

Modellering av utvalgte marine naturtyper og EUNIS-klasser

To delprosjekter under det nasjonale programmet for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold

Eli Rinde

Svein-Erik Sloreid

Vegar Bakkestuen

Trine Bekkby

Lars Erikstad

Oddvar Longva*



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

NINA Norsk institutt for naturforskning

Modellering av utvalgte marine naturtyper og EUNIS-klasser

To delprosjekter under det nasjonale programmet for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold

Eli Rinde*

Svein-Erik Sloreid*

Vegar Bakkestuen*

Trine Bekkby*

Lars Erikstad*

Oddvar Longva**

*NINA

** NGU

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utrednings-prosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

NINA Temahefte

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Rinde, E., Storeid, S.-E., Bakkestuen, V., Bekkby, T., Erikstad, L. & Longva, O. 2004. Modellering 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.

Trondheim, mars 2004

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-1428-8

Rettighetshaver ©:
Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Eli Rinde
NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:
Erik Framstad
NINA

Kopiering: Norservice


Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA
Tungasletta 2
N-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01
<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 15205

Ansvarlig signatur:



Forskningsdirektør

Oppdragsgiver:

Fiskeridirektoratet

Referat

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.

Det vil være et meget omfattende og kostbart arbeid å kartlegge alle marine naturtyper i norske kystfarvann. Et av målene til det nasjonale programmet for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold er derfor å utvikle metoder for å finne hvor de aktuelle naturtypene kan forekomme. Arbeidet som presenteres her, er basert på to delprosjekter i programmet, der målet var å utvikle GIS-modeller for å identifisere potensielle områder med naturtypene tareskog, ålegras og skjellsand, og potensiell utbredelse av habitatklasser definert i habitatklassifiseringssystemet "European Nature Information System" (EUNIS).

Vi valgte de to sørlige områdene i pilotkartleggingen 2003 i det nasjonale programmet som modellområder (tre kommuner i Aust-Agder og fem kommuner i Hordaland). I tillegg ble et område i Møre og Romsdal tilknyttet et forskningsrådsfinansiert prosjekt ("MarModell") også benyttet. MarModell-prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom NINA, NGU og Center for Ecology and Hydrology, CEH, og fokuserer på mulighetene for å modellere EUNIS-klasser på ulike skalanivåer i det valgte kystområdet.

Modellene som ble utviklet, er basert på kunnskap om hvilke ikke-biologiske faktorer (som dyp, skråning, forsenkning, terreng-uro, vindeksponering) som påvirker naturtypenes utbredelse. Dette er faktorer som relativt enkelt lar seg registrere og kartfeste. Grenseverdiene for de ulike faktorene i forhold til den enkelte naturtype/habitat ble bestemt gjennom feltarbeidet tilknyttet det nasjonale programmet og MarModell. Substrattype er en nøkkelfaktor i EUNIS systemet som det finnes lite georeferert informasjon om ved norskekysten, men som det kan være mulig å modellere gjennom kombinasjoner av ulike terrengattributter og eksponeringsverdier.

Arbeidet har vist at det er mulig å modellere seg fram til tilstedeværelse av EUNIS-klasser på et høyt hierarkisk nivå i klassifiseringssystemet. Men vi mener det er behov for å inkludere tykk morenebunn som en tredje substrattype i tillegg til hardbunn og bløtbunn for at systemet skal kunne implementeres for norske kystområder. De utvalgte naturtypene er velegnet for modellering basert på tilgjengelige datakilder (digital dybdemodell, vindstatistikk fra Meteorologisk institutt) og NINAs GIS-implementering av beregning av eksponeringsgrad.

Vi konkluderer at modellene kan brukes til å stedfeste forekomst av de tre naturtypene med rimelig god sikkerhet på basis av data som allerede foreligger. Tilsvarende modeller bør også utvikles for andre marine naturtyper som kommunene er anbefalt å kartlegge. Denne type modeller vil særlig være viktige for naturtyper som krever omfattende feltinnsats for registrering, og modellerte forekomster bør inngå i startpakkene fra Fylkesmennene til kommunene for å oppnå målet om en kostnadseffektiv kartlegging av marint biologisk mangfold.

Emneord: GIS terrengmodellering - marine naturtyper - habitater - tareskog - ålegras - skjellsand – EUNIS - eksponeringsgrad

Eli Rinde, Svein-Erik Storeid, Vegar Bakkestuen, Trine Bekkby, Lars Erikstad
Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo
eli.rinde@nina.no, svein.storeid@nina.no, vegar.bakkestuen@nina.no, trine.bekkby@nina.no,
lars.erikstad@nina.no,

Oddvar Longva, NGU, 7491 Trondheim, Norway
oddvar.longva@ngu.no

Abstract

Rinde, E., Storeid, S.-E., Bakkestuen, V., Bekkby, T., Erikstad, L. & Longva, O. 2004. Modelling of some selected marine nature types and EUNIS classes. Two projects within the national programme for mapping and monitoring of biological diversity. - NINA Oppdragsmelding 807. 33 pp.

Mapping marine nature types in Norwegian coastal waters will be demanding and costly. One of the aims of the national programme for mapping and monitoring of marine biological diversity is therefore to develop methods to identify locations with probable occurrence of the actual nature types. The work presented here is based on two sub-projects within the programme, with the aim to develop GIS models to identify locations for the nature types kelp forest, sea grass, and shell sand, and the likely distribution of habitat classes defined within the habitat classification system of European Nature Information System (EUNIS).

We selected the two most southern areas in the pilot mapping of 2003 within the national programme as model areas (three municipalities within the county Aust-Agder, and five municipalities within the county Hordaland). In addition we included an area in the county Møre and Romsdal which is used as a study area in a project (MarModell) supported by the Norwegian Research Council. MarModell is based on co-operation between NINA, NGU and Center for Ecology and Hydrology, CEH, and focuses on the possibilities to model EUNIS classes at different scale levels in the chosen area.

The developed models are based on knowledge of the non-biological factors (as depth, slope, concavity/convexity, terrain ruggedness and wind exposure) which affect the distribution of the different nature types. These are factors that are relatively easy to register and map. The parameter values of the different factors with regard to each naturtype/habitat were determined in the field in both the pilot mapping of 2003 and in MarModell. Substrate is a key factor in the EUNIS system for which we lack georeferenced information from Norwegian coastal waters, but which may be possible to model through a combination of different terrain attributes and exposure values

The present work shows that it is possible to model the distribution of EUNIS habitat classes at a high hierarchical level in the system. However, in order to implement this habitat-classification system to Norwegian waters, we find it necessary to include continuous till cover as a third substrate in addition to rock and sediment. The selected nature types are well suited for modelling based on existing data sources (digital depth model, wind statistics from the Norwegian Meteorological Institute) and NINA's GIS implemented calculations of exposure.

We conclude that these models may be used to map the probable occurrence of the three nature types with reasonable confidence based on available data. Similar models should be developed for other nature types which the municipalities are recommended to map. This kind of model will be especially important for nature types which otherwise require extensive field effort to register, and modelled areas should be included in the guiding materials offered to the municipalities from the managing authorities in order to achieve cost effective mapping of marine biological diversity.

Key words: GIS terrain modelling - marine ecosystems - habitats - kelp forest - seagrass - shell sand - EUNIS - degree of exposure

Eli Rinde, Svein-Erik Storeid, Vegar Bakkestuen, Trine Bekkby, Lars Erikstad
NINA, PO box 736 Sentrum, NO-0105 Oslo, Norway
eli.rinde@nina.no, svein.storeid@nina.no, vegar.bakkestuen@nina.no, trine.bekkby@nina.no,
lars.erikstad@nina.no,

Oddvar Longva, NGU, 7491 Trondheim, Norway
oddvar.longva@ngu.no

Forord

Arbeidet som er presentert i denne rapporten er basert på to del-prosjekter i den marine delen av det nasjonale programmet om kartlegging og overvåking av biologisk mangfold, 2003. Prosjektene er finansiert av Fiskeridirektoratet.

Kriteriene som er benyttet til å modellere utbredelsen av naturtypene tareskog og ålegras er hovedsakelig basert på feltarbeidet som ble utført i forbindelse med kartleggingsarbeidet i de utvalgte pilot-kommunene i Hordaland og Aust-Agder under det samme programmet. Feltarbeidet i Hordaland og Aust-Agder ble ledet av henholdsvis Inge Døskeland (NIVA) og Jan Atle Knutsen (HI). I tillegg har vi benyttet oss av observasjoner og erfaringer i løpet av feltarbeidet i Sandøy kommune utført under MarModell-prosjektet som er finansiert av Norges forskningsråd, NINA og NGU. Skjellsandkriteriene er foruten feltarbeidet i Hordaland-piloten, basert på data fra NGUs tidligere registreringer, samt på generell informasjon fra Veslemøy Eriksen, Rogalandsforskning.

Vi takker Havforskningsinstituttet (Jan Atle Knutsen, Øystein Paulsen og Petter Baardsen, samt mannskapet på G.M. Dannevig), Norsk institutt for vannforskning (Inge Døskeland), Rogalandsforskning (Veslemøy Eriksen) og vår kollega Hartvig Christie (NINA) for godt samarbeid i forbindelse med feltarbeidet som ble utført sommeren 2003.

Dessuten vil vi takke Meteorologisk institutt for vinddata til beregningen av eksponeringsgrad.

Oslo, mars 2004

Eli Rinde
Prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord	5
Innhold.....	6
1 Innledning.....	7
2 Metoder	9
2.1 Modellområder og valg av kriterier.....	9
2.2 Terrengmodellering	9
2.2.1 Skråning.....	10
2.2.2 Forsenkning / forhøyning.....	10
2.2.3 Uro-indekser	11
2.3 Modellering av eksponering	11
2.4 Modellering av EUNIS-klasser	12
2.4.1 Valg av nivå og klasser i EUNIS-systemet	12
2.4.2 Vertikal sonering	13
2.4.3 Substrat	13
3 Resultater	15
3.1 Modellerte EUNIS-klasser.....	15
3.2 Modellerte naturtyper	18
3.2.1 Ålegras.....	18
3.2.2 Tareskog.....	21
3.2.3 Skjellsand	22
3.3 Sannsynlige områder med tykk morenebunn	23
4 Diskusjon.....	26
4.1 Habitatklassifisering etter EUNIS-systemet	26
4.2 Modellering av marine naturtyper	27
4.3 Marine naturtyper i forhold til EUNIS og EUs vannrammedirektiv	27
5 Konklusjon og anbefalinger for videre arbeid.....	29
6 Litteratur	32

1 Innledning

For å følge opp Rio-konvensjonen om biologisk mangfold har myndighetene etablert et nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold, der også kystsonen er inkludert. Programperioden er 2003-2006. Et av målene til programmet er å legge forholdene til rette for en kommunal kartlegging av det biologiske mangfoldet både på land og i sjø. Fokuset for den marine kartleggingen er på stedfesting av naturtyper som vurderes som kjerneområder for biologisk mangfold. Men utgangspunktet for den marine kartleggingen er svært dårlig i forhold til den på land. Det er få marine områder som er kartlagt, og det vil være kostnadskrevende å detaljkartlegge landets store sjøareal for å identifisere utbredelsen til de antatt viktigste naturtypene. Utvikling av kostnadseffektive metoder for kartleggingen er derfor sentralt i den marine delen av programmet.

Det ble bestemt at startåret 2003 skulle være et utprøvningsår med studier i utvalgte pilotområder med mål om å standardisere metodikk og veiledningsmateriale til kommunene (startpakker). Det ble valgt ut tre pilotområder, et i hvert av fylkene Aust-Agder, Hordaland og Finnmark, bestående av en gruppe kystkommuner i hvert fylke. De tre pilotområdene representerer tre ulike biogeografiske regioner (Moy et al. 2003), områdene varierer med hensyn til etablert kunnskap om de marine naturtypene, og det er ulikt press på kystsonen i hvert av områdene (utbygging i sør, oppdrett i vest, og oljevirkosomhet i nord). I hver pilot skulle kommunene i samarbeid med fylkeskommunen, fiskerikontor, og fagekspertter finne ut om metodene som var gitt i DNs marine veileder (Håndbok 19, 2001) var gode nok, og i hvilken grad kommunene selv var i stand til å utføre kartleggingen. Samtidig skulle en gruppe fagekspertter utvikle nye metoder for naturtyper som manglet i den opprinnelige veilederen (bl.a. ålegras), men som en ønsket å inkludere i den oppdaterte versjonen.

En av de kostnadseffektive metodene en ønsket å undersøke var bruk av modellering til å identifisere potensielle områder for naturtypene, og at kommunene kan ta utgangspunkt i de modellerte forekomstene ved planlegging og koordinering av feltinnsatsen knyttet til kartleggingen av de ulike naturtypene. NINA utformet to delprosjekter innen programmet knyttet til utvikling av modellering som verktøy. Det ene prosjektet fokuserte på å utvikle spesifikke modeller for tre av de marine naturtypene som kommunene er anbefalt å kartlegge (ålegras, tareskog og skjellsand). Målet til det andre prosjektet var å utvikle metoder for å modellere habitatklasser på et fysisk overordnet nivå i henhold til et etablert habitatklassifiseringssystem ("European Nature Information System", forkortet EUNIS). For begge prosjektene var det et mål å finne ut i hvilken grad modellering er mulig å anvende for hele norskekysten, og å etablere holdbare kriterier for noen utvalgte regioner.

Modellene som ble utviklet er basert på kunnskap om hvilke ikke-biologiske faktorer (som dyp, skråning, forsenkning, terreng-uro, vindeksponering) som bidrar til naturtypene og de fysiske habitatenes utbredelse. Ved å kombinere disse faktorene i et digitalt kartanalyse-system (GIS, "geographical information system") med hensyn til de ulike naturtypenes krav, vil en kunne peke ut potensielle områder for hver av naturtypene i digitale kart.

