Statlig program for forurensningsovervåking
Sukkertareprosjektet

SPFO-rapport: 978/2007
TA-2232/2007
ISBN 82-577-5079-4

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn SFT
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning NIVA

• Sukkertareprosjektet
• Statusrapport nr. 2

Rapport 978/07

Statusrapport nr. 2 fra Sukkertareprosjektet.

NIVA-prosjektnr.: O-26046
NIVA-rapport: 5344-2006

FORORD

Da omfanget av sukkertaredøden langs Skagerrakkysten ble kjent høsten 2004, opprettet Miljøverndepartementet Sukkertareprosjektet for å videreføre kartleggingen av omfanget og identifisere årsaker, mulige konsekvenser og tiltak. Sukkertareprosjektet ledes av Statens forurensningstilsyn (SFT) i samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning (DN) med prosjektledere Karen Fjøsne (SFT) og Eva Degree (DN).

Sukkertareprosjektet har bestått av mange aktiviteter og aktører, hvor NIVA og Meteorologisk institutt, Havforskningsinstituttet, Universitetene i Oslo og Bergen, Agder Naturmuseum, Bioforsk og Nansensenteret har vært sentrale. Rapporter fra Sukkertareprosjektet er publisert jevnlig på SFTs hjemmeside for prosjektet. Her rapporteres undersøkelser som har vært ledet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Statusrapport nr 1 (2006) ga en oversikt over løpende aktiviteter og hovedkonklusjoner som kunne trekkes så langt. Analysearbeidet har fortsatt og konklusjonsgrunnlaget er nå vesentlig styrket, samtidig som prøveinnsamling og analyser løper videre i 2007. Nytt i denne rapporten er også oppfølgende undersøkelser i Rogaland og Hordaland, samt nye tilstandsundersøkelser langs kysten Vest-Agder, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal.

Mange har deltatt i arbeidet som rapporteres her. Elisabeth Alve ved Geologisk institutt, Universitetet i Oslo, har hatt ansvar for mineralogiske analyser. Henning Steen fra Havforskningsinstituttets Forskningsstasjon Flødevigen har bidratt med sjøtemperaturanalyser, feltarbeid og forsøk med sukkertare. Aud Helland ved seksjon for oseanografi på NIVA (os) har hatt ansvar for kjemiske analyser og kontakt med Institutt for Energiteknikk (IFE) som har stått for isotopanalyser. Jan Magnusson (os) har bidratt med vannkjemiske data. Hartvig Christie ved seksjon for biologisk mangfold på NIVA (bm) har hatt en sentral rolle i prosjektaktivitetene med dykkeundersøkelser, feltinnsamling og ansvar for faunaanalyser. Lise Tveiten (bm) har deltatt i feltinnsamlinger og hatt ansvar for prøvehåndtering og logistikk. Janne Gitmark (engasjement på NIVA) har bidratt med taksonomisk opparbeidelse av floraprøver og biomassemålinger. Torbjørn Johnsen (bm) og Wenche Eikrem (bm) har bidratt med taksonomiske arbeider på mikroalger. Olav Skulberg (pensjonert NIVA-forsker) har sett på blågrønnalger i utvalgte prøver. Det er opprettet en tverrinstitusjonell klimagruppe som tentativt vil avlevere sin rapport om klimasammenhenger våren 2007. Klimagruppen har bidratt til denne rapporten med temperaturanalyser som styrker vurderingen av klimaets betydning for sukkertares skjebne.

Frithjof E. Moy (bm) er prosjektleder for sukkertareprosjektet hos NIVA. Moy har ledet dette arbeidet siden 2002 og deltatt direkte i feltundersøkelser, sukkertareforsøk, taksonomisk opparbeiding og dataanalyser. Moy har også hatt ansvar for å redigere denne rapporten med bidrag fra ovennevnte deltakere.

Alle takkes for et godt samarbeid.

Grimstad, 28. februar 2007



Frithjof Moy

INNHOLD

1. Sammendrag 4
2. Tilstand 6
2.1 Skagerrak 6
2.2 Rogaland 9
2.3 Hordaland 12
2.4 Sogn og Fjordane 15
2.5 Møre og Romsdal 19
3. Arter i algematta 23
4. Fauna i sukkertare og algematter 32
5. Sediment og bunnslam 35
5.1 Mineralsk innhold 38
5.2 Organisk innhold 40
6. Temperatur 42
7. Eutrofi 44
8. Økologiske effekter av skifte i vegetasjon 47
9. Årsakssammenhenger 50
10. Konklusjoner 57
11. Referanser 58

1. Sammendrag

Nye resultater fra Vest-Agder i 2005/06 viser klar tilbakegang i sukkertarebestanden sammenliknet med registreringer fra 1975/1983/1989. Overvåkingen av 10 stasjoner i Skagerrak (Larvik, Arendal, Grimstad og Lindesnes) har ikke vist tegn til bedring i tilstand sammenliknet med den regionale kartleggingen av Skagerrak utført i 2004. Tilstanden på de undersøkte lokaliteter i Rogaland var i 2006 generelt dårlig med lav forekomst av sukkertare og høy forekomst av trådalger og resultatet bekrefter tilstandsbildet fra 2005. Vegetasjonen på mange av lokalitetene i Rogaland hadde stor likhet med situasjonen i Skagerrak. Bare på bølgeeksponerte lokaliteter og i strømrike sund ble det observert god tilstand. Tilstanden i Hordaland var bedre og mer variert enn i Rogaland, med god forekomst av sukkertare på ca 2/3-deler av de undersøkte lokalitetene. Tilstanden ble vurdert som god på rundt 1/3-del av lokalitetene. Det var først og fremst i fjordsystemer med god vanngjennomstrømming. I fjordsystemer med mindre, men fortsatt god vanngjennomstrømming, ble funnet dominans av trådalger og redusert forekomst av sukkertare. På ca halvparten av lokalitetene i Hordaland var det stor og til dels dominerende forekomst av trådalger. Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Sogn og Fjordane var generelt god, med unntak av områder med tydelig menneskelig påvirkning (tettsted) og med unntak av Dalsfjorden, hvor tilstanden generelt ble karakterisert som dårlig med trådalgesamfunn i store deler av fjorden. Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Møre og Romsdal var generelt god med unntak av områder med tydelig menneskelig påvirkning (tettsted) og redusert vanngjennomstrømming, og med unntak av Tingvollfjorden/ Sunndalsfjorden som kan ha senskader av kråkebollebeiting i tillegg til evt. annen belastning. I Tingvollfjorden/Sunndalsfjorden ble det i 2006 registrert store mengder kråkeboller bare på de innerste stasjonene i fjorden, mens vegetasjonen generelt var dominert av trådalger i hele fjorden og kun enkelte sukkertareplanter ble observert.

