13.4 Vedlegg 4. Formel for modellering av vindeksponering

Formel for beregning av eksponeringsgrad, E, basert på Oug & al. (1985). Metoden inkluderer strekningen vinden har å bygge opp bølger på ("fetch"), samt vindens styrke, frekvens og retning. Beregningene gjøres for hver himmelretning. Vi opererer med 12 himmelretning, som igjen består av 3 sektorer av 10°. Vi har altså totalt 36 sektorer av 10°. Totaleksponeringen er gitt som summen av eksponering på ulike skala: lokal, fjord og hav. I totaleksponeringsindeksen er hav vektlagt 10 ganger mer enn fjord, og fjord 10 ganger mer enn lokal eksponering. For mer detaljer, se Rinde & al. 2004.

$E = (E\text{-lokal} + 10 \cdot E\text{-fjord} + 100 \cdot E\text{-hav}) / 10$, der

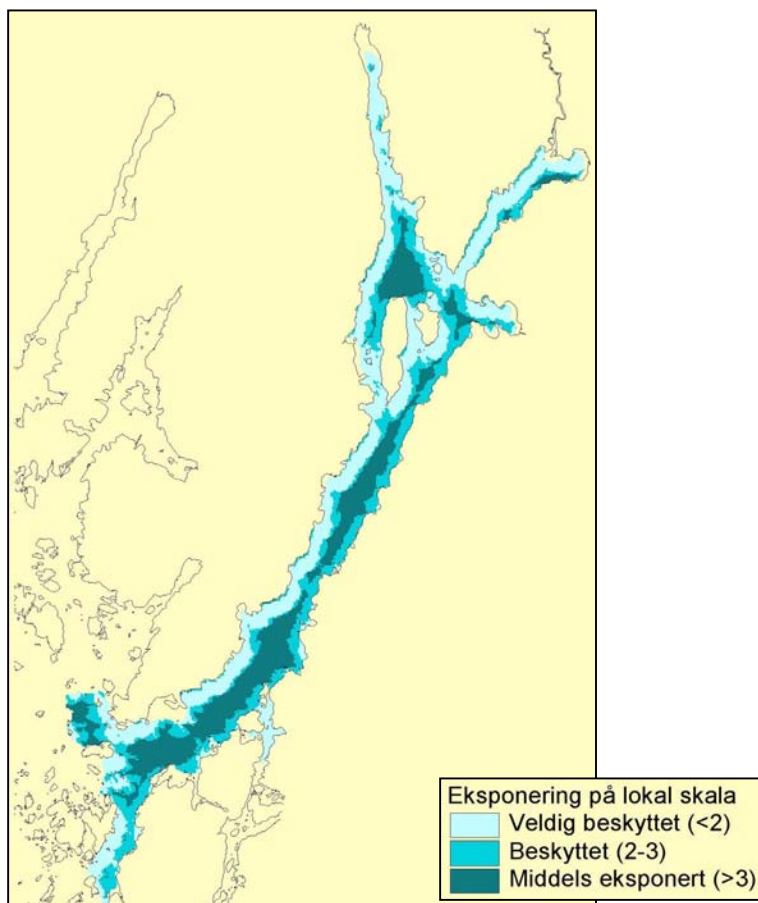
- E-lokal er E-verdi for lokal påvirkning, dvs radius lik 500 m
- E-fjord er E-verdi for fjordpåvirkning, dvs radius lik 7,5 km
- E-hav er E-verdi for havpåvirkning, dvs radius lik 100 km