For å avgrense prosjektet om modellering av de utvalgte marine naturtypene, ble målet spesifisert til å utvikle modeller for å peke ut potensielle områder med:

- tareskog i Sør- og Midt-Norge
- ålegras i Sør-Norge
- skjellsand i Midt-Norge

Målet til EUNIS-prosjektet var å:

- utvikle en metode for å klassifisere marine habitater i henhold til EUNIS-systemet på et høyt hierarkisk nivå (dvs nivå 2 for bløtbunn/mobilt sediment og nivå 3 for hardbunn/ikke-mobilt sediment), og å identifisere mulige begrensninger og grad av usikkerhet knyttet til modelleringen av de ulike klassene. Det var også et mål å få klassifisert flest mulig områder med hensyn til de valgte EUNIS-klassene innen den gitte økonomiske rammen.

EUNIS er et informasjonssystem utviklet av "European Environmental Agency" (EEA) som blant annet inneholder et klassifiseringssystem for marine habitater/naturtyper (Davies & Moss 2003). Systemet tar opp i seg flere andre klassifiseringssystemer, og er i ferd med å bli etablert i europeisk naturforvaltning (mer info på internettadressen: <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html>). Systemet er bygd opp hierarkisk slik at brukere, som forvaltere og forskere, kan velge hvilket detaljeringsnivå / skala en ønsker å vurdere habitatene ut fra, for eksempel i forhold til EUs vannrammedirektiv eller nasjonal plan for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold.

De øverste nivåene i den marine delen av EUNIS er basert på substrat, vertikal gradient / sonering og eksponeringsgrad (eksplisitt for hardbunn, og implisitt gjennom kornstørrelse for bløtbunn). Ved å bruke dette systemet er det mulig å identifisere hvilke parametere som bidrar til naturtypenes utbredelse. Systemet gir en struktur for å foreta økologiske undersøkelser, og gjør det mulig å identifisere ulike naturtyper innen et område.

Utviklingen av metodene og modellene i prosjektet har blitt til gjennom å kombinere NINAs tverrfaglige kompetanse innen landskapsøkologi, marinøkologi og geomorfologi, vår programmeringskompetanse, NGUs geologiske kompetanse, og kriteriene for naturtypene som ble fastslått gjennom feltarbeidene nevnt over. I tillegg har vi hatt arbeidsmøter med deltagere fra HI og NIVA, der vi er blitt enige om parameterverdiene for inndelingen av eksponeringsgrad i tre nivåer. Eksponeringsgrad er en nøkkelfaktor for utbredelsen av marine naturtyper, og utviklingen av eksponeringsmodellen har vært en grunnpilar i disse prosjektene.

2 Metoder

Det er komplisert, tidkrevende og dyrt å kartlegge marine naturtyper på en så presis måte at resultatene kan brukes i natur- og ressursforvaltning. Dette gjør at vi ikke har oversikt over de marine naturtypene og forekomst av arter på samme måte som på land. NINA har derfor etablert digital terrengmodellering som en del av arbeidet med kartlegging og overvåking av marine naturtyper og for typifisering i henhold til EUs vannrammedirektiv. Prosedyren går ut på å utvikle habitatmodeller basert på ikke-biologiske faktorer (som dyp, terreng, eksponeringsgrad), som enten kan utledes av digitale høyde-/dybdemodeller eller som det finnes landsdekkende data for. Målet for arbeidet var å komme fram til holdbare og etterprøvbare kriterier og en prosedyre for naturtypeklassifiseringen som på sikt kan anvendes for hele norskekysten etter hvert som digitale sjøkart vil bli tilgjengelige for hele Norge.

2.1 Modellområder og valg av kriterier

Kriteriene, dvs grenseverdiene for de ulike fysiske faktorene som er avgjørende for utbredelsen til de ulike naturtypene og EUNIS-klassene, ble bestemt gjennom:

- feltarbeidet som ble utført i pilotområdene i forbindelse med det nasjonale programmet (Aust-Agder: Tvedestrand, Risør og Arendal, Hordaland: Fedje, Austrheim, Meland, Radøy og Lindås, Finnmark: Hammerfest, Kvalsund, Måsøy, Hasvik)
- feltarbeidet utført i Møre og Romsdal (deler av kommunene Aukra, Misund, Sandøy og Haram) innen forskningsrådsprosjektet MarModell (et prosjekt ledet av NINA, som inkluderer samarbeid med Norges geologiske undersøkelse, NGU, og Center for Ecology and Hydrology, CEH)

I tillegg ble det tatt hensyn til allerede etablert kunnskap om sammenhengen mellom fysiske faktorer og de ulike naturtypers utbredelse.

Modellområdene for naturtypemodellene var

- taeskog: pilotområdet i Aust-Agder og Hordaland
- ålegras: pilotområdet i Aust-Agder
- skjellsand: pilotområdet i Hordaland

Modellområdene for EUNIS-modelleringen var pilotområdene i Aust-Agder og Hordaland samt MarModell-området i Møre og Romsdal.

2.2 Terrengmodellering

Digital terrengmodellering er basert på bruk av digitale dybdemodeller. En digital dybdemodell kan sees på som et rutenett over et område med anslått dybde i hver rute for det området ruten representerer (Burrough 1986). Størrelsen på rutene gir skalaen til dybdemodellen. Dybdemodeller utvikles ved å beregne gjennomsnittlige verdier for de ulike rutene ved å interpolere dybdeverdier over et gitt område fra målte dybdeverdier. Det finnes mange ulike interpoleringsmetoder og programmer for å utvikle dybdemodeller. For pilotområdene i Aust-Agder og Hordaland har vi beregnet dybdemodeller basert på rådata fra Kartverket ved bruk av programmet Surfer (versjon 6.0, Keckler 1996), og med "krieking" som interpoleringsmetode (Krige 1967). For MarModell-området er kartverkets 50 m dybdemodell benyttet. For å etablere det digitale kartanalysesystemet brukte vi programmet ArcView versjon 3.1 (ESRI 1996).

Digital terrengmodellering er ofte anvendt for landområder (se f. eks. Bakkestuen & Erikstad 2002, Erikstad 2002, Erikstad & Bakkestuen 2002, Erikstad & Bakkestuen 2001, og Erikstad et al. 2002), og er i senere tid også utført for sjøområder (se Bekkby 2002, Bekkby 2003, Bekkby & Erikstad 2002, Bekkby et al. 2002, Erikstad et al. 2002). De digitale dybdemodellene danner grunnlaget for beregninger av terrengegenskaper som skråning, forsenkning / forhøyning og

uro. Dybdemodellen danner utgangspunktet for identifisering av de ulike dybdeintervallene til de ulike naturtypene og EUNIS-klassene.

Kartverkets 50x50 m datasett vil danne et viktig grunnlag for alt GIS-arbeid tilknyttet kystsonen i framtiden, og skalanivået 50x50 m vil bli sentralt. Dette skalanivået er derfor valgt som standard for de to prosjektene. Skalaen har betydning for hvor små lokaliteter av en naturtype som kan modelleres. Dessuten har skalaen betydning for hva de ulike terrengattributtene egentlig innebærer for landskapet og naturtypen. En forsenkning på 1x1 km har en annen betydning for landskapsprosesser og økologiske prosesser enn en forsenkning på 100x100m. Dette innebærer at en naturtypemodell utviklet på en gitt skala ikke nødvendigvis kan overføres til en annen skala.

Fordelen med den valgte skalaen er at vi utvikler metoder som kan anvendes nasjonalt på det samme datasettet etter hvert som kartverkets dybdemodell blir oppdatert både med hensyn til dekningsgrad (skal dekke nåværende huller) og kvalitet (modellen blir oppdatert gjennom inkludering av nye, flere og bedre dybde-data). Kartverkets dybdemodell er per i dag ikke fullstendig for hele norskekysten, blant annet er det store mangler nord for Helgelandskysten. Kartverket har anslått 2006 som en endelig frist for en landsdekkende kartlegging av norske kystområder.

En ulempe ved det relativt grove skalanivået er at noen naturtyper forekommer i så små områder og/eller innenfor et så smalt dybdeintervall (for eksempel ålegrasenger), at en vil trenge en høyere oppløsning på dybdemodellen enn 50x50 m for å kunne modellere disse på en tilfredsstillende måte.

2.2.1 Skråning

I dagens GIS-systemer er mange relevante algoritmer gjort til standard prosedyrer. Dette gir mange muligheter for terrenganalyse. En av de enkleste er å bruke dybdemodellen til å lage et skråningskart, og på den måten få et geografisk bilde av terrengformene. Skråning er i denne sammenheng første derivert av høyde-/dybdemodellen. Skråning vil til en viss grad indikere bunnsubstrat, da man f. eks. sjelden finner bløtbunn i bratte skråninger. Naturtypers utbredelse, som f. eks. ålegrasenger, som kun vokser på relativt slak bløtbunn, vil dermed være bestemt også av skråningsforholdene. Den maksimale skråningsvinkelen for ålegrasenger i Sør-Norge ble anslått på feltarbeidet i Aust-Agder piloten (se kap 3.2.1).

Til å beregne terrengets skråningsvinkel har vi brukt ArcViews "slope"-kommando på dybdemodellen. Dette gir maksimumsraten for endring i en dybdeverdi fra hver rute i forhold til naborutene (3x3 ruter, dvs 150x150 meter). Skråningsverdiene ligger mellom 0 og 90 grader.

2.2.2 Forsenkning / forhøyning

Algoritmen for å identifisere forsenkninger og forhøyninger tar utgangspunkt i at en rute med dybdeverdi lavere enn middelverdien for rutene rundt indikerer en forsenkning, mens en rute med dybdeverdi høyere enn middelverdien for rutene rundt indikerer en forhøyning.

Forsenkning/forhøyning vil indikere ulike ting avhengig av hvilken skala en bruker i beregningen. Vi har valgt å regne ut middeldypet for 1x1 km, som er en relativt grov skala. På denne skalaen vil forsenkning og forhøyning kunne fungere som en indikator på strømforhold, siden modellen vil framheve de grove terrengformene som også har innflytelse på strømmer. Vi definerte forsenkning som dypere enn 1 m i forhold til middeldypet og forhøyning som grunnere enn 1 m i forhold til middeldypet.

2.2.3 Uro-indekser

Vi ønsket å undersøke mulighetene for å bruke den digitale dybdemodellen som grunnlag for å modellere fordelingen mellom løsmasser og fast fjell. Utgangspunktet er at bunntopografien normalt vil være jevnere i områder med løsmasser enn i områder som domineres av fast fjell. Måling av terrengets ujevnhet med bakgrunn i digitale høyde-/dybdemodeller er beskrevet i litteraturen over de siste 30 år innenfor fagfeltet geomorfometri (Evans 1990).

Vi har tidligere nevnt at den enkleste måten å få et bilde av terrengformene på er å se på et skråningskart, dvs den førstederiverte av høyde-/dybdemodellen. Andrederiverte kalles kurvatur og sier noe om hvor fort skråningen endrer seg. Kurvatur kan regnes ut i to komponenter, profilkurvatur og plankurvatur. Profilkurvaturen sier noe om endringen av graden av skråning, mens plankurvaturen uttrykker noe om endringene i orienteringen av skråningsretningene. Den siste vil uttrykke seg i et ordinært kart ved om kotene er jevne eller krøllete, mens den første vil uttrykke endringer på tvers av kotene i hvor tett kotene ligger i forhold til hverandre. Begge målene vil ha verdier som kan være negative eller positive avhengig av om endringen er konveks eller konkav. Uro kan også defineres ut fra høydevariasjonen innen et gitt naboskapsområdet.

Med utgangspunkt i prinsippene nevnt over har vi vurdert tre ulike mål (indekser) for terrenguro:

- Standardavvik av skråning
- Summen av tallverdien av plankurvaturen
- TRI ("Terrain Ruggedness Index") definert som kvadratroten til summen av de kvadrerte høydeforskjellene mellom en rute og samtlige av dens naboruter (Blaszczynski 2003).

Til beregning av TRI-indeksen er det benyttet en algoritme som tilegner hver rute informasjon fra et naboskapsområde med størrelse 3x3 ruter (150x150 meter). De to andre indeksene kan regnes ut i valgfri naboskapsstørrelse. Vi har valgt 3x3 ruter for uro-indeksen som er basert på skråning, og 10x10 ruter (500x500 meter) for plankurvatur-indeksen. Den grove oppløsningen for plankurvatur-indeksen ble valgt for å redusere innflytelsen av tilfeldig variasjon i høydedataene.

De ulike målene har ulikt utsagnsinhold. Alle reagerer på terrengvariasjon, men plankurvaturen er i større grad enn de andre to uavhengig av selve skråningen og reagerer først når skråningen selv blir ujevn. På den annen side er denne indeksen relativt utsatt for usikkerhet ("støy") i datasettet. Standardavviket av skråning vil i en slik situasjon ha en tendens til å reagere på start- og slutt punktet i skråningen, mens den jevne skråningsflaten ikke blir markert. TRI reagerer sterkt på lange og jevne skråninger så vel som småkupert terreng.

2.3 Modellering av eksponering

Eksponeringsgrad er en av hovedfaktorene som bestemmer hvilke marine naturtyper et område kan ha, og GIS-implementeringen av en eksponeringsmodell er en grunnpilar i dette arbeidet. Eksponeringsgrad kan modelleres enkelt ved hjelp av en "viewshed" analyse (se for eksempel Bekkby et al 2002), eller ved mer avanserte modeller basert på bølge-dynamikk (kan inkludere bølger refraksjon, strømindusert refraksjon, dybde- og helningsindusert bølgebryting, diffraksjon, bølge-bølgeinteraksjon med mer). NINA har tatt i bruk en algoritme basert på formelen i Oug et al. (1985), for å beregne grad av eksponering, og utviklet denne slik at eksponeringen kan framstilles geografisk over store områder. Denne metoden for å beregne eksponeringsgrad inngår for øvrig i Norsk Standard for vannundersøkelser, NS 9424 ("Retningslinjer for marinbiologiske undersøkelser på litoral og sublitoral hardbunn"). Metoden inkluderer strekningen vinden har å bygge opp bølger på ("fetch"), samt vindens styrke, frekvens og retning. 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 **Boks 1**. Vi mener denne metoden inkluderer de viktigste faktorene for å bestemme en grov inndeling av eksponeringsgrad langs norskekysten i de tre hovedkategoriene på nivå 3 i EUNIS systemet (eksponert / høy energi, middels eksponert / middels energi, beskyttet / lav energi), og alternativt de 6 kategoriene som er omtalt i EUs vannrammedirektiv.