Sesongoppfølging i 2006 av utvalgte lokaliteter i Rogaland og Hordaland viste at de store sommerbestandene av trådalger dør og forsvinner utover høsten. Vinterstid består bunnen for det meste av bart fjell uten nedslamming og det er observert tilvekst av ny sukkertare vårsesongen. Men ut på sensommeren var taren borte eller fullstendig overgrodd av trådalger. Overvåkingsstasjonene ved Lindesnes har en årsvariasjon svært lik med Vestlandsstasjonene, mens i sentrale deler av Skagerrak (Aust-Agder) synes bunnen å være vedvarende nedslammet gjennom hele året, og med noe trådalgevegetasjon også vinterstid. Stasjonene nær Numedalslågens utløp er kontinuerlig påvirket av elvesediment, mens stasjonen på Svenner i åpent hav har mye bart fjell og har hatt rekruttering av sukkertare vinterstid.

Undersøkelser av flora og fauna viste dominans av trådformede rødalger i Skagerrak og Rogaland, mens trådformede brunalger dominerte på Vestlandet generelt og på Lindesnes. De trådalgedominerte samfunnene hadde liten algebiomasse og lav tetthet av smådyr. Sammenliknet med frisk sukkertareskog med assosierte alger i undervegetasjonen var antall arter av smådyr i trådalgesamfunnet sommerstid redusert med ca 33 %, mens antall dyr (individer) var redusert med nær 75 %. Artssammensetningen var også endret fra mer mobile og frittvømmende dyr til dominans av mer bunnære og sedimentlevende dyr. Både redusert skjul og redusert matfat for fisk antas å være to viktige konsekvenser av sukkertaredøden.

Undersøkelser av bunnslam langs Skagerrakkysten viser høyere sedimentasjonsbelastning, men relativt sett mindre bunnslam i Larviksområdet enn i Arendalsområdet hvor sedimentasjonsbelastningen var lav, men mengden bunnslam var høy. Forskjellene i mengde bunnslam kan ha sammenheng med større grad av bølgeeksponering i Larviksfjorden enn på lokalitetene i Arendalsområdet. Bølgeeksponering har stor betydning for de lokale forhold.

Partikkelmengden i vannmassene og mengde slam på bunnen var generelt størst i vintersesongen (2005/06), trolig som følge av mye regn. Slammet på stasjoner nær elveos hadde høyt mineralinnhold, mens på øvrige stasjoner ble det funnet høyt organisk innhold. Mineralanalyser viser svært lite kontinentale mineraler og at leiremineralene i slammet derfor stammer fra lokale kilder. Analyser av slammets organiske innhold viser at ca 90 % er fra marint produsert materiale. Analysene indikerer mest rester av alger og dyr fra algematta med noe algeplankton fra vannmassene og bidrag fra ferskvann/land på stasjoner nær elveos. Ut fra foreliggende analyser synes nedslamming å være en viktig årsak til manglende gjenvekst av sukkertare på Skagerrakkysten, både ut fra forsøk og ut fra mengde slam på bunnen. Analyser viser også at nedslamming i hovedsak synes å være en sekundæreffekt av eutrofi. Nedslamming av bunnen synes ikke å være et tilsvarende problem på Vestlandet.

Sterk vekst av hurtigvoksende trådalger og stor nedslamming fra marint produsert materiale er indikasjoner på eutrofiering. Eutrofi synes å være en viktig faktor som driver kystøkosystemet mot forringet naturtilstand med økt vekst av hurtigvoksende, kortlevde trådalger og bortfall av store, strukturerende, flerårige alger som sukkertare.

Klimaendringer har samtidig ført til en temperaturøkning i kystvannet med negative konsekvenser for kaldtvannsarter som sukkertare og for eksempel butare. Åtte av de ti varmeste somrene siden 1960 på Skagerrakkysten, er å finne i siste tolvårsperiode (1994-2006). Høy sjøtemperatur i 1997, 2002 og 2006 med henholdsvis 58, 36 og 45 dager med 19 °C eller mer (1 m dyp), har sannsynlig hatt direkte negativ effekt på sukkertaren med høy dødelighet eller svekket vitalitet og funksjon. Høy sjøtemperatur kan ha vært den viktigste årsaken til plutselig regional taredød. Disse årene ble det også målt høy sjøtemperatur på Vestlandet. Høsten 2006 ble det observert taredød (flere arter) både i Rogaland og Hordaland som indikerer at 2006-sommerens høye sjøtemperatur har hatt direkte negativ konsekvens for taren.

Varmere vann medfører generelt raskere vekst og økt produksjon, spesielt av hurtigvoksende trådalger, i den grad det finnes tilgjengelige næringssalter. Store bestander av trådalger både i Skagerrak og på Vestlandet indikerer god tilgang på næringssalter. Temperatur og næringssalter har sammen bidratt til å forskyve balansen mellom sukkertare og trådalger i favør av trådalger.

Selv om det fortsatt er usikkerhet knyttet til den fulle årsakssammenhengen, tyder mange tegn på at naturens tålegrense for næringssaltbelastning under rådende klimatiske forhold er overskredet på indre kyst av Skagerrak og at den flerårige sukkertarevegetasjonen er blitt erstattet av et nytt økosystem dominert av kortlevde, trådformede alger. Ut fra økologisk teori kreves det større innsats for å restituere et system som har tippet rundt i forhold til et "inntakt" system som sliter med overbelastning. Det vil derfor trolig kreve betydelig innsats for å snu utviklingen tilbake til sukkertareskog på Skagerrakkysten.

Tilstanden på Vestlandet bør følges opp da områder med redusert tilstand kan betraktes som et tidlig stadium i den utvikling som har funnet sted på Skagerrakkysten. Tilstanden med hensyn til forekomst av sukkertare og trådformede sommeralger varierer betydelig mellom lokaliteter og mellom år og overvåking er nødvendig for å avdekke en eventuell trend i utviklingen. Oppfølgende undersøkelser på Vestlandet vil også gi ny kunnskap om årsakssammenhenger, med betydning for forvaltningen også på Skagerrakkysten.