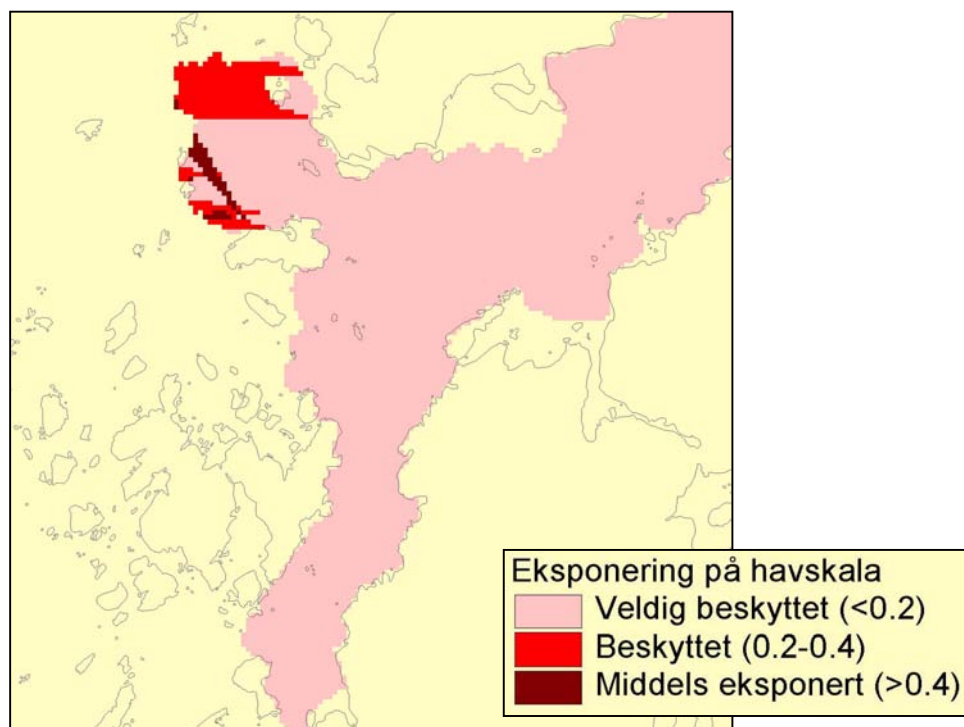
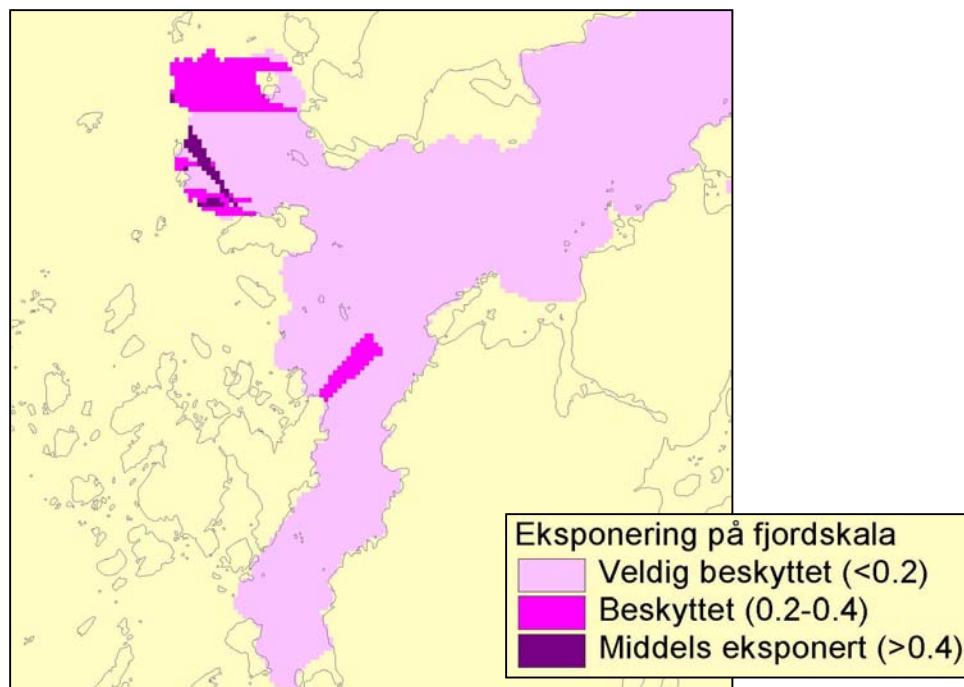
For hver av de tre skalaene er E beregnet etter formelen:

$E = V_1 \cdot S_1 + V_2 \cdot S_2 + \dots + V_N \cdot S_N \dots + V_{12} \cdot S_{12}$, der

- VN er vindmengden i himmelretning N (= relativ frekvens * gjennomsnittlig vindstyrke (m/s) i N'te himmelretning). Hver himmelretning består av 3 sektorer á 10°
- Relativ vindfrekvens = hvor stor prosentdel av året vindretningen kommer i hver og en av de 12 ulike himmelretningene (når man summerer alle 12 retningene skal man da havne på 100 %).
- SN er antall åpne 10° sektorer for himmelretning N

Figurene nedenfor viser eksponering på lokalt nivå, fjordnivå og havnivå. For fjord- og haveksponering viser vi bare områdene ute ved terskelen, da alle de indre områdene modelleres til veldig beskyttet.







LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

www.o.lst.se