Boks 1. Formel for beregning av eksponeringsgrad, E. Basert på Oug et al. (1985).

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

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:

$$E = V1 \cdot S1 + V2 \cdot S2 + \dots + VN \cdot SN \dots + V12 \cdot S12,$$

Der VN er vindmengden i himmelretning N, og SN er antall åpne 10° sektorer for himmelretning N. Hver himmelretning består av 3 sektorer á 10°.

VN = relativ frekvens * gjennomsnittlig vindstyrke (m/s) i N'te himmelretning

Basert på eksponeringsverdiene for pilotområdet i Aust-Agder og MarModell-området i Møre og Romsdal, ble vi på et arbeidsmøte med Jan Atle Knutsen, Øystein Paulsen (HI) og Inge Døskeland (NIVA) enige om følgende grenseverdier for tre nivåer av eksponeringsgrad.

- Eksponerte lokaliteter (høy energi områder): totaleksponering > 20
- Middels eksponerte lokaliteter (middels energi områder): 3 < totaleksponering < 20
- Beskyttede lokaliteter (lav energi områder): totaleksponering < 3

Basert på informasjon fra lokalkjente har de valgte verdiene senere vist seg å fungere bra også for pilotområdet i Hordaland.

2.4 Modellering av EUNIS-klasser

2.4.1 Valg av nivå og klasser i EUNIS-systemet

I samsvar med prosjektbeskrivelsen valgte vi å fokusere på bunnsstrater og har dermed kuttet ut naturtyper i pelagialen. Tilsvarende er de dype havområdene ("deep-sea beds"), isolerte oseaniske trekk i dyp-områdene og is-assosierte marine naturtyper, utelatt, siden disse er mindre relevante for kystområdene til fastlands-Norge. Kystområdene regnes som de mest sentrale i forhold til vannrammedirektivet og for det nåværende stadium i den nasjonale planen for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold.

På nivå 1 i EUNIS-systemet blir marint miljø skilt ut i forhold til kyst (inkluderer kun landområder), myr osv. Vertikal sonering er hovedfaktoren på nivå 2 (inkluderer litoral og sublitoral sone for både bløtbunn og hardbunn/ikke-mobilt sediment). Dette nivået inkluderer også de naturtypene vi har valgt å holde utenfor: de dype havområdene ("deep-sea beds"), isolerte oseaniske trekk i dypområdene, pelagialen og is-assosierte marine naturtyper.

På nivå 3 er hardbunn/ikke-mobilt sediment delt inn etter eksponering fra vind, strømmer og tidevann med hhv tre kategorier (**Tabell 1**). Bløtbunn er på nivå 3 delt inn i kategorier etter kornstørrelse, men pga usikkerheten som er knyttet til muligheten for å modellere seg fram til de ulike bløtbunnsklassene med utgangspunkt i eksisterende data, fokuserer vi for bløtbunn på nivå 2.

Tabell 1. *Klassifisering av bunntyper i EUNIS-systemet på nivå 3 for hardbunn og nivå 2 for bløtbunn. Litoralsonen er tidevannssonen, infralitoral er grunn subtidevannssone og inkluderer tarebeltet øverst og rødalgeforekomster nederst, circalitoral er dyp subtidevannssone. - Bottom habitats of the EUNIS classification system at level 3 for hard bottom areas and level 2 for soft bottom areas. The littoral zone is equivalent to the tidal zone. The infra littoral zone equals the sub tidal zone and it is ranging from kelp to red algae area. The circa littoral zone is the deep sub tidal zone.*

Substrat	Hardbunn/ikke mobilt sediment (R)			Bløtbunn (S)
Vertikal sonering	Ekspontert (E)	Middels eksponert (M)	Beskyttet (S)	
Litoral (L)	ELR	MLR	SLR	LS
Infralitoral (I)	EIR (Stortare)	MIR (Stortare)	SIR	IS (Ålegras)
Circalitoral (C)	ECR	MCR	SCR	CS

2.4.2 Vertikal sonering

Vertikal sonering er som vist i tabellen over, en av EUNIS-systemets nøkkelfaktorer på høyt hierarkisk nivå. De tre hovedsonene er:

- Litoralsonen: inkluderer tidevannssonen
- Infralitoral: er den grunne subtidevannssonen og inkluderer tarebeltet øverst og rødalgeforekomster nederst
- Circalitoral: er den dype subtidevannssonen

Når en skal bestemme dybden på et gitt sted i havet må en vite hvilket nivå som danner nullnivået. Dette nivået kalles sjøkartnullen i Kartverket, og er definert som litt dypere enn LAT ("laveste astronomiske tidevann") sør for Utsira, mens den faller sammen med LAT nord for Utsira. Kystlinjen er definert som middels tidevannsnivå. Dette betyr at tidevannssonen ligger mellom sjøkartnullen og kystkonturlinjen på kartverkets dybdemodell, og at dyp dypere enn 0 m tilhører subtidevannssonen. Det må tas hensyn til dette ved modellering av dybdeutbredelsen til de ulike naturtypene.

2.4.3 Substrat

Substrat er en sentral faktor for utbredelsen av marine naturtyper. Dette gjenspeiles i at faktoren finnes på et så høyt nivå i EUNIS-systemet. Substrattypen er dermed en nøkkelfaktor for EUNIS-inndelingen, og tilgangen til nødvendige data for å kunne identifisere forekomst av de to substrattypene vil være avgjørende for i hvilken grad det er mulig å modellere de valgte EUNIS-klassene for hele norskekysten.

De viktigste fysiske faktorene for substrattypen er eksponering (vind, strøm og tidevann), terrengets struktur (skråning, himmelretning, kurvatur) og geologi (særlig knyttet til løsmassefordelingen). Terrengets struktur kan som nevnt over avledes av høydemodeller. Eksponeringsgrad kan vi modellere ut fra vindstatistikk og GIS-analyser av dybdemodeller (jf kap 2.3). Informasjon om geologiske forhold finnes i kvartærgeologiske kart for enkelte kystområder.

Definering og identifisering av substrattyper

I EUNIS skiller man mellom hardbunn (ikke-mobilt sediment) og bløtbunn (mobilt sediment). Det kan være uproblematisk i felt å karakterisere substrattypen på en gitt lokalitet som hard-

eller bløtbunn, men å karakterisere et større areal med hensyn til disse to substrattypene kan være problematisk. Bunntypene utgjør ofte en mosaikk, og det kan være vanskelig å definere hvor stort innslag en kan ha av for eksempel bløtbunn i et område og likevel karakterisere substratet som hardbunn. I kartlegging av marine naturtyper vil det være den økologiske betydningen av innslaget av de ulike substrattypene som bør vektlegges i definisjonene.

I norske havområder er det stedvis mye morenemateriale som karakteriseres ved usortert sammensetning av leire, sand, grus, stein og blokk. Bunntypen som er karakteristisk for slike moreneområder er vekslende sand, mudder og grus med større stein og blokk som stikker opp. Steinene og steinblokkene har hardbunnskarakter, mens mudder, sand og grus mellom steinene har løsbunnskarakter. Områdene kan funksjonsmessig både defineres som bløtbunn pga det mobile sedimentet, men også som hardbunn, siden steinene innimellom sanden danner habitat for eksempel tareskog. I realiteten er dette en tett mosaikk av løsbunn og hardbunn som antagelig bør håndteres som et spesielt substrat (blandingssubstrat) ved en norsk implementering av EUNIS-systemet.

Hvis vi ser på et kvartærgeologisk kart over Norge (Thoresen 1990), ser vi at det er få steder på land med tykke moreneavsetninger. Rundt hele landet finner vi imidlertid endemorenesoner som har sammenheng med hvordan innlandsisen trakk seg tilbake og tidvis rykket fram eller sto stille under slutten av siste istid. Et av de mest kjente morenedragene er Raet som vi finner på begge sider av Oslofjorden og som fortsetter rundt hele landet opp til Kirkenes. Det er rimelig å anta at tykke moreneavsetninger på land langs kysten fortsetter ut i sjøen, og at disse områdene danner blandingsbunn som, selv om bunnen består av løsmasser, kan gi feste for tare i områder grunnere enn 30 m. I områder med tynne morenedekker vil løsmassene være vasket nedover mot dypere vann fra strandsonene og i brenningssonene avhengig av eksponeringsgrad. Vi finner derfor ofte steinbunn langs land og rundt bergknatter i grunne områder. Blandingsbunn vil være mer sjeldent og store arealer med finkornet leirbunn eller tynn sand-/ skjellsand bunn over leire vil være mer vanlig på dypere vann. Basert på disse antagelsene er det gjort en tolkning og skilt ut sannsynlige områder med tykke moreneavsetninger som potensielle områder med blandingsbunn (i taresammenheng vil det si økologisk fungerende hardbunn). Grunnlagsmaterialet for tolkingen er NGUs kvartærgeologiske kart over Norge M 1:1 mill. supplert med fylkeskart over løsmasser for fylkene Aust-Agder, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nordland og Troms. Tolkningen er generalisert og oppløsningen relativt grov.

Substratdata

Det finnes lite data for substrattype langs norskekysten. På sjøkart kan en finne noen opplysninger om bunntype, og en del av denne informasjonen er digitalisert. Men disse substratdataene er av varierende dekning og kvalitet langs norskekysten. Dataene gir lite informasjon om tilstedeværelse av fjellbunn (hardbunn i EUNIS-sammenheng). NGU har gjennomført detaljert kartlegging av sjøbunnen i enkelte områder. Data fra disse undersøkelsene kan brukes til å skille mellom hardbunn og bløtbunn, og for bløtbunn ned til nivå 3. Men denne typen data finnes kun for enkelte områder og har dermed lav dekning nasjonalt for kystområdene.

Vi har hatt tilgang til substratinformasjon fra sjøkartverket, fra NGU og til en viss grad fra HIs Olex-data. Olex er et elektronisk kartsystem med automatisk oppmåling av havbunnen (se mer på www.olex.no). Olex-dataene gir grad av hardhet på en skala fra 0 til 100%, der 0 er like bløtt som vann og 100% representerer det hardeste substratet. Hardhetsverdiene kan angi feil substrat. For eksempel vil tareskog på fjell kunne gi signaler om et bløtt substrat i stedet for hardt substrat. Dette er interessant fordi det antyder muligheten for direkte å identifisere tareskog på terrengstrukturer som opplagt er fjell over store områder ved hjelp av sidesøkende sonarer.

3 Resultater

Ved å anvende digital terrenganalyse, kombinert med modellert eksponeringsgrad har vi utviklet metoder for å kartlegge potensielle forekomster av utvalgte EUNIS-klasser og de tre marine naturtypene. Klassifiseringen er gjort for kommunene som inngår i Aust-Agder og Hordaland piloten, og for kommunene som inngår i MarModell-området i Møre og Romsdal.

I presentasjonen av resultatene fra prosjektene vil vi vise kart med eksempler på modellert forekomst av de ulike klassene og naturtypene for utvalgte områder i de to pilotområdene i Aust-Agder og Hordaland. Det foreligger dessuten digitale kartdata for hvert av områdene for alle de modellerte klassene og naturtypene.

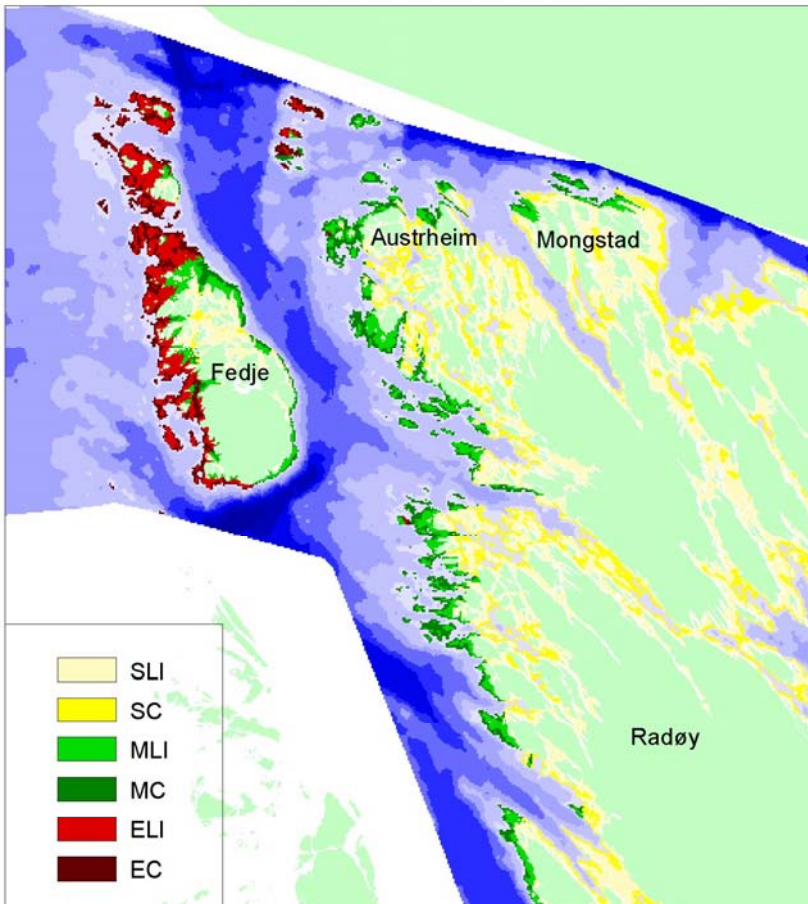
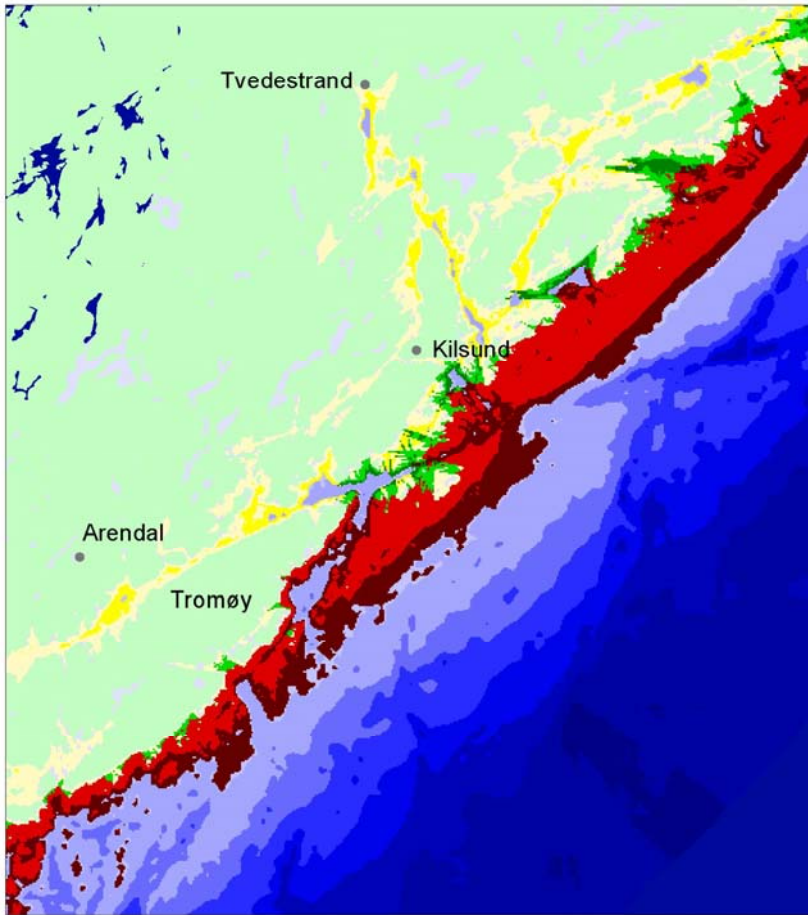
3.1 Modellerte EUNIS-klasser