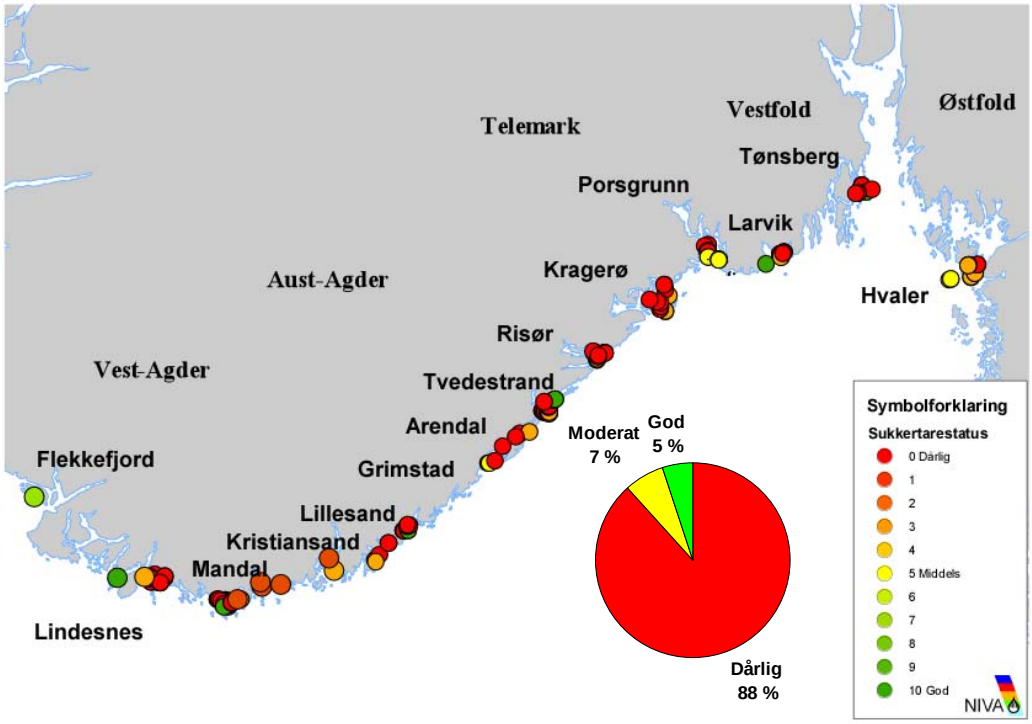
2. Tilstand

2.1 Skagerrak *av F. Moy og P.A. Åsen*

Nye resultater fra Vest-Agder i 2005/06 viser klar tilbakegang i sukkertarebestanden sammenliknet med registreringer fra 1975/1983/1989. Overvåkingen av 10 utvalgte stasjoner i Skagerrak (Larvik, Arendal, Grimstad og Lindesnes) har ikke vist tegn til bedring i tilstand sammenliknet med den regionale kartleggingen utført i 2004.

Sukkertaretilstanden i den norske delen av Skagerrak ble undersøkt i 2004 og er senere fulgt opp med sesongvise undersøkelser av utvalgte stasjoner i områdene Larvik, Arendal, Grimstad og Lindesnes i 2005 og 2006. Det er ikke observert gjenvekst av sukkertare på berørte overvåkingsstasjoner og tilstanden i Skagerrak antas ut fra dette å være uendret siden kartleggingen i 2004 (Figur 2.1). På stasjon 13 Svenner som ligger lengst ute i havet i Larviksområdet (jfr kart i Figur 5.1) ble det imidlertid funnet gjenvekst (unge planter) av sukkertare på grunt vann både i 2005 og 2006.

I tillegg til overnevnte undersøkelser er 11 gamle sukkertarestasjoner på kyststrekningen fra Kristiansandsfjorden (Vest-Agder) til Jøssingfjorden (Rogaland) gjenbesøkt av P.A. Åsen i 2005 og 2006 (Åsen 2006). Disse stasjonene er tidligere undersøkt i 1975/76, 1982/83 og/eller i 1988 (Tabell 2.1, Åsen 2006). Gamle vegetasjonsdata fra Kristiansandsfjorden er fra Green et al. 1985 (statlig overvåkingsprogram), mens øvrige stasjoner er fra Åsens hovedfagsarbeid (Åsen 1978, artslistene er senere trykket i Åsen 2005).

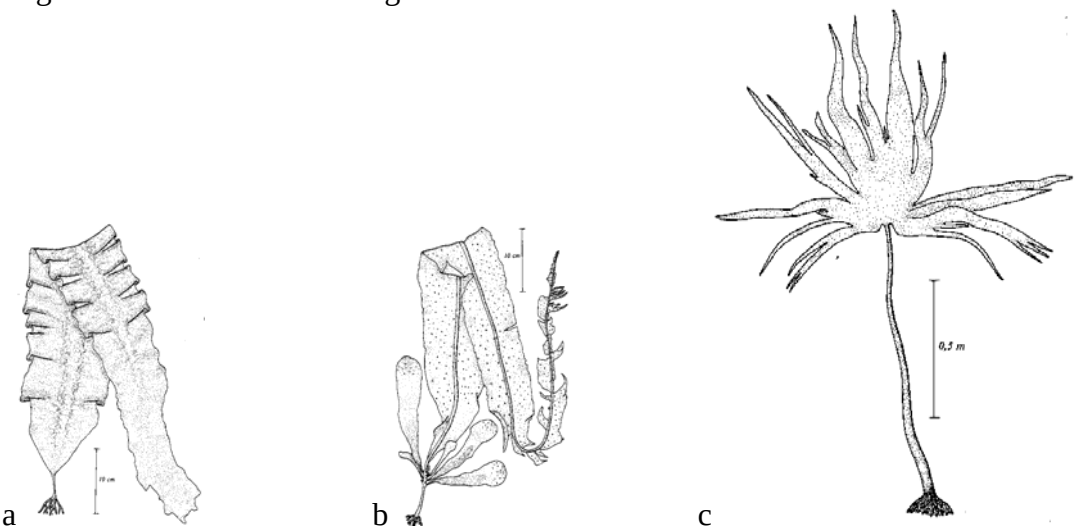


Figur 2.1 Tilstanden på lokaliteter i Skagerrak. Tilstandsstatus er vist med fargesymbol fra god (grønn) til middels (gul) og dårlig (rød). Merk at fargesymbolen overlapper der hvor stasjonene ligger tett. Diagrammet viser antall stasjoner i Skagerrak som faller i 3 tilstandskategorier. Tilstanden i Vest-Agder er etter Åsen (2006) jfr. tabell 2.1. Øvrige stasjoner er undersøkt av NIVA i 2004.