På det valgte skalanivået var det lite hensiktsmessig å skille ut litoralsonen (mindre enn 1 m bred i Skagerrak-regionen, og mindre enn 2 m bred for Nordsjø-regionen) fra infralitoralsonen. De to sonene er derfor slått sammen i vår modellering av EUNIS klasser. Mangelen på substratdata medførte at vi ikke kunne skille mellom de to hovedtypene av substrat i EUNIS-systemet: hardbunn og bløtbunn. EUNIS-klassene som vi med større sikkerhet kan modellere er vist i **Tabell 2**. Sannsynlig utbredelse av disse klassene ble modellert for pilotkommunene i Hordaland og Aust-Agder, samt for MarModell-området i Møre og Romsdal, men er ikke verifisert. Eksempler på forekomsten av de ulike klassene i utvalgte områder i de to pilotområdene i Aust-Agder og Hordaland er vist i **Figur 1**.

Tabell 2. Modellerte EUNIS-klasser. Litoral- og infralitoralsonen er slått sammen. For hver eksponeringskategori og for hver vertikal sone finnes det både bløtbunn og hardbunn. - Modelled EUNIS classes. The littoral zone and the infra littoral zone are merged. For each category of exposure and each vertical zone, both soft bottom and hard bottom conditions are included.

	Eksponert (E)	Middels eksp (M)	Beskyttet (S)
Litoral / Infralit. (IL) Dybdeintervall: 0-30 m	ELI	MLI	SLI
Cirralitoral (C) Dybdeintervall: 30-50 m	EC	MC	SC

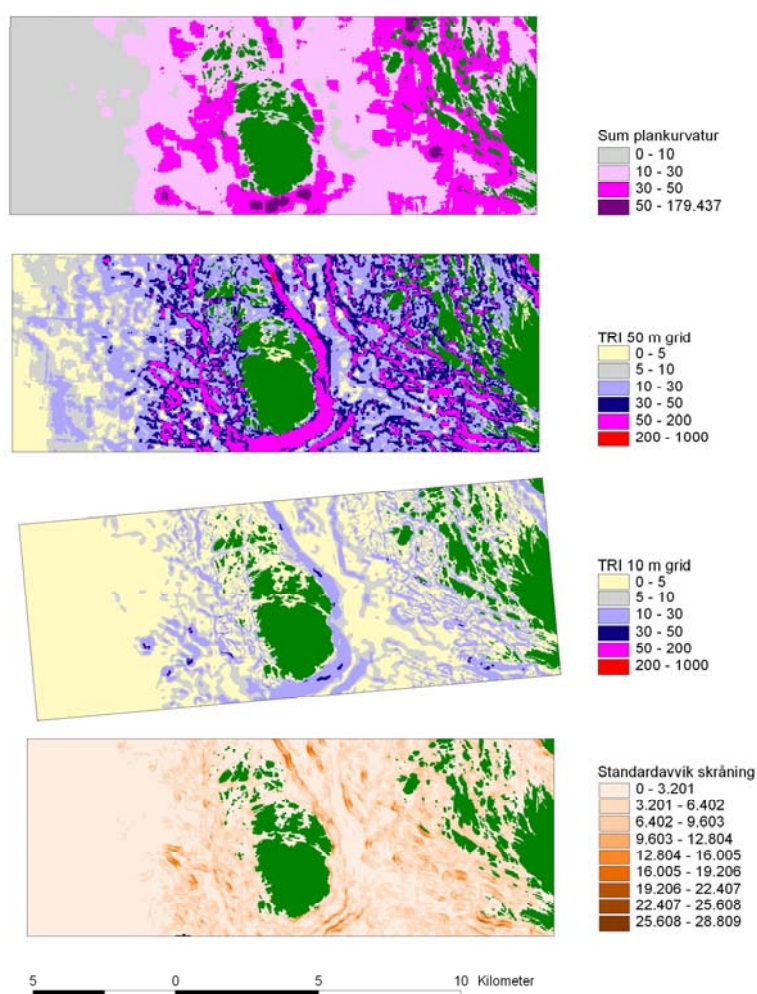
Den relative forekomsten av de ulike klassene varierer mellom de valgte områdene (**Tabell 3**). EUNIS-modelleringen viser at det er få områder grunnere enn 50 m innen de eksponerte områdene i Hordaland. Prosentandelen av klassene ELI og EC utgjør kun ca 6% av det modellerte arealet i Hordaland mot nesten 60% i Aust-Agder og Møre og Romsdal. Den dominerende marine EUNIS-klassen i Hordaland var beskyttede områder grunnere enn 30 m (SLI). I Aust-Agder var det relativt like mye av kategoriene SLI, ELI, og EC; dvs det var like mye av områdene beskyttet og grunnere enn 30 m, eksponerte områder mellom 0 og 30 m dyp, og eksponerte områder mellom 30 og 50 m dyp. Møre og Romsdal skiller seg ut fra de to andre områdene ved å ha en høyere andel eksponerte områder i dybdeintervallet 30-50 m dyp, og en større andel av middels beskyttede lokaliteter grunnere enn 30 m. I tillegg er det relativt få grunne (< 30 m dyp), beskyttede områder i det utvalgte området av Møre og Romsdal. Summen av den prosentvise andelen av ELI og MLI for Hordaland og Møre og Romsdal, og ELI for Aust-Agder, sier noe om potensialet for tareskog i disse områdene (jf kap 3.2.2). Disse tallene er 9, 28 og 41% for henholdsvis Hordaland, Aust-Agder og Møre og Romsdal, og viser årsaken til at det høstes forholdsvis mye mer stortare i Møre og Romsdal enn i Hordaland. Tareskogen i Aust-Agder er regnet for å være for beskjedne i størrelse til at det er satt i gang tråling etter tare der. Men basert på faktorene eksponeringsgrad og dybde er potensialet for forekomst av tareskog i området høyt.



Figur 1. Modellerte EUNIS klasser for et utsnitt av Hordaland piloten (underst) og Aust-Agder piloten (øverst). Litoralsonen (L) og infralitoralsonen (I) er slått sammen til en klasse. C står for circalitoralsonen. S = "sheltered" / beskyttet, M = "moderate" / middels og E = "exposed" / eksponert. Det er ikke skilt mellom hardbunn og bløtbunnsområder. Områder dypere enn 50 m er ikke kategorisert jf hovedtekst. - The modelled EUNIS classes from a part of the Hordaland pilot (below) and the Aust-Agder pilot (above). The Littoral zone (L) and the Infra Littoral zone (I) are merged into one class. C = The Circa Littoral zone, S = Sheltered, M = Mod. exposed, E = Exposed. We have not differentiated between hard bottom areas and soft bottom areas. Areas deeper than 50 meters have not been categorized.

Selv om vi ikke hadde tilstrekkelig tilgang til substrat- og strømdata til å modellere hardbunn og bløtbunn for hele området, gjorde vi noen foreløpige tester av terreng-modellering for å se på muligheten for å klassifisere områder korrekt med hensyn til de to substrattypene. Problemet med blandingsbunn vil i dette tilfelle ligge mellom disse ekstremene sammen med både bløtbunnsområder og hardbunnsområder med terrengkarakter som ikke gir klare indikasjoner på bunntypen.

Vi testet ut 3 mål på terrenguro: absoluttverdien av plankurvaturen, standard avvik av skråning og TRI (jf kap 2.2.3, **Figur 2**). Den første er basert på andrederiverte av dybde og er en relativt kompleks indeks som lett gir mye støy. Vi har derfor funnet at for å gi meningsfulle resultater med den kvaliteten som tilgjengelige dybdemodeller har, må indeksen regnes ut for relativt store områder. I **Figur 2** har vi brukt et naboskap på 10 x 10 ruter. Indeksen gir dermed en lavere geografisk oppløsning enn de øvrige indeksene vi har prøvd. Standardavviket for skråning målt med høy oppløsning (3 x 3 ruter) markerer godt knekkpunktene i terrenget, men markerer dårligere områder med generell terrenguro. TRI er en relativt enkel indeks som kan brukes med relativt høy oppløsning. I **Figur 2** vises TRI for et utsnitt av Hordalandspiloten for to skalaer (basert på dybdemodellen med 50 m oppløsning og 10 m oppløsning). Kriteriene vi endte opp med for å identifisere typiske hardbunnsområder var TRI > 25, og kriteriene for typiske bløtbunnsområder var TRI < 10 (hvis det sammenfalt med forsenkning).



Figur 2. Eksempler på informasjon fra tre ulike uroindekser for et utsnitt av Hordaland piloten. Summen av tallverdien til plan-kurvatur (målt i et 10 x 10 ruter stort naboskapsområde for hver rute), TRI ("Terrain Ruggedness Index") målt på dybdemodeller med ulik oppløsning, samt standardavvik for skråning (målt i et 3x3 ruter naboskaps-område for hver rute). - Examples of information from three different terrain ruggedness indexes from a part of the Hordaland pilot. Sum of plane curvature (measured for 10x10 pixels neighbourhoods), TRI (The Terrain Ruggedness Index measured from DEM at different resolution), and standard deviation of slope (measured for 3x3 pixels neighbourhoods).

Tabell 3. Prosentvis forekomst av hver EUNIS-klasse i forhold til totalt modellert areal (147,1, 211,3 og 835,4 km² for henholdsvis Hordaland, Aust-Agder og Møre og Romsdal. Litoralsonen (L) og infralitoralsonen (I) er slått sammen til en klasse (LI) som dekker 0-30 m dyp. Circalitoral-sonen (C) utgjøres av sonen mellom 30 og 50 m dyp. S står for "sheltered"/beskyttet, M for "moderate"/middels og E for "exposed"/eksponert. Det er ikke skilt mellom hardbunn og bløtbunnsområder. Områder dypere enn 50 m er ikke kategorisert, jf hovedtekst. - Occurrence of different EUNIS classes (percent) of total modelled area (147.1, 211.3 and 835.4 km² for Hordaland, Aust-Agder and Møre & Romsdal respectively). The littoral zone (L) and the infra littoral zone are merged to one class (LI) which constitutes the area from 0 to 30 m depth. The circa littoral zone reaches from 30 to 50 m depth. S = sheltered, M = moderately exposed and E = exposed areas. It is not discriminated between hard and soft bottom. Areas deeper than 50 m are not categorized.

	Hordaland(%)	Aust-Agder(%)	Møre og Romsdal(%)
SLI	64,3	27,6	12,9
SC	19,9	7,5	3,7
MLI	5,2	5,6	18,9
MC	4,4	2,6	7,0
ELI	3,5	28,1	22,1
EC	2,6	28,6	35,5

Kysttype og bunnforhold er relativt ulike for de to pilotområdene. I Hordaland har vi et fjord- og skjærgårdslandskap som er ganske oppbrutt og komplisert med ganske finskalig variasjonsmønster når det gjelder dybdeforhold. I Aust-Agder er kysttypen rett og mindre variert. Det er bare de aller innerste delene av sjøområdene som har samme finskalige variasjon i bunntopografi som vi finner i Hordaland. Ganske nær kystlinjen er det relativt jevnt bunnterrang. Dette har sin årsak i at den store moreneryggen Raet går her. Breen rykket fram til denne posisjonen for drøyt 10000 år siden, og mens brefronten sto i denne posisjonen førte breen ut store mengder sand grus og leire som ble avsatt utenfor moreneryggen. Dette mønsteret ses tydelig lenger nord der Vestfold-raet ligger på land. Selve Raet ligger relativt grunt, har jevn topografi og består av til dels blokkrik morene (blandingsbunn) der vi finner tareskog. Hvis kriteriene for hardbunn og bløtbunn settes for vide, vil disse områdene ikke klassifiseres som hardbunn og store tareskogsområder vil ikke bli modellert.

3.2 Modellerte naturtyper

3.2.1 Ålegras

Feltundersøkelsene i Aust-Agder piloten viste at de observerte ålegraslokalitetene i Tvedestrand fantes i dybdeintervallet 1-7 m, på beskyttede og middels eksponerte områder, og på relativt flat bunn på de mest eksponerte av disse lokalitetene (skråningsvinkel < 5 grader), men også på mer skrånende bunn (opp mot 10 grader) på de mest beskyttede lokalitetene. Ålegrasenger forekom ikke på de mest eksponerte områdene.