Kristiansandsfjorden viste en klar forbedring fra 1982-83 ved at mangfoldet av fastsittende makroalger hadde økt på samtlige stasjoner som var undersøkt. På den innerste og mest forurensede stasjonen i 1982/83 var artsantallet nå mer enn doblet, fra 8 til 17 taksa. Dette indikerer en bedring av vannkvaliteten i fjorden siden 1982/83. Sukkertare vokste fortsatt på 3 av stasjonene, men hadde forsvunnet fra 2 og var sjelden på en tredje stasjon. Resultatet fra 9 dykkstasjoner i Vest-Agder viste til dels drastisk reduksjon av sukkertarebestanden sammenliknet med tidligere registreringer (Tabell 2.1), mens i Jøssingfjorden (Rogaland) var sukkertarebestanden trolig normalt utviklet sammenliknet med 1976 (Tabell 2.1). Den øvre littoralvegetasjonen var tilsynelatende normalt utviklet på alle stasjonene tilsvarende hva som har vært observert på de fleste berørte stasjoner også i Skagerrak. Ellers syntes artsdiversiteten å være redusert i varierende grad på 5 av de 11 gjenbesøkte stasjonene. Resultatene stadfester at kystvegetasjonen også i Vest-Agder viser sammen endring med framvekst av trådformede alger som erstatter sukkertare og at det kun i delvis eksponerte områder i overgangssonen mot stortaresamfunn, fortsatt ble funnet livskraftige bestander av sukkertare.

Siden temperaturøkning er en av de faktorer som påvirker utbredelsen av kaldtvannsarter som sukkertare, ble utbredelsen av en annen tareart, butare (*Alaria esculenta*), også undersøkt i samme området. Butare (Figur 2.2) dør ved temperaturer over 16 °C og det er kjent at sommertemperaturen kontrollerer den regionale utbredelse av butaren (Sundene 1962 og Munda & Lüning 1977). Butare har sin kjente østlige (sørlige) utbredelsesgrense i Skagerrak i Vest-Agder omtrent ved Mandal. Søk etter butare i 2006 viser at denne er i forsvunnet fra mange av sine tidligere kjente voksesteder i Vest-Agder og at artens østgrense (sørgrense) i Skagerrak følgelig er kraftig forskjøvet vestover. Kystovervåkingsprogrammet overvåker årlig forekomsten av butare på stasjon C15 Revø utenfor Farsund. C15 ligger vest i Vest-Agder og godt vest for artens østlige utbredelsesgrense. Forekomsten av butare på C15 har variert fra år til år, men har tydelig hatt lav forekomst etter år med varme somre for så å bygge opp bestanden igjen. Endring i forekomst og utbredelse av butare synes å være en naturlig følge av endringer i sjøtemperatur.

Butare har en lavere temperaturtoleranse enn sukkertare (hhv. 16 og 23 °C) og butare vokser også på mer bølgeeksponerte lokaliteter enn sukkertare. Til forskjell fra butare synes ikke bestanden av sukkertare å bygge seg opp igjen etter år med høy sjøtemperatur. Flere faktorer er sannsynlig årsak til vedvarende dårlig tilstand mht. sukkertare.



a b c

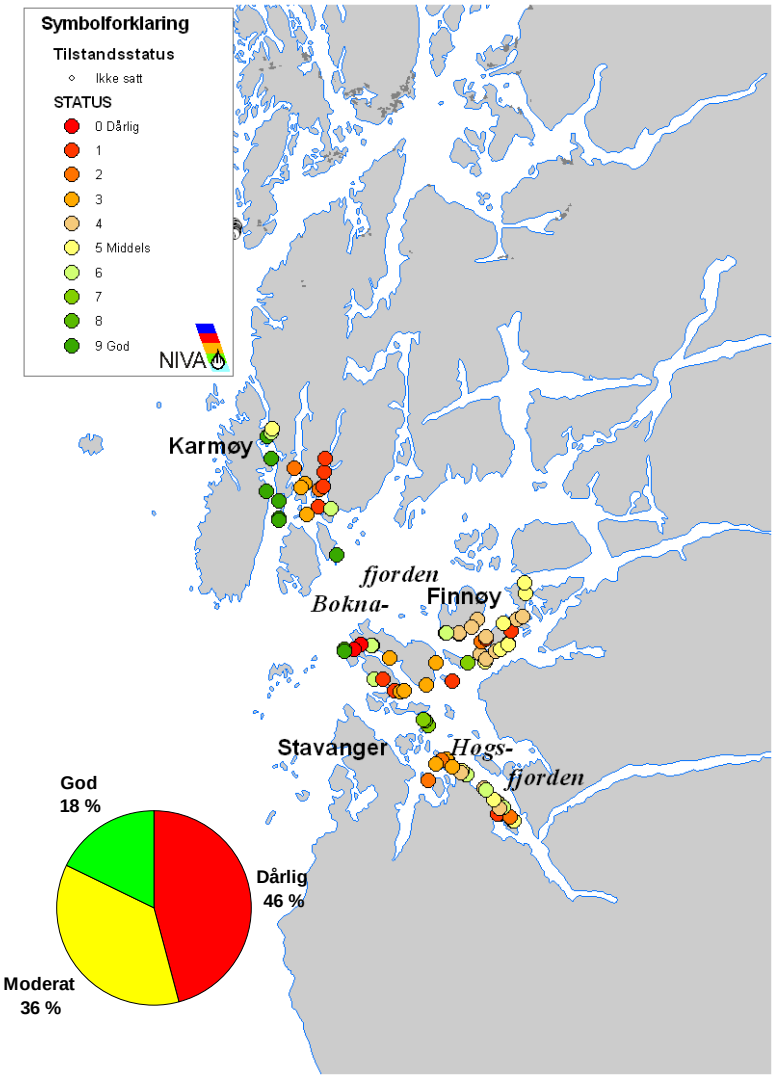
Figur 2.2 Illustrasjoner av a) sukkertare, b) butare og c stortare. Etter Åsen 1980.

Tabell 2.1 Forekomst av tare på stasjoner fra Kristiansand til Jøssingfjorden (Åsen 2006). Forekomst er angitt som «s» = sjelden, 1 = spredt, 2 = vanlig, 3 = dominerende.