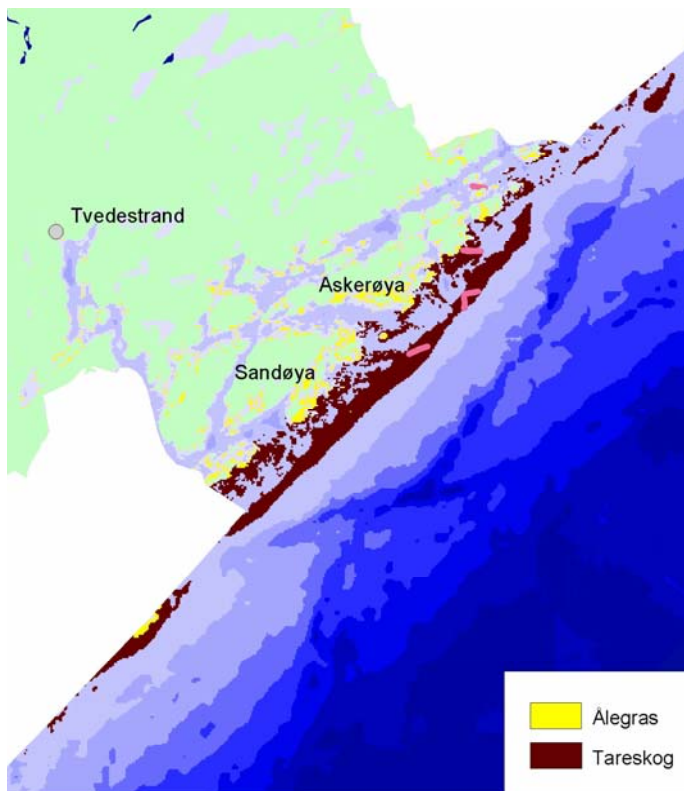
På grunn av den relativt grove skalaen (50x50 m) besluttet vi å inkludere 0 meter i modelleringen av ålegras, og som skråningsparameter valgte vi å ta et kompromiss mellom de to observerte skråningsverdi-grensene (7 grader).

De anvendte hovedkriterier for ålegrasmodelleringen i Aust-Agder ble derfor:

- Dyp: <7 m
- Totaleksponering: <20
- Skråning: <7 grader

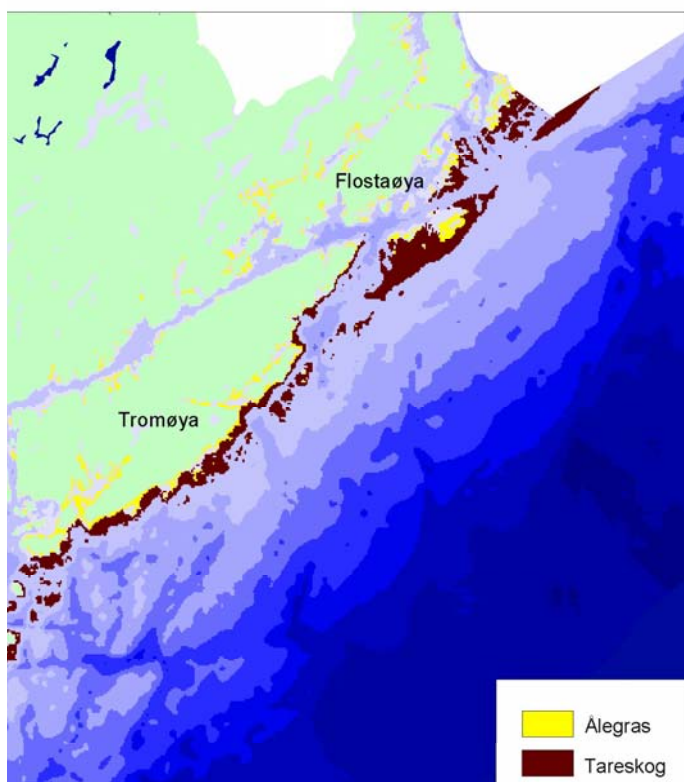
De modellerte ålegraslokalitetene er vist sammen med modellert tareskog for hver av kommunene i Aust-Agder piloten: Arendal (**Figur 3**) Tvedestrand (**Figur 4**) og Risør (**Figur 5**).

I Tvedestrand-prosjektet (Knutsen et al. 2003) ble alle ålegraslokalitetene i kommunen kartlagt. 70% av de observerte ålegraslokalitetene ble modellert enten innenfor samme rute eller i en av de to nærmeste rutene (75 og 125 m unna midtpunktet i den observerte ålegrasruten, **Figur 6**). Ingen av de observerte ålegraslokalitetene var lenger unna en modellert forekomst enn 600 m. På den gitte skala og ut fra de små arealene ålegrasengene forekommer i, må dette anses som et svært bra resultat.

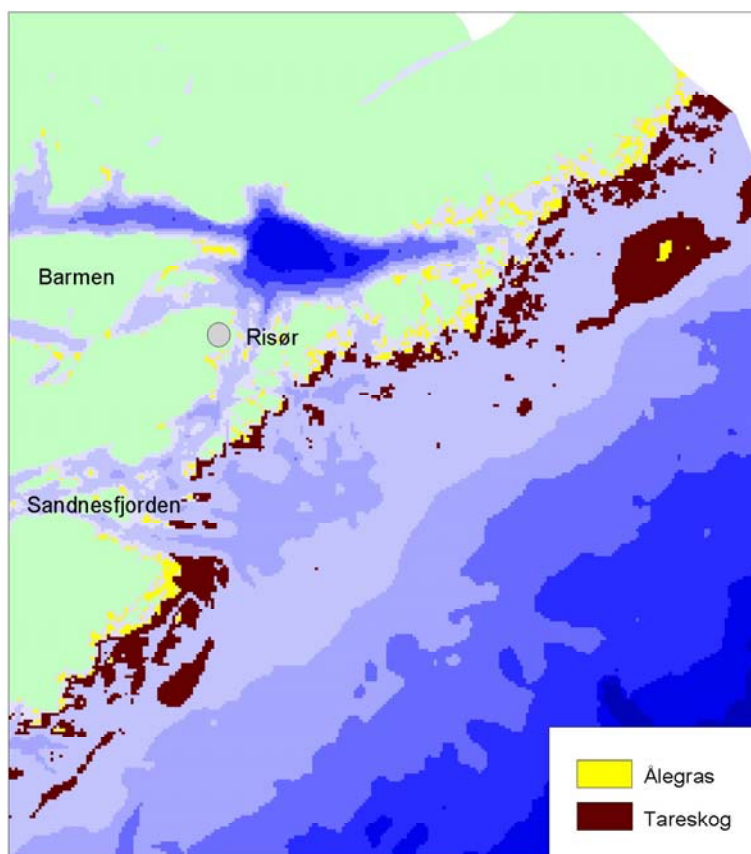


Figur 3. Modellert forekomst av tareskog og ålegras i Tvedestrand kommune. De rosa linjene viser plasseringen av de 4 transektene som ble foretatt for å finne kriteriene for tarens utbredelse i Skagerrak-regionen. Det var tett fin tareskog på de tre ytterste transektene, men ikke tare på det innerste transektet. Målestokk 1:100 000.

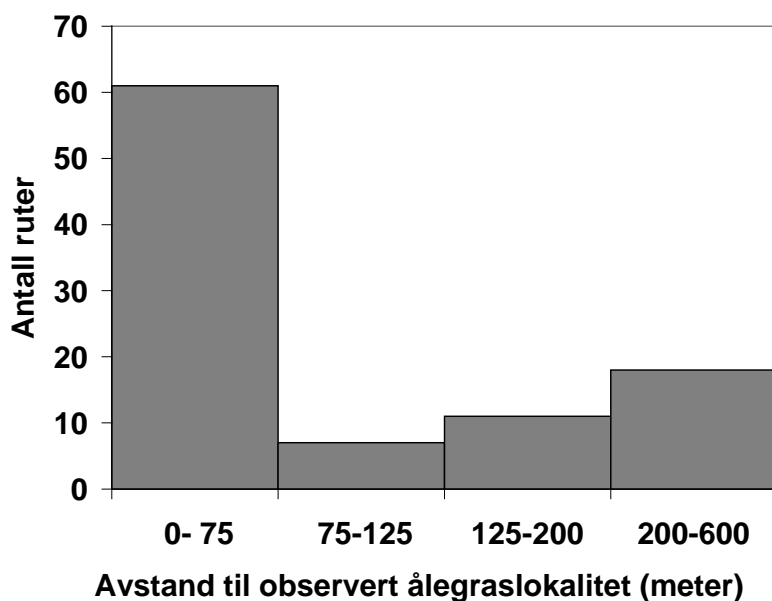
- Modelled occurrence of kelp forest and sea grass in Tvedestrand municipality. The pink lines show the positions of the 4 transects to assess the criteria for kelp distribution in the Skagerakk region. Kelp forests were found at the three outer transects but not at the inner transect. Map scale 1:100 000.



Figur 4. Modellert forekomst av tareskog og ålegras i Arendal kommune. Målestokk 1:125 000. - Modelled occurrence of kelp forest and sea grass in the Arendal municipality. Map scale 1:125 000.



Figur 5. Modellert forekomst av tareskog og ålegras i Risør kommune. Målestokk 1:100 000. - Modelled occurrence of kelp forest and sea grass (eel grass) in the Risør municipality. Map scale 1:100000.

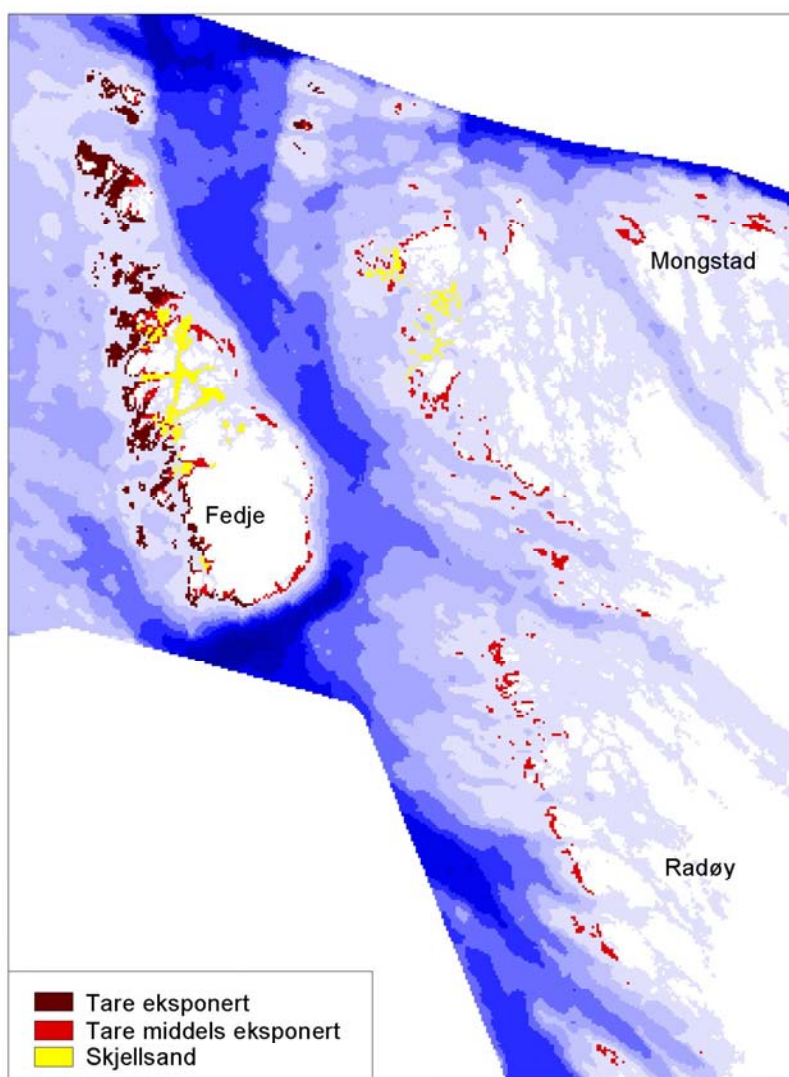


Figur 6. Avstanden fra de observerte (97 ruter) til de modellerte ålegraslokalitetene i Tvedestrand kommune. 70% av de observerte ålegraslokalitetene ble modellert enten innenfor samme rute eller i en av de to nærmeste rutene (75 og 125 m unna midt-punktet i den observerte ålegrasruten) – The distance between the observed (97 pixels) and the modelled seagrass localities in Tvedestrand county. 70% of the observed localities was modelled either within the same pixel or within one of the two closest pixels (75 and 125 m from the mid point in the observed seagrass pixel.)

3.2.2 Tareskog

Feltobservasjonene utført i pilotprosjektene i Aust-Agder, Hordaland og Finnmark, samt i Sandøyområdet gjennom MarModell-prosjektet, viste alle at tareskog har forskjellig dybdeutbredelse ved ulik grad av eksponering. Dess mer eksponert, dess dypere går tareskogen. På de aller mest eksponerte lokalitetene går den tette tareskogen ned til ca 25 m dyp (unntatt for Skagerrakkysten der maksimumsdypet var ca 20 m). Videre innover mot de mer beskyttede områdene endrer dybdeutbredelsen seg fra ca 20 m dyp og ned til ca 15 m dyp.

Fokuset for dette arbeidet var å utvikle modeller for utbredelse av tareskog i Sør-Norge og Midt-Norge. De endelige kriteriene for disse modellene ble valgt forskjellig for de to regionene på grunn av tidevannets innflytelse. Aust-Agder ligger i Skagerrakregionen som er definert som et mikro-tidevannsområdet i henhold til Moy et al. (2003), mens kommunene på Vestlandet ligger innenfor et høyere tidevannsregime (mesotidevannsnivå: dvs mellom 1 og 4 m). Tidevannet fører til mer bevegelse av kystvannet på Vestlandet i forhold til i Sør-Norge. Dette har stor innvirkning på utbredelsen til marine arter. Tidevannsregimet blir ikke fanget opp av vår eksponeringsmodell, og er en sannsynlig forklaring på at tareskogen ikke ble registrert dypere ned enn til 20 m i Aust-Agder.