6.1 Kristiansand: **Dvergsøya** (semi-eksponert)					
MK 449,411ED50 /MK 44790,40972WGS84	**1976**	**1982-83**	**1988**	**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE				1	
Laminaria hyperborea – STORTARE	+	3	3	3	3
Laminaria saccharina – SUKKERTARE		3	2	1	1
6.1 Kristiansand: **Bertesbukta** (semi-eksponert)					
MK 432,454ED50 /MK 42985,45338WGS84	**1976**	**1982-83**		**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE		2		1	
Laminaria hyperborea - STORTARE		3		2	2
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3	3		s	1
8 Søgne: **Høgsholmen** (semi-eksponert)					
MK 28696,36644WGS84		**1983**	**1989**		**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE		1	1		
Laminaria hyperborea – STORTARE		1	1		s
Laminaria saccharina – SUKKERTARE		3	3		s
8 Søgne: **Holme** NV Skarpøya (semi-eksponert)					
MK 229749,35623WGS84		**1983**	**1989**		**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE			2		
Laminaria hyperborea – STORTARE		2	2		1/2
Laminaria saccharina – SUKKERTARE		3	3		s
5.5-6 Søgne: **Lastad** (semi-eksponert)					
MK 235-237,350-352ED50 /MK 23676,35057WGS84	**1976**			**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE	3			2	2
Laminaria hyperborea - STORTARE	3			3	2
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3			s	s
4.5 Mandal: **Eigebrekk** (semi-eksponert)					
MK 175,309ED50 /MK 17436,30805WGS84	**1976**		**1988**	**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE	3		3	2	2
Laminaria hyperborea - STORTARE	3		3	3	3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3		3	s	s
3.5 Lyngdal: **Grønsfjorden** (semi-eksponert)					
LK 840,354ED50 /LK 83930,35263WGS84	**1976**			**2005**	**2006**
Laminaria hyperborea - STORTARE	3			3	3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3			2	3
3.8-9 Lindesnes: **Båly**; (semi-eksponert)					
LK 910-911,347-348ED50 /LK 91044,34702ED50WGS84	**1975/76**		**1988**	**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE	3		3	3	3
Laminaria hyperborea - STORTARE	3		3	3	3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3		3	s	1
1.2 Flekkefjord: **Husøya**; (semi-eksponert)					
LK 575,544ED50 /LK 57486,54243WGS84	**1976**		**1988**	**2005**	**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE			3	2	
Laminaria hyperborea - STORTARE	3		3	2	2/3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3		3	2	2/3
St. 13 Sokndal (Ro): **Foksteinen**, Jøssingfjorden; (sx)					
LK 423,652ED50 /LK 42215,65044WGS84	**1976**				**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE	3				3
Laminaria hyperborea - STORTARE	3				3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3				3
St. 4 Sokndal (Ro): **Knubedalsvika**, Jøssingfjorden; (sx)					
LK 421,671ED50 /LK 42050,66958WGS84	**1976**				**2006**
Laminaria digitata – FINGERTARE	3				3
Laminaria hyperborea - STORTARE	3				3
Laminaria saccharina - SUKKERTARE	3				3

2.2 Rogaland *av F. Moy, H. Christie og L. Tveiten*

Tilstanden på de undersøkte lokaliteter i Rogaland var i 2006 generelt dårlig med lav forekomst av sukkertare og høy forekomst av trådalger. Resultatet bekrefter tilstandsbildet fra 2005. Vegetasjonen på mange av lokalitetene hadde stor likhet med situasjonen i Skagerrak. Bare på bølgeeksponerte lokaliteter og i strømrike sund ble det observert god tilstand.



Figur 2.3 Lokaliteter undersøkt i Rogaland (2005-2006). Tilstandsstatus er vist med fargesymbol fra god (grønn) til middels (gul) og dårlig (rød). Diagrammet viser antall stasjoner som faller i 3 tilstandskategorier.

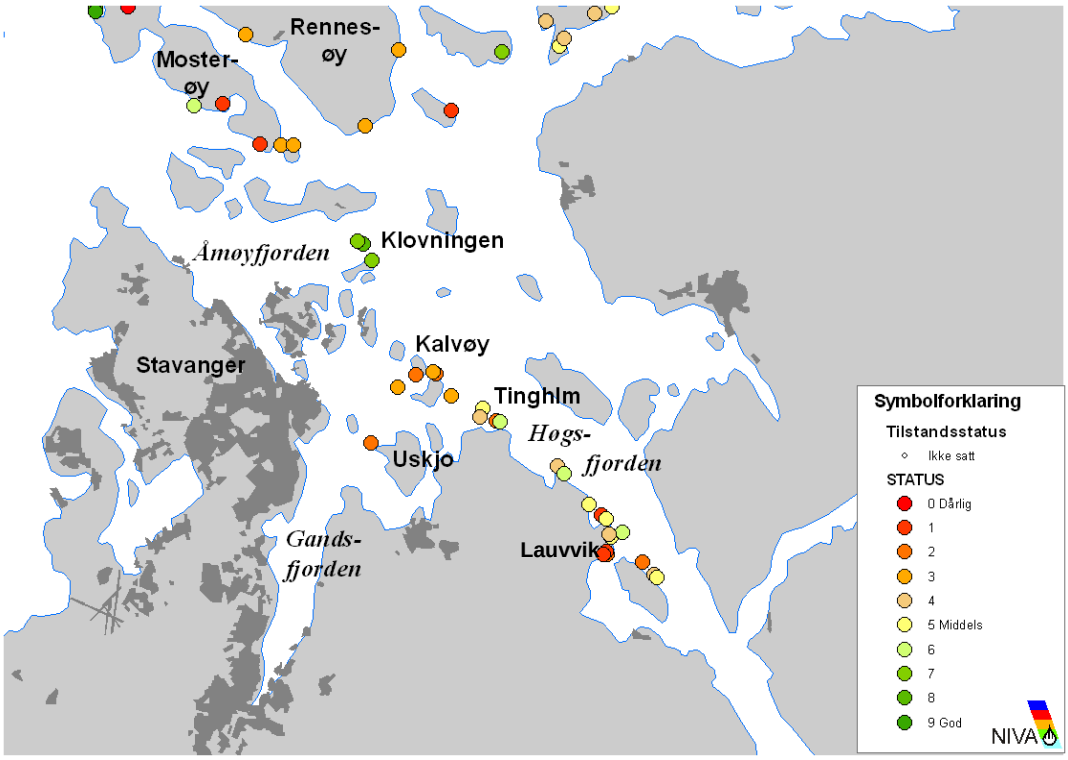
Undersøkelsen i Rogaland i 2005 ble fulgt opp med utvidet undersøkelse sommeren 2006 og gjenbesøk på noen lokaliteter høsten (oktober) 2006. Figur 2.3 viser tilstandsstatus i Rogaland basert på 2005 og 2006 data. Resultatet viser at nær halvparten av de undersøkte lokaliteter hadde dårlig tilstand, mens en drøy tredjedel ble vurdert til moderat tilstand, dvs. vanlig med både sukkertare og trådalger.

Undersøkelsene i Høgsfjorden viste middels til dårlig sukkertaretilstand på de fleste lokaliteter med dominans av trådalger og lav eller ingen forekomst av sukkertare (Figur 2.4). Også på øyene ut mot munningen av Gandsfjorden og Stavanger (Tingholmen, Kalvøy og Uskjo) var bestanden av sukkertare sterkt redusert.

På enkelte lokaliteter ble det observert gode bestander av sukkertare. Det forventes derfor god sporespredning og mulighet for rask gjenvekst om de lokale miljøforhold blir bedre.