Figur 7. Modellert tareskog og skjellsand for kommunene i Hordaland-piloten. Tareskogen på eksponerte og middels eksponerte lokaliteter har ulik dybdeutbredelse (se hovedteksten). Målestokk 1:150 000. - Modelled occurrence of kelp forest and shell sand for the Hordaland pilot study. The kelp forest at the exposed and the moderately exposed areas have different depth distribution. Map scale 1:150 000.

På bergveggene til den ytre skjærgården i Aust-Agder var dybdeutbredelsen til tareskog ca 15 m. Men dette området representerer en svært smal sone langs kysten som det ikke var hensiktsmessig å prøve å avgrense på det valgte skalanivået. De observerte tareskogsforekomstene var alle på områder der totaleksponeeringen var større enn 20. Hovedkriteriene vi endte opp med for modellering av tareskog i Aust-Agder (representant for Skagerrakregionen) var derfor:

- Dyp: < 20 m
- Totaleksponeering: > 20

Den modellerte tareskogen i Aust-Agder er vist i **figur 3, 4 og 5**, og for henholdsvis Tvedestrand, Arendal og Risør.

For modellering av tareskog i Hordaland (**Figur 7**) og Møre og Romsdal valgte vi forskjellig dybdeutbredelse for ulik grad av eksponering:

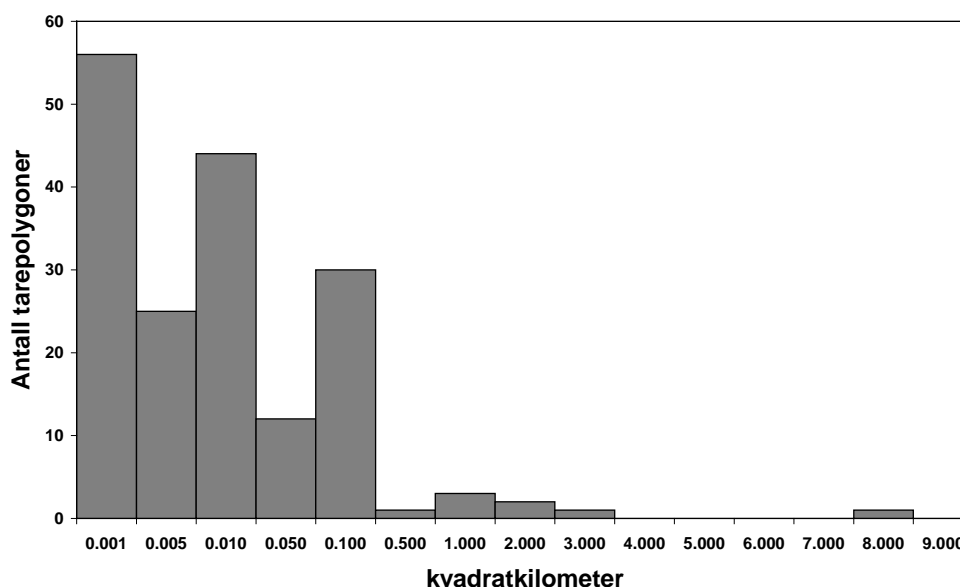
Ved moderat eksponering (dvs totaleksponeering mellom 3 og 20) ble dybdegrensen satt til < 20 m. På eksponerte lokaliteter (dvs totaleksponeering > 20) ble dybdegrensen satt < 25 m.

For å analysere arealet til de modellerte tareskogforekomstene ble taregridet omgjort til polygoner, og polygonene "renset" ved hjelp av et "majority" filter. Dette gir en verdi til en rute basert på verdien til flertallet (majority) av de nærmeste 8 rutene sin verdi. Verdien til halvparten eller flere av rutene blir brukt. Denne "rense-proseduren" var nødvendig for at ruter som henger sammen diagonalt skal havne i samme forekomst (polygon) tilsvarende som ruter som henger sammen vannrett eller loddrett. Resultatet av denne analysen for modellert tareskog i Aust-Agder (se **Figur 8**) viser at de fleste forekomstene er mindre enn 100 dekar (0,1 km²), som er grenseverdien som er satt for identifisering av svært viktige tareskogsforekomster i DNs marine veileder for kartlegging av biologisk mangfold (DN håndbok 19, 2001). Men fire av de modellerte tareskogsforekomstene var større enn 100 dekar. I Aust-Agder er det dermed potensial for flere forekomster av intakte tareskogsarealer større enn 100 dekar. Den største sannsynlige forekomsten av tareskog i dette området er på Raet, som ligger et stykke ut fra skjærgården i pilot-området. Det anslåtte arealet av denne tareskogsforekomsten er på ca 8,8 km².

3.2.3 Skjellsand

Vår tilnærming til modellering av skjellsand var å først identifisere primærområdene for produksjon og ansamling av skjell-rester. Siden skjellsand dannes og akkumuleres i overgangsområdene mellom eksponerte og beskyttede områder i de ytre kystområdene, tok vi utgangspunkt i den deriverte av totaleksponeeringen (dvs skråningen til gridet for totaleksponeering). For både Hordaland og MarModell-området utgjorde områder med "skråning av totaleksponeering" større enn 4 et naturlig skille mellom eksponerte og middels eksponerte områder. Verdien 4 ble derfor valgt som grenseverdi for å identifisere primærområdene.

Deretter ønsket vi å komme fram til et potensielt "tilflytningsområde" rundt disse primærområdene. Utstrekningen av dette vil variere med strømstyrke og strømretning, men det har vi ikke hatt data til å inkludere. Basert på NGUs observasjonsdata for Hordaland (Bøe & Ottesen 1995a, b, 1996a, b, Ottesen & Bøe 1995, 1996a, b) ser utstrekningen av tilflytningsområdet her ut til være rundt 1500 m. I tillegg har vi brukt en forsenkningsalgoritme til å identifisere terrengstrukturene (forsenkninger) som skjellsanden sannsynligvis vil samle seg opp i.



Figur 8. Størrelsesfordelingen til modellerte tareskogsforekomster (identifisert som sammenhengende polygoner) i Aust-Agder piloten. - Size distribution of modelled kelp forest (identified as continuous polygons) in the Aust-Agder pilot study.

Hovedkriteriene vi endte opp med for modellering av skjellsand i Hordaland var:

- Primærakkumulasjonsområdet: identifisert som førstederiverte av totaleksponering >4
- Tilflytningsområdet: definert som ≤ 1500 m fra primærakkumulasjonsområdet
- Forsenkning: identifisert som avvik fra gjennomsnittlig dyp i 1x1 km ruter < -1 m
- Eksponeringsgrad: totaleksponering < 20

De modellerte skjellsandforekomstene stemmer svært bra overens med de observerte og de potensielle skjellsandområdene til NGU for de ytre kystområdene i Hordaland (

Figur 9). Modellen fanger derimot ikke opp de mindre forekomstene som er registrert i mer beskyttede farvann som ved Radøy. Modellen antyder forekomst av skjellsand i områdene øst for Fedje. Hvorvidt dette stemmer med faktiske forhold er ikke undersøkt i felt.

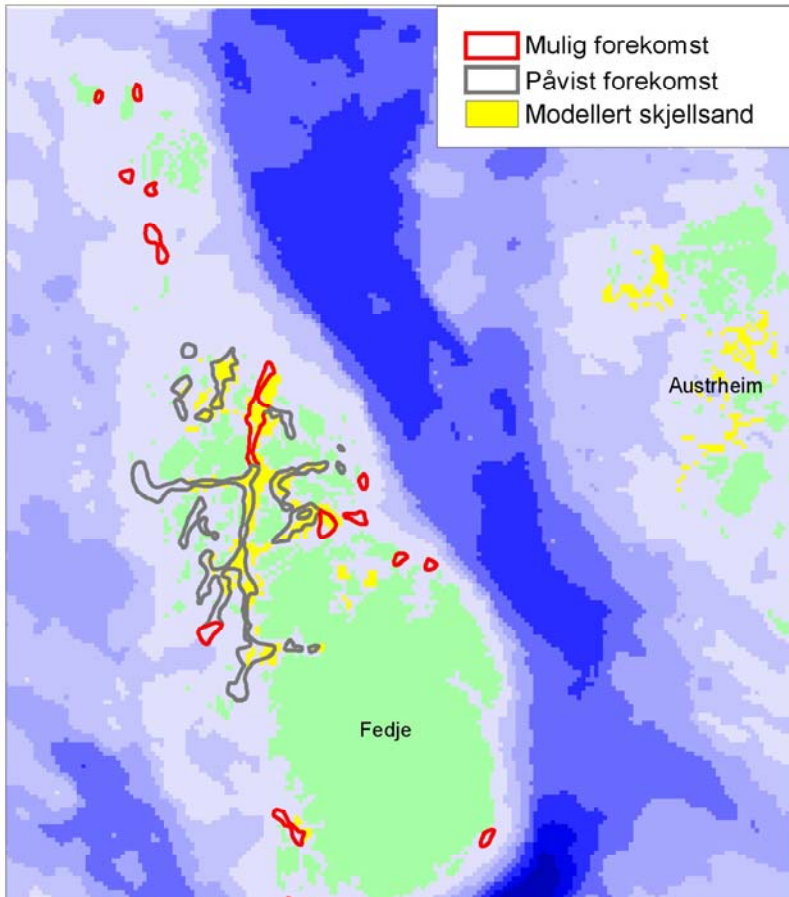
3.3 Sannsynlige områder med tykk morenebunn

Tolkningen av de geologiske dataene med hensyn til sannsynlig forekomst av tykk morenebunn presenteres i fire figurer som følger områdeinndelingen i typologirapporten for EUs vannrammedirektiv (Moy et al. 2003).

Skagerrak og Nordsjøen

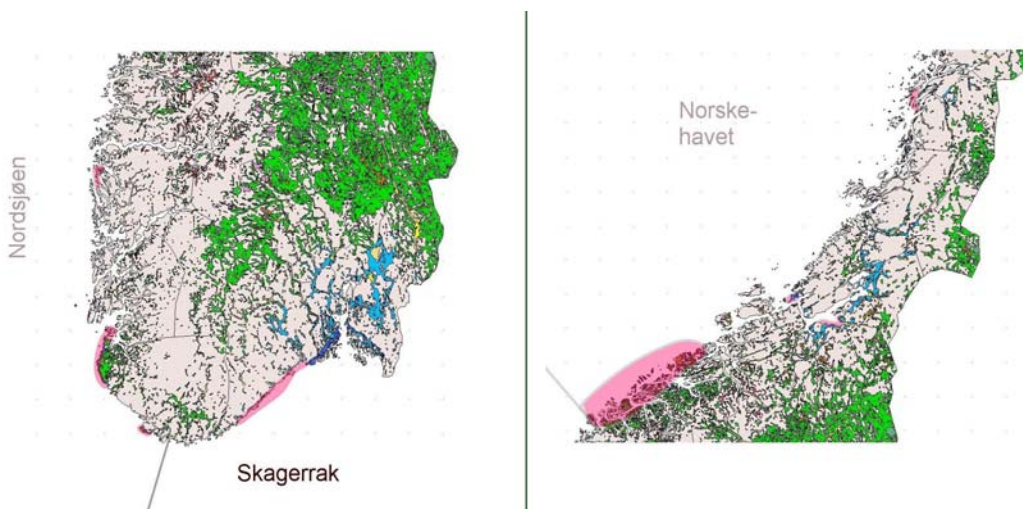
Moreneryggen - Raet - som går langs kysten fra Brunlanes til sør for Arendal har store områder som ligger grunnere enn 30 m og hvor det finnes blandingsbunn med tareskog festet på stein og blokk (**Figur 10**). Øvrige områder fra svenskegrensa til Lista består vesentlig av nakne sva og bare lokalt antas det at bunnen har tilstrekkelig med stein til at tareskog er utviklet på blandingsbunnen.

Rundt Lista og langs Jæren finnes morene ute i sjøen som danner et potensielt substrat for tareskog. I områdene utenfor Jærkysten er det såpass store tareskogsforekomster at det blir trålt etter tare.



Figur 9. Modellert skjellsand (gult) i forhold til NGUs registreringer av påviste (>85% kalsiumkarbonat) og mulige skjellsandforekomster (mangler bunnprøver eller prøven består av urein skjellsand: 50-85% kalsiumkarbonat) i de ytre delene av Hordaland-pilotområdet. - Modelled shell sand (yellow) compared to NGU's proven deposits (>85% calcium carbonate) and potential shell sand occurrences (lack of bottom samples or samples of impure shell sand: 50-85% calcium carbonate) at the outermost parts of the Hordaland pilot area. Map scale 1:50000.

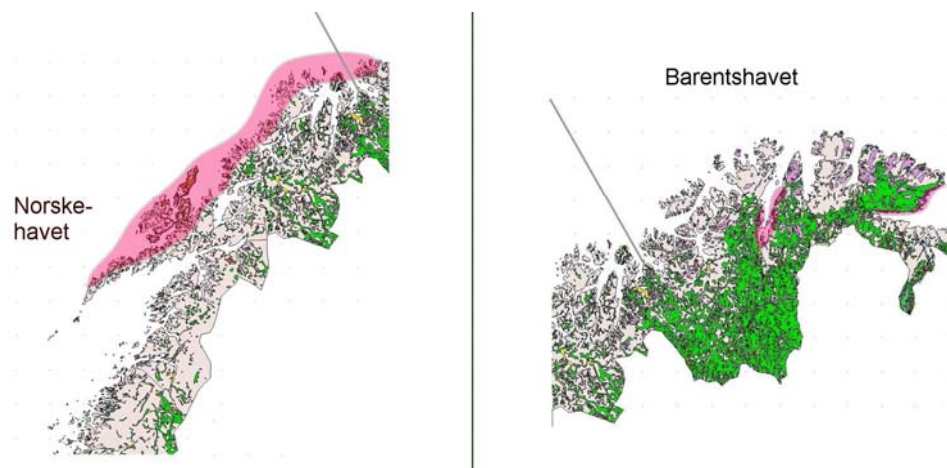
Fra Herdla og nordover mot Fensfjorden finner vi igjen Raet, og i noen fjordstrek og sund kan det kanskje finnes forhold for dannelse av tareskog på sedimenter. For øvrig langs kysten av Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane vil bunnen trolig bestå hovedsakelig av sand/skjellsand og slam med lokale stein- og grusbelter i tillegg til bart fjell.



Figur 10. Hovedområder (røde) med blandingsbunn langs Skagerrak, Nordsjøkysten og sørlige del av Norskehavkysten. - Main areas (red) of mixed bottom at the coast of Skagerrak, The North Sea and the Norwegian Sea.

Norskehavet

Langs kysten av Norskehavet finnes to områder med mye morenemateriale i kystsonen. Dette er Sunnmørs-/Romsdalskysten (**Figur 10**) og langs strekningen Lofoten og nordover i Troms (**Figur 11**). Det finnes også mye morene langs fjordene i disse områdene, men der er beltet som er grunnere enn 30 m og samtidig sterkt eksponert så smalt at vi ikke har skilt ut områder med sannsynlig blandingsbunn. Langs sørsiden av Trondheimsfjorden og ved Ørlandet er det områder med eksponert morenebunn. Ved Tjøtta på Helgelandskysten ligger et morenebelte med utbredelse stor nok til å gi tareskog.



Figur 11. Hovedområder (røde) med sannsynlig blandingsbunn langs nordlige del av Norskehavet og Barentshavet. - Main areas (red) of probable mixed bottom in the northern part of the Norwegian Sea and the Barent Sea.

Barentshavet

Det største området med tykk morene som går ut i sjøen, ligger langs nordsiden av Varangerfjorden (**Figur 11**). Langs kysten her bør det finnes steinbunn i blanding med sandbunn. Inne i bunnen av Porsangerfjorden finnes også morenestrender som kan bety områder med morenebunn langs land.

4 Diskusjon

Dybde, substrattype og eksponeringsgrad (for bølger og strøm) er nøkkelfaktorer for utbredelsen av marine naturtyper. Basert på digitale dybdemodeller har vi beregnet terregegenskaper som skråning, forsenkning/forhøyning, og uro (se kap. 2.2.3), som ved ulike kombinasjoner er benyttet som indikatorer for bl.a. substrattype. Ved å knytte modellert eksponeringsgrad til dybde og ulike terregegenskaper har vi kartfestet sannsynlige områder for utvalgte EUNIS-klasser og sannsynlige områder for naturtypene ålegras, tareskog og skjellsand. Modelleringen er gjort for kommunene som inngår i pilotstudiene i Aust-Agder og Hordaland, og for kommunene som inngår i MarModell-området i Møre og Romsdal.

4.1 Habitatklassifisering etter EUNIS-systemet

Ved å kombinere de tre kategoriene av eksponeringsgrad med dybdeinformasjon har vi stedfestet potensielle områder med forekomst av marine habitatklasser på nivå 2 (bløtbunn) / 3 (hardbunn) i EUNIS-systemet. Den relative forekomsten av de ulike klassene varierte mellom de tre områdene, og resultatene (jf kap. 3.1) viser at denne type modellering er nyttig for å kvantifisere regionale forskjeller i forekomst av ulike naturressurser.

Ideelt sett var det ønskelig å komme fram til en modell som kunne skille mellom hardbunn- og bløtbunnlokalteter, men mangelen på substrat- og strømdata har gjort dette vanskelig. Kun unntaksvis, for såkalte "ekstrem-områder" er det gjort forsøk på å skille ut sannsynlige områder med hardbunn eller bløtbunn. Men de presenterte algoritmene er foreløpige og bør verifiseres og videreutvikles før de anvendes for større arealer.

Substrattype kan trolig la seg modellere ut fra fysiske faktorer. De viktigste bestemmende faktorene for substrattype er eksponering (vind, strøm og tidevann), berggrunn og terrengets struktur (skråning, himmelretning, kurvatur). Bølgeeksponering lar seg modellere ved hjelp av vindstatistikk og GIS-analyser av dybdemodeller. Terrengets struktur kan også avledes fra dybdemodeller. Strøm er en kompliserende faktor i forhold til modellering av substrattype, både fordi det mangler målte eller modellerte strømdata for kystnære områder, og fordi terrengstrukturer med eller uten strøm vil kunne ha ulikt substrat (f. eks. vil forsenkninger uten strøm sannsynligvis ha bløtbunn, mens forsenkninger i områder med mye strøm vil kunne ha hardbunn pga bortvasking av løsmasser).

I EUNIS er skillet mellom hardbunn og bløtbunn sentralt. Arbeidet tilknyttet de to delprosjektene under den marine delen av "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold", samt arbeidet tilknyttet MarModell-prosjektet viser at det sannsynligvis ikke er tilstrekkelig å skille mellom disse to hovedtypene av substrat for en implementering av EUNIS-systemet for norske kystområder. Årsaken er den høye forekomsten av morenemateriale langs norskekysten, og at denne geologisk sett vil defineres som løsmasse, mens den økologisk sett kan fungere som hardbunn, for eksempel i områder med nok stein til at det kan vokse tareskog der. Samtidig vil bløtbunnsorgansimer kunne dominere på bløtbunnspartiene som vil ligge som en mosaikk mellom hardbunnspartiene. En karakterisering av løsmassene ved Raet i Aust-Agder som bløtbunn vil føre til at store arealer som vi vet er taredekte ikke vil framstå som egnet substrat for tareskog i regionen. Feltarbeidet som ble gjennomført i Tvedestrand i forbindelse med den kommunale kartleggingen av marint biologisk mangfold, viste at det var tett, velutviklet tareskog på Raet. Andre sannsynlige hovedområder langs norskekysten med tykk morenebunn er identifisert i denne rapporten, og det anbefales at tykk morenebunn håndteres som en egen substratklasse ved en norsk implementering av EUNIS-systemet

4.2 Modellering av marine naturtyper

Arbeidet tilknyttet delprosjektet om modellering av marine naturtyper har vist at det er mulig å utvikle gode modeller for å identifisere potensielle områder for de utvalgte naturtypene, tareskog, ålegras og skjellsand, basert på digital terrengmodellering og NINAs GIS-modell for beregning av eksponeringsgrad. Feltarbeidet som ble utført i løpet av pilotstudiene ga gode kriterier for forekomsten av naturtypene tareskog (Aust-Agder, Hordaland og Finnmark), ålegras (Aust-Agder) og skjellsand (Hordaland og Finnmark) for noen av økoregionene langs norskekysten. Bruken av disse kriteriene, kombinert med digital terrengmodellering, ser ut til å gi en god indikasjon på forekomsten til både tareskog, ålegras og skjellsand. Det generelle inntrykket er at ålegras blir overrepresentert i modellene i forhold til faktisk utbredelse, mens skjellsand (og sannsynligvis tareskog) blir underrepresentert.

Substrat er utelatt som faktor i de etablerte modellene pga manglende data. Tareskog og ålegras finnes på henholdsvis hardbunn og bløtbunn, og de etablerte modellene for disse naturtypene vil trolig kunne videreutvikles ved bruk av algoritmer basert på kombinasjoner av ulike terrengegenskaper (for eksempel uro og forsenkning), som med stor sannsynlighet kan skille ut potensielle områder med hardbunn eller bløtbunn.

For å utvikle mer presise modeller for forekomst av ålegrasenger burde skalaen blitt redusert til for eksempel 5x5 m. Men et så detaljert skalanivå er ikke hensiktsmessig for en nasjonal kartlegging av potensielle ålegraslokaliteter. Dette nivået vil derimot være passende for en kartlegging av potensielle ålegraslokaliteter for en gruppe av kystkommuner der ålegras er vanlig, og der det er et stort press på naturtypen (som for eksempel i Sør-Norge).

Skjellsandmodellen vil kunne forbedres ved å inkludere strømdata i modellen. Skjellsandforekomstene i Hordaland, Møre og Romsdal og i Nord-Norge skiller seg fra hverandre på grunn av forskjeller i topografi og strømstyrke. I Hordaland forekommer skjellsand i tykke lag, og uten noe særlig innblanding av annet substrat. I Møre og Romsdal er skjellsanden "uren" pga innblanding av minerogent materiale (sand og grus). I Nord-Norge ligger skjellsanden som oftest som et tynt lag over leirbunn. For å få store forekomster av skjellsand blir dermed strømbasert akkumulering viktigere jo lenger nordover en kommer. Et eksempel på en strømbasert akkumulering av skjellsand er Grundefjæra ved Ørlandet i Trøndelag, der det er høstet store mengder skjellsand over mange år, basert på skjellsandproduksjon fra *Lithothamnium*- (kalkalger) forekomster. Ut fra dette kan vi konkludere at en ved å inkludere strømdata og regionspesifikke terrengattributter bør kunne videreutvikle skjellsandmodellen til å modellere potensielle skjellsandområder i de ulike regionene.

De modellerte forekomstene av de utvalgte naturtypene vil danne et godt grunnlag for kommunene i deres arbeid med kartlegging av marine naturtyper. Marin kartlegging er krevende, og det vil være kostnadseffektivt å vite i hvilke områder en kan konsentrere feltinnsatsen for å identifisere og avgrense noen av de viktigste marine naturtypene. Det er sannsynligvis også mulig å utvikle tilsvarende modeller for en del av de andre marine naturtypene som kommunene skal kartlegge, for eksempel korallrev, spesielle kalkalgeforekomster og sterke tidevannsstrømmer.

4.3 Marine naturtyper i forhold til EUNIS og EUs vannrammedirektiv

En viktig motivering for utviklingen av EUNIS og EUs vannrammedirektiv (VRD) er å lage systemer som gjør det mulig å sammenligne naturtyper og økologisk status til disse på tvers av landegrensene. En viktig fellesnevner for de to systemene er at bølgeeksponering utnyttes som en viktig styrende faktor for marine naturtyper. NINAs GIS-implementering av bølgeeksponering i naturtypemodellene danner dermed et fundament både i arbeidet med kartlegging av marine naturtyper, og i karakteriseringen av marine vann typer i henhold til EUs vannrammedirektiv.

De øverste nivåene i EUNIS-systemet stemmer i stor grad overens med inndelingen av vanntyper innen hver av økoregionene etter grad av eksponering i forslaget til marine vanntyper i henhold til VRD (Moy et al. 2003). Inndelingen er hovedsaklig basert på inndeling i fire økoregioner, og deretter ut fra grad av bølgeeksponering (tre nivåer fra ytre til indre kyst), ferskvannspåvirkning og vannutskiftning. De to siste faktorene er kun relevant for fjordene. Våre modeller, som ikke har tatt hensyn til disse faktorene, er relevante for kystområdene utenfor fjordene. Plante- og dyrelivet knyttet til ulike naturtyper vil variere mellom økoregioner på grunn av bl.a. breddegradforskjeller i faktorer som temperatur og lys, og på grunn av ulike nivåer av bølgeeksponering og ferskvannspåvirkning. DNs marine veileder for kartlegging av marine naturtyper inkluderer lite informasjon om geografiske forskjeller mellom naturtypene, og hvordan det må tas hensyn til disse i vurderingen av viktigheten til en gitt forekomst. Inndelingen i VRD-typer kan danne utgangspunktet for en slik vurdering ved å ta hensyn til økoregionale forskjeller i forekomst (sjelden, vanlig, dominerende) og utbredelse (utstrekning, areal) av naturtypene, i tillegg til andre regionale forskjeller som for eksempel ulikt trusselbilde.

Ved å utvikle og anvende en eksponeringsmodell for kystområdene og bli enige om hvilke grenseverdier en skal bruke for å skille de tre nivåene (eksponert, middels eksponert og beskyttet), vil en langt på vei ha gjort inndelingen i kystvanntyper i henhold til Moy et al.'s anbefalinger basert på Vannrammedirektivets krav. Nødvendig tilleggsinformasjon for å stedfeste forekomsten av de andre marine vanntypene er knyttet til fjordene og om disse er polyhaline (< 30 S), mesohaline (< 18 S) eller naturlig oksygenfattige. Denne informasjonen kan hentes fra DNs fjordkatalog. NINAs GIS-modell for beregning av eksponeringsgrad danner et godt utgangspunkt for en slik felles plattform for det videre marine arbeidet i forhold til kartlegging av naturtyper og i henhold til karakterisering av vanntyper og klassifisering av økologisk status i henhold til VRD.

5 Konklusjon og anbefalinger for videre arbeid

Det er mulig å modellere seg fram til tilstedeværelse av de 6 EUNIS-klassene vist i **Tabell 2**, dvs nivå 3 i EUNIS-systemet for hardbunn. De utvalgte naturtypene som kommunene er anbefalt å kartlegge i henhold til DNs håndbok nr. 19 (2001), tareskog, ålegras og skjellsand, er velegnet for modellering basert på tilgjengelige datakilder (digital dybdemodell, vindstatistikk fra Meteorologisk institutt) og NINAs modell for beregning av eksponeringsgrad. Det er utviklet relativt gode modeller for alle de tre naturtypene. Dette arbeidet og andres studier har demonstrert at ikke-biologiske faktorer kan være til stor nytte for å utvikle modeller for å identifisere potensielle områder for ulike marine naturtyper.

Utvidelse av EUNIS-klassene og forbedring av modellene

Vi mener at det behov for å inkludere tykk morenebunn som en tredje substrattype i EUNIS-systemet, siden denne blandingsbunnen økologisk vil fungere som hardbunn med hensyn til viktige marine naturtyper langs norskekysten. For å kunne skille mellom substrattypene bløtbunn, hardbunn og blandingsbunn, vil det i stor grad kreves strømdata (modellerte eller observerte) eller bedre substratdata. Enkelte områder kan likevel identifiseres som sannsynlige fjell / hardbunnsområder (bratte skråninger, eller områder med høy uro på eksponerte lokaliteter) eller bløtbunnsområder (forsenkninger i beskyttede områder med lite strøm). Men de benyttede algoritmene for identifisering av hardbunn / bløtbunn er foreløpige og bør testes og videreutvikles mot detaljerte, reelle substratdata.