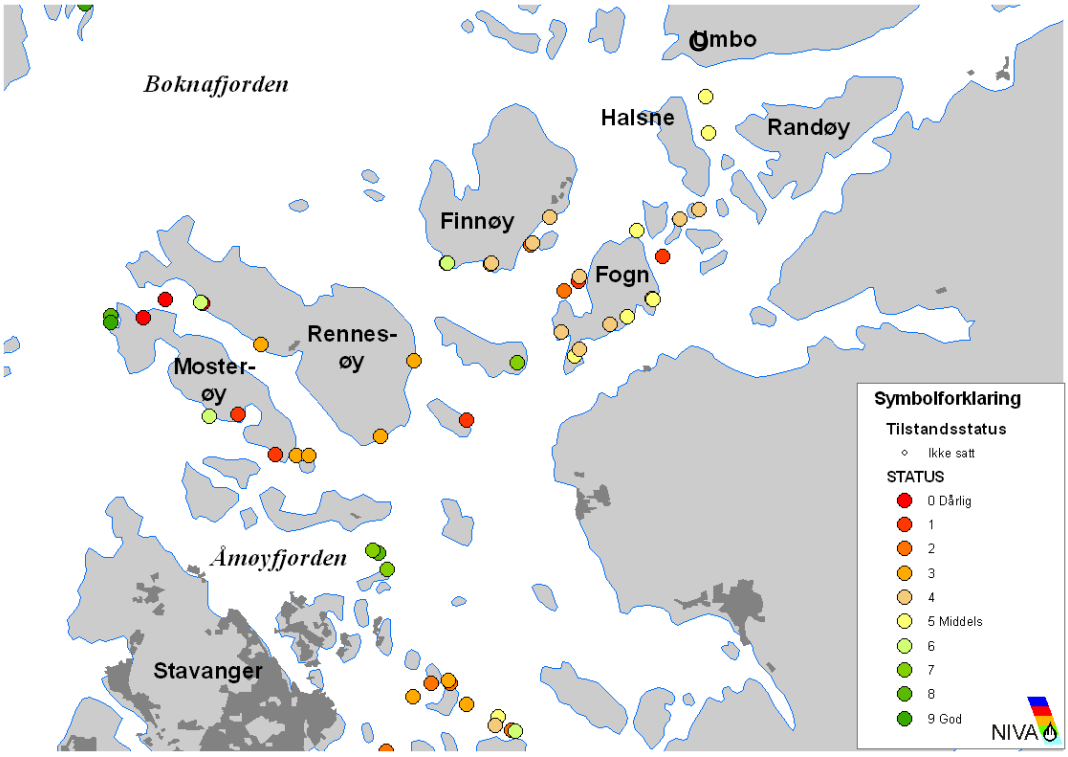


Bilde fra Tingholmen i ytre del av Høgsfjorden (venstre) og fra Lauvvikholmen innerst i Høgsfjorden (høyre) viser hhv. lurv og enkelte store sukkertare individer og dominerende groe av røde-, brune- og grønne trådformede alger. (Juli-06).



Figur 2.4 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Høgsfjorden i 2006.

Tilstanden i fjordsystemene mellom de store øyene i Boknafjorden som Mosterøy, Rennesøy, Finnøy, Fogn, Halsne, Randøy og Ombo, viste stor variasjon mht. forekomst av sukkertare og trådalger. Generelt ble likevel sukkertaretilstanden vurdert som dårlig med lite sukkertare og dominans av ulike trådalger (Figur 2.5). Den sterke veksten av hurtigvoksende trådalger indikerer at eutrofi er en medvirkende og viktig årsak til observerte tilstand.



Figur 2.5 Tilstand på lokaliteter undersøkt i fjordsystemene rundt de store øyene i Boknafjorden i 2006.



I område rundt Finnøy ble det observert svært variabel tilstand fra frisk sukkertarevegetasjon (venstre), til få gamle gjenværende individer (midten) og til ingen sukkertare (høyre). Generelt var forekomsten av sukkertare sterkt redusert i forhold til forventet tilstand rundt øyene i Boknafjorden. (Bilder fra juli-06).

I høstundersøkelsen fant vi at den kraftige veksten av trådformede alger hadde stagnert og trådalgene lå døende nedover bergsidene eller hadde løsnet og ramlet ned i groper eller på flat bunn nedenfor. Generelt ble det observert mye hvitt bakteriebelegg (*Beggiatoa*) i forbindelse med råtnede sommervegetasjonen. Uten sommeralgene ble det blottlagt mye bart fjell med lite sediment, og med god mulighet for oppvekst av sukkertare utover vinteren.

På den bølgeeksponerte lokaliteten Klovningen i Åmøyfjorden (Figur 2.4) ble det i juli 2006 observert tette bestander av stortare i god tilstand. (Se bilde under til venstre). I oktober 2006 fant vi imidlertid stor utdøing av stortare på Klovningen. (jfr bilde under til høyre). Tilbake sto kun stilkene (stipes) tett i tett uten blad (lamina). Vekstsonen (meristemet) hos tare-plantene er i bladrota ved overgangen fra stilk til blad. Når den skades dør algen. Bladet rives fort av, mens stilken bruker lenger tid på å brytes ned. Bildet under til høyre viser derfor en typisk situasjon etter en hendelse som har ført til taredød.



Bildene viser hhv tett stortare-vegetasjon på Klovningen i Åmøyfjorden i juli (venstre) og bladløse stilker fra død stortare samme sted i oktober 2006.

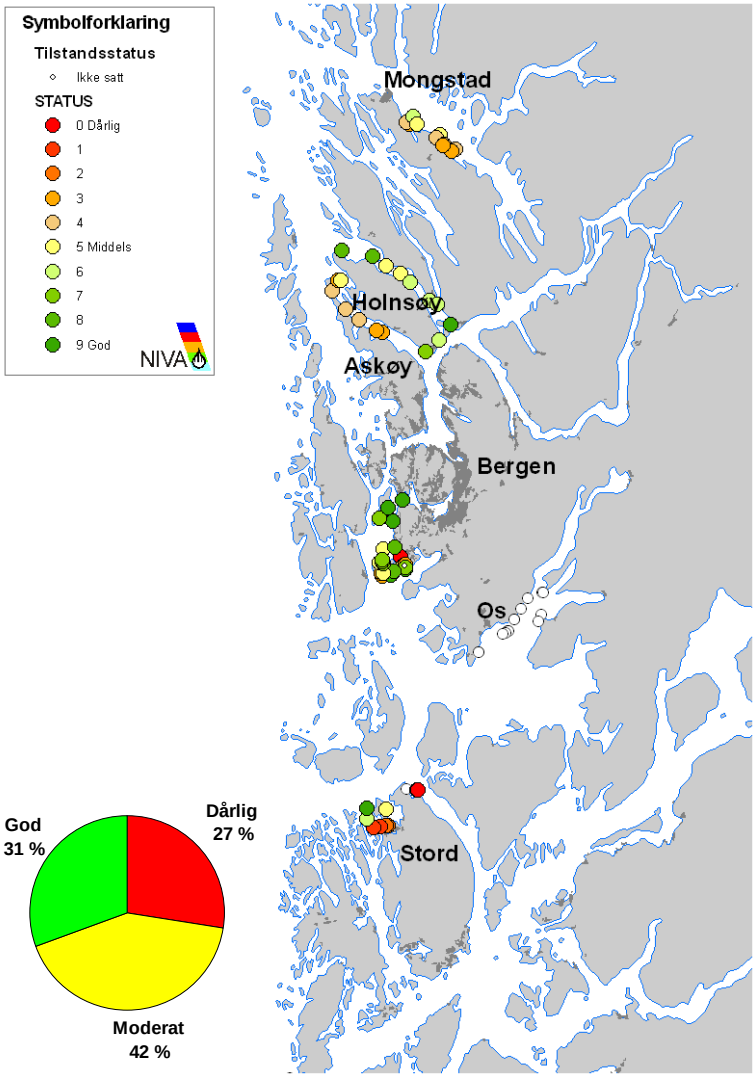
Årsaken til stortaredøden som her er observert er ikke kjent, men høy sjøtemperatur sommer/ sensommer 2006 kan være en sannsynlig forklaring. Det er følgelig også naturlig at den høye sjøtemperaturen i 2006 har hatt negativ konsekvens for sukkertaren i området.

I tillegg til at temperaturen kan ha vært dødelig høy for tare i 2006 forårsaker trolig høye temperaturer opp mot dødelig grense til en svekket tarehelse slik at taren vil være lettere tilgjengelig for tilgroing av epifyttiske alger og dyr som igjen kan føre til at taren dør.

Værforholdene i oktober 2006 var imidlertid så dårlige på undersøkelsestidspunktet at det ikke var mulig å foreta nærmere oppmåling eller undersøkelse på flere lokaliteter i området.

2.3 Hordaland *av F. Moy, H. Christie og L. Tveiten*

Tilstanden i Hordaland viste store variasjoner og det ble observert god forekomst av sukkertare på ca 2/3-deler av de undersøkte lokalitetene og tilstanden ble vurdert som god på rundt 1/3-part. På ca halvparten av alle lokalitetene var det stor og til dels dominerende forekomst av trådalger. I fjordsystemer med god vanngjennomstrømming ble det generelt funnet god tilstand, mens det i fjordsystemer med mindre, men fortsatt god vanngjennomstrømming, ble funnet dominans av trådalger og redusert forekomst av sukkertare.

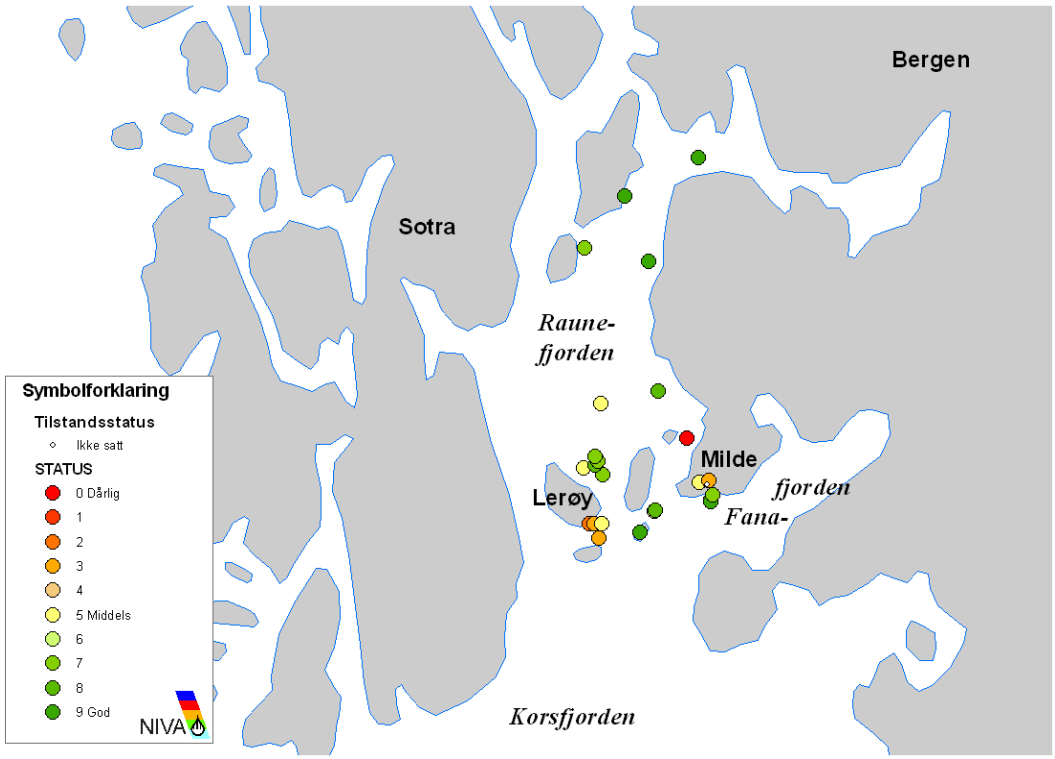


Figur 2.6 Lokaliteter undersøkt i Hordaland (2005-2006). Tilstandsstatus er vist med fargesymbol fra god (grønn) til middels (gul) og dårlig (rød). Diagrammet viser antall stasjoner som faller i 3 tilstandskategorier.

Undersøkelsen i Hordaland i 2005 ble fulgt opp med en vinterbefaring på utvalgte lokaliteter, nye undersøkelser sommeren 2006 og gjenbesøk på noen lokaliteter i oktober 2006. Figur 2.6 viser tilstandsstatus i Hordaland basert på 2005 og 2006 undersøkelsene. 1/3-del av undersøkte lokaliteter hadde god tilstand med sukkertareskog, mens en drøy ¼-del hadde dårlig tilstand med lite eller ingen sukkertare og tett vegetasjon av ulike trådalger.