Utvikle metodikk for å håndtere mosaikker i substrat

For å komme fram til en best mulig avgrensning av de ulike naturtypene må "mosaikk-problemet" løses. På en fin skala vil det kunne være greit å karakterisere en bunntype som bløt eller hard, men ved å øke skalaen får en større variasjon, og må foreta valg i forhold til hvordan denne variasjonen skal tolkes, jf problemet med blandingsbunn (tykk morenebunn) der det vil finnes bløtbunnsamfunn og hardbunnsamfunn side ved side. Innenfor praktisk valg av skala for kartleggingsformål vil dette problemet være sentralt. En løsning kan være å ha ulike definisjoner avhengig av hvilken problemstilling som fokuseres. Dersom det er tareskog en ønsker å identifisere, vil en tolerere et relativt stort innslag av bløtbunn, og likevel karakterisere substratet som egnet for tareskog, men dersom det er bløtbunnsorganismer som er i fokus, og en ønsker å identifisere potensielle leveområder for utvalgte bløtbunnsarter/samfunn, vil en kanskje på tilsvarende måte kunne akseptere et stort innslag av hardbunn i habitatet for disse artene. For generell habitatkartlegging bør det innføres en egen klasse for slikt blandingssubstrat.

Studier av effekter av strøm

Vi har her brukt skråning og uro-indeksar som indikatorer på bunnssubstrat. Dette arbeidet er foreløpig og må verifiseres ved bruk av reelle substratdata for å kunne få gode terrengindikatorer for substrattype. Utvikling og tilgjengeliggjøring av strømdata er også viktig for å få fortlgang i dette arbeidet. Ved hjelp av strømdata vil vi kunne teste om terrengindikatorer basert på dybdemodeller kan brukes som indikatorer på strømforhold. Dette vil særlig være til nytte for modellering av skjellsand og for å kunne skille mellom substrattypene innen EUNIS-systemet. En analyse av hva slags effekt strøm har i forhold til vind- og bølgeeksponering er også av stor relevans. En del av dette vil fanges opp og analyseres i forskningsrådsprosjektet MarModell, som har varighet ut 2006.

Forbedring av eksponeringsmodellen

Et aspekt ved eksponeringsmodellen som kan videreutvikles, er å anvende smalere sektorer enn 10 grader. Dette bør gjøres for å unngå at et lite skjær i en 10 graders sektor får like stor betydning som fastlandet innenfor samme sektor. Modellen kan raffinere ved å bruke andel av sektorene som er åpne i stedet for antall åpne sektorer.

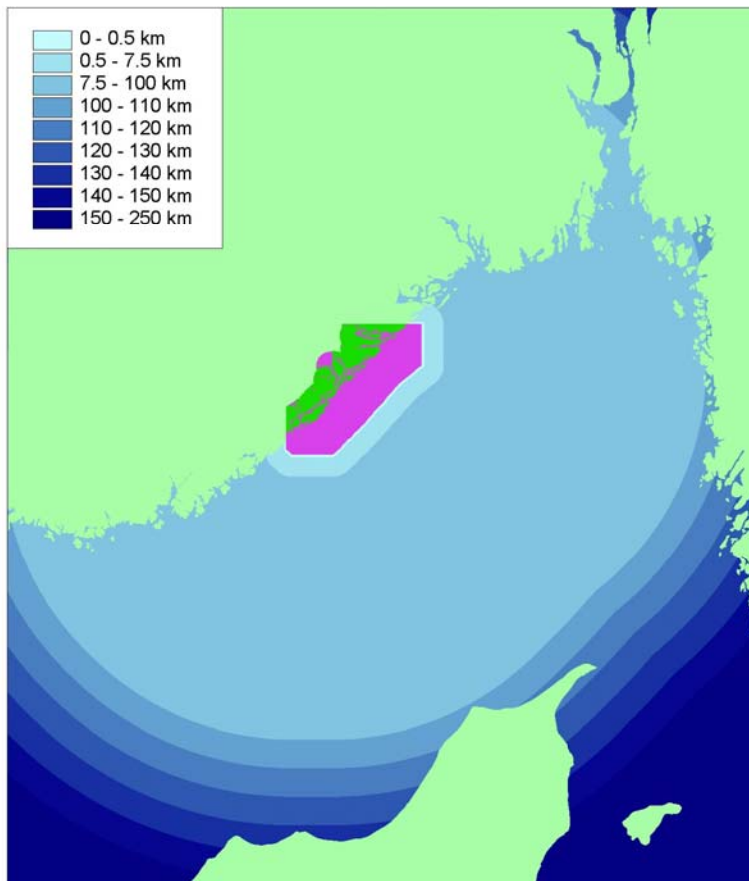
Et annet aspekt som kan inkluderes i en forbedret versjon av eksponeringsmodellen er reduksjonen i den vindskapte bølgeenergien med økende dyp. Dvs at bunnhabitater på 20 meters dyp i et svært bølgeeksponert område, kan karakteriseres som beskyttet med hensyn til bølgeeksponering. Men for at dette skal bli meningsfullt er det nødvendig samtidig å kunne

inkludere informasjon om strømforholdene i området, slik at et strømrøkt område ved 20 m dyp ikke blir karakterisert som et lav-energi-område. Dette betyr at en forbedring av eksponeringsmodellen med hensyn til variasjoner i dypet også krever strømdata og en tolkning av disse med hensyn til de tre energi-nivåene.

Valg av grenseverdier i eksponeringsmodellen

Foreløpige vurderinger har vist at de valgte grenseverdiene for de tre eksponeringsnivåene (lokal, fjord og hav) ser ut til å fungere bra, men grensene bør valideres både for de allerede modellerte områdene, og for de to nordligste økoregionene Norskehavet og Barentshavet.

Et forhold som bør undersøkes nærmere er avstanden til de åpne sektorene som er brukt for å definere havpåvirkning. Dette er særlig aktuelt på sørlandskysten / østlandsområdet, og sannsynligvis også ved Vesterålen. Skagerrak utgjør et lite og relativt lukket havområde i forhold til Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Valget av grenseverdien for havpåvirkning (100 km) har stor effekt på resultatet fra eksponeringsmodellen i Skagerrak-regionen, siden avstanden mellom kysten langs Sør-Norge/Østfold og svenske- og danskekysten ligger akkurat rundt den anvendte grenseverdien (**Figur 12**). Siden eksponeringsmodellen, slik den er nå, tillegger haveksponeeringen svært stor vekt, vil bortfallet av haveksponeering i en naborute gi en urealistisk stor forskjell i eksponeringsgrad. Dette er et forhold som må utredes nærmere for denne økoregionen.



Figur 12. Avstand fra det modellerte området i Aust-Agder. Det modellerte området er markert med lilla farge. De tre første sonene representerer avstanden for beregning av eksponering på henholdsvis lokal- (500 m), fjord- (7,5 km) og havskala (100 km). - Distance from the modelled area in Aust-Agder. The modelled area is marked with the purple color. The three first zones represent the distance for calculation of exposure on local exposure (500 m), fjord exposure (7.5 km) and sea exposure (100 km), respectively.

Effekt av eksponering på utbredelsen av marine naturtyper

En nærliggende problemstilling til det som er nevnt i avsnittet over, er å undersøke effekten av de ulike elementene av eksponering for utbredelsen av de ulike marine naturtypene. Vi har i dette arbeidet kun jobbet med totaleksponeringen, altså den vektete sammenstillingen av lokal-, fjord- og haveksponeering. Ved å se nærmere på hver enkelt eksponeringskomponent i forhold til utbredelsen av marine naturtyper, vil en få belyst effekten av eksponering på de ulike skalaene for de ulike naturtypene. Dette arbeidet vil kreve dokumentasjon av naturtypen

på utvalgte områder med ulik grad av eksponering. Det foreslåtte arbeidet vil også føre til en bedre feltvalidering av grensene for de ulike gradene av eksponering.

Det bør utvikles tilsvarende modeller for en del av de andre marine naturtypene som kommunene skal kartlegge: for eksempel korallrev, spesielle kalkalgeforekomster, og sterke tidevannsstrømmer, som også i stor grad har en utbredelse styrt av fysiske faktorer.

Betydningen av 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 både i tid (geologisk) og rom (dalbunner, fjelltopper etc.), mens en på en fin skala vil kunne fange opp effekten av fysiske prosesser på en liten 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 enden av skalaen.

Betydningen av ulik 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 (som kartverkets 50 x 50 m dybdebase). I det videre arbeidet med utvikling av naturtypemodeller og modellering av EUNIS-klasser bør det derfor undersøkes hvilken romlig skala som er egnet for ulike typer problemstillinger.

Implementering i praksis

Det er viktig å kombinere arbeidet med kartlegging og overvåking av naturtyper på en slik måte at modellering kan bli en del av karakteriseringsarbeidet og det å definere økologisk status i arbeidet med å implementere EUs vannrammedirektiv. Standardisering av mål for bl.a. eksponering er en sentral faktor i vannrammedirektivet og vil også være til stor nytte for utvikling av naturtypemodeller i kommunenes kartleggingsarbeid og i det nasjonale programmet for kartlegging og overvåking av marint biologisk mangfold.

En kostnadsbesparende tilnærming til videre arbeid vil være om fylkesmennene i sine startpakker inkluderer digitale kart med informasjon om eksponeringsgrad og potensielle områder med forekomst av naturtyper som lar seg modellere. Modellene kan deretter modifieres og forbedres når flere felldata foreligger. De store utfordringene knyttet til kystområdene både med hensyn til kartlegging av biologisk mangfold og med hensyn til karakterisering og klassifisering av vanntyper i henhold til EUs vannrammedirektiv, gjør at Kartverkets tidsplan for en fullstendig oppdatering av sine digitale sjøkart bør forseres.

6 Litteratur

- Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller. - analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regio-nale miljøvariable. - NINA Oppdragsmelding 759. 35pp.
- Bekkby, T. 2002. Typifisering og modellering av marine habitater i norsk kystsoner - er det mulig, er det ønskelig? Vann 3.
- Bekkby, T. 2003. Rana - Kystsonerplan for Rana kommune - delplan sjø. NINA Oppdragsmelding 775: 1-37
- Bekkby, T. & Erikstad, L. 2002. Marin landskapsanalyse og naturtypekartlegging - overføring av kunnskap fra land til vann. Årbok for konsekvensutredninger 2001, p. 34-43.
- Bekkby, T., Erikstad, L., Bakkestuen, V. & Bjørge, A. 2002. A landscape ecological approach to coastal zone applications. Sarsia 87: 396-408.
- Blaszczynski, 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>
- Burrough, P.A. 1986. Principles of geographic information systems for land resource assessment. Monographs on Soil Resources Survey no. 12. Oxford: Oxford University Press.
- Bøe, R & Ottesen, D. 1995a. Skjellsandforekomster i Austevoll kommune. NGU Rapport 95.031.
- Bøe, R & Ottesen, D. 1995b. Skjellsandforekomster i Radøy kommune, Hordaland. NGU Rapport 95.032.
- Bøe, R & Ottesen, D. 1996a. Skjellsandforekomster i Fedje kommune, Hordaland. NGU Rapport 96.037.
- Bøe, R & Ottesen, D. 1996b. Skjellsandforekomster i Øygarden kommune, Hordaland. NGU Rapport 96.038.
- Davies, C.E. & Moss, D. 2003. EUNIS Habitat Classification. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>.)
- Erikstad, L. 2002. Med GIS på jakt etter indikatorer i norsk naturforvaltning. Den 13. norske ESRI Brukerkonferanse. Oslo 4-5 februar 2002.
- Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2002. Integration across scales and disciplines. Mapping and monitoring of natural areas in the Nordic countries. Nordic workshop, Fuglsø senteret, Aarhus 1-3 November 2002.
- Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2001. Landskapsøkologi og GIS. - Geodatamagasinet 13: 35-36.
- Erikstad, L., Bekkby, T. (red.), Andersen, O., Bakkestuen, V., Hanssen, O., Jerpåsen, G., Often, A. & Stabbetorp, O. 2002. Grenland - utvidelse av Breviksterminalen - delutredning om naturmiljø, kulturminner og friluftsliv. NINA Oppdragsmelding 721: 1-53.
- Erikstad, L., McGinnity, P., Mathers, R., Crozier, W.W., Antonsson, T., Gudjonsson, S., Mars, I., McMellin, G., Mills, P., Milner, N., Storeid, S.-E. & Wyatt, R. 2002. The role of new technologies, such as GIS, in helping to set and transport conservation limits between rivers. SALMODEL Working paper, Dublin 12-15 February 2002.
- ESRI. 1996. ArcView GIS. Redlands: ESRI Inc.
- Evans, I.S. 1990. General geomorphometry. I Goudie, A. (red.) Geomorphological techniques, 2. ed. London: Unwin Hyman.: 44-56.
- Keckler, o. 1996. SURFER for Windows, version 6.0. Golden Software.
- Krige, D.G. 1967. Two-dimensional moving-average trend surfaces for ore evaluation. Journal of the South African Institution of Mining and Metallurgy 67: 21-29.
- Knutsen, J. A., Knutsen, H., Paulsen, Ø., Kristensen, Ø. & Vike, S. 2003. Biologiske verdier i sjø i Tvedestrand kommune. Havforskningsinstituttet. - Fisken og havet nr 7, 66 sider.
- Moy, F., Bekkby, T., Cochrane, S., Rinde, E. & Voegelé, B. 2003. Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. FoU-oppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann. - NIVA rapport nr 4731
- Ottesen, D. & Bøe, R. 1995. Skjellsandforekomster i Bømlo kommune, Hordaland. NGU Rapport 95.044.
- Ottesen, D. & Bøe, R. 1996a. Skjellsandforekomster i den nordligste del av Bømlo kommune, Hordaland. NGU Rapport 96.040.

- Ottesen, D. & Bøe, R. 1996b. Skjellsandforekomster i Fjell kommune, Hordaland. NGU Rapport 96.039.
- Oug, E., Lein, T. E., Holte, B., Ormerod, K. & Næs, K. 1985. Basisundersøkelse i Tromsøysund og Nordbotn 1983. Bløtbunnsundersøkelser, fjæreundersøkelser og bakteriologi. Oslo. - Niva rapport / overvåkingsrapport nr 173b / 84
- Thoresen, M. K. 1990. Kvartærgeologisk kart over Norge 1:1 mill. Norges geologiske undersøkelse.

NINA Oppdragsmelding **807**

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1428-8

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00 • Telefaks: 73 80 14 01

<http://www.nina.no>