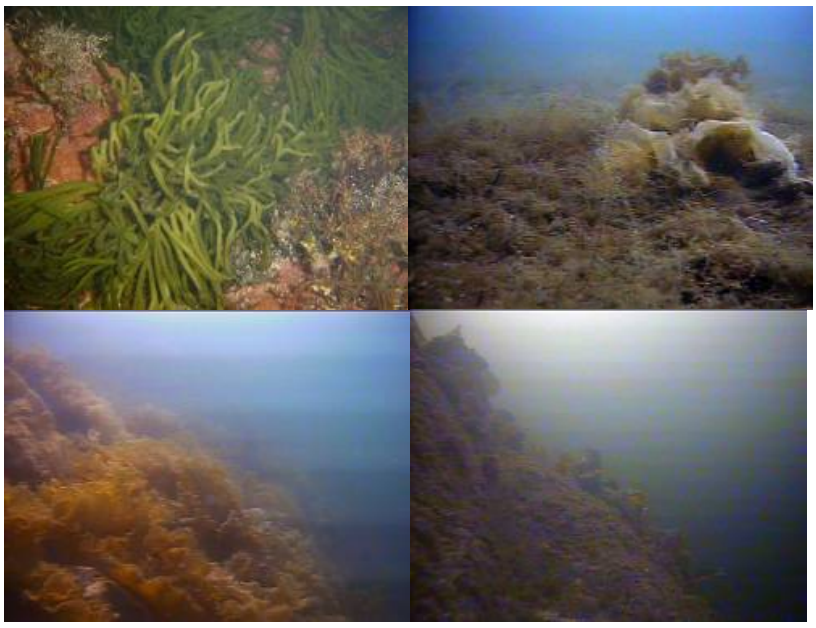
Lokalitetene nord og syd for Lerøy (Figur 2.7) har sukkertaredata tilbake til 1985 (K. Sjøtun, UiB, hovedfag). Spesielt stasjonen syd på Lerøy (stasjon 5) er fulgt opp med vinter-, sommer- og høstundersøkelser i 2006.

Undersøkelsene sommeren-05 viste at tidligere sukkertarevegetasjon hadde forsvunnet og var blitt erstattet av trådalger, vesentlig bleiktuste og martaum. Vinteren 2006 ble det observert ren bunn, men tilvekst av nye, unge sukkertarer (observasjoner av UiB). I juli og oktober ble det imidlertid ikke funnet sukkertare på stasjonen. På mer bølgeeksponerte lokaliteter syd på Lerøy (tidligere ikke undersøkt) ble det observert enkelte unge sukkertareindivider i en bunnvegetasjon dominert av trådformede alger med bleiktuste som den mest synlige. Bunnen var imidlertid ikke nedslammet slik en kan observere på stasjoner i Skagerrak. Sterk vekst av trådalger kan trolig bidra til dårlige livsvilkår for den unge taren. Også her var bunnen dominert av bart fjell i vinterhalvåret.



Figur 2.7 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Raunefjorden juli 2006.

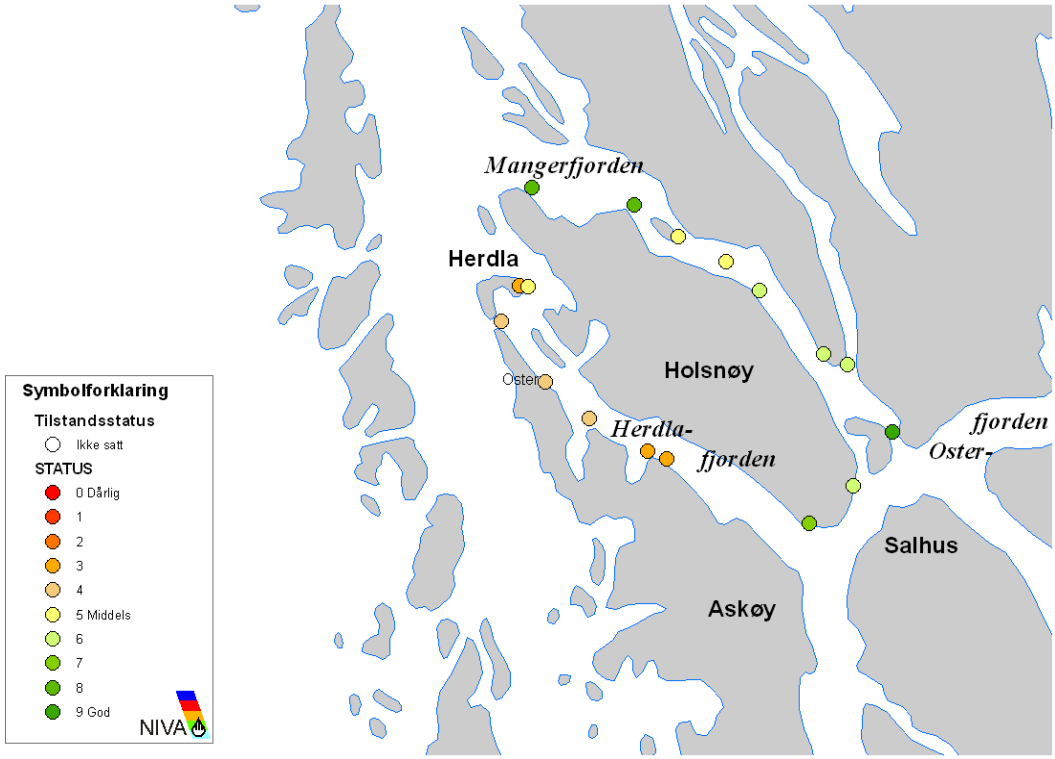
Ved gjenbesøk av stasjonen på nordsiden av Lerøy (stasjon 4) ble det observert frodig sukkertarevegetasjon i juli som var en klar tilvekst sammenliknet med 1985 og 2005 data. I oktober var imidlertid bestanden av sukkertare igjen redusert, men ekstremt dårlig vær på undersøkelsesdagen gjorde det vanskelig å foreta oppmåling av bestanden (jfr bilder under). Den varme sommeren er en sannsynlig årsak til reduksjonen i sukkertarebestanden. I høstundersøkelsen observerte vi også at den rike vegetasjonen av trådformede alger (både tuste, martaum og andre) hadde falt sammen og nå lå som et "kvelende" lag på bunnen eller hadde løsnet og ramlet ned i groper eller på flat bunn nedenfor, tilsvarende slik vi også observerte i Rogaland. Store partier med hvit belegg (*Beggiatoa*) indikerte nedbryting av sommerbiomassen.



Bilder fra stasjon 5 syd på Lerøy i Raunefjorden. I 1985 var sukkertare her dominerende. Venstre bildet viser tett forekomst av grønnalgen pollpryd i et belte på 1-2 m dyp. Bildet til høyre viser en enkelt, ung sukkertare i et teppe av tråd formede brunalger. (Juli-06)

Bilder av stasjon 4 nord på Lerøy i Raunefjorden. Frodig sukkertarevegetasjon i juli 2006 (venstre). Sterkt redusert sukkertarevegetasjon i oktober 2006 (høyre).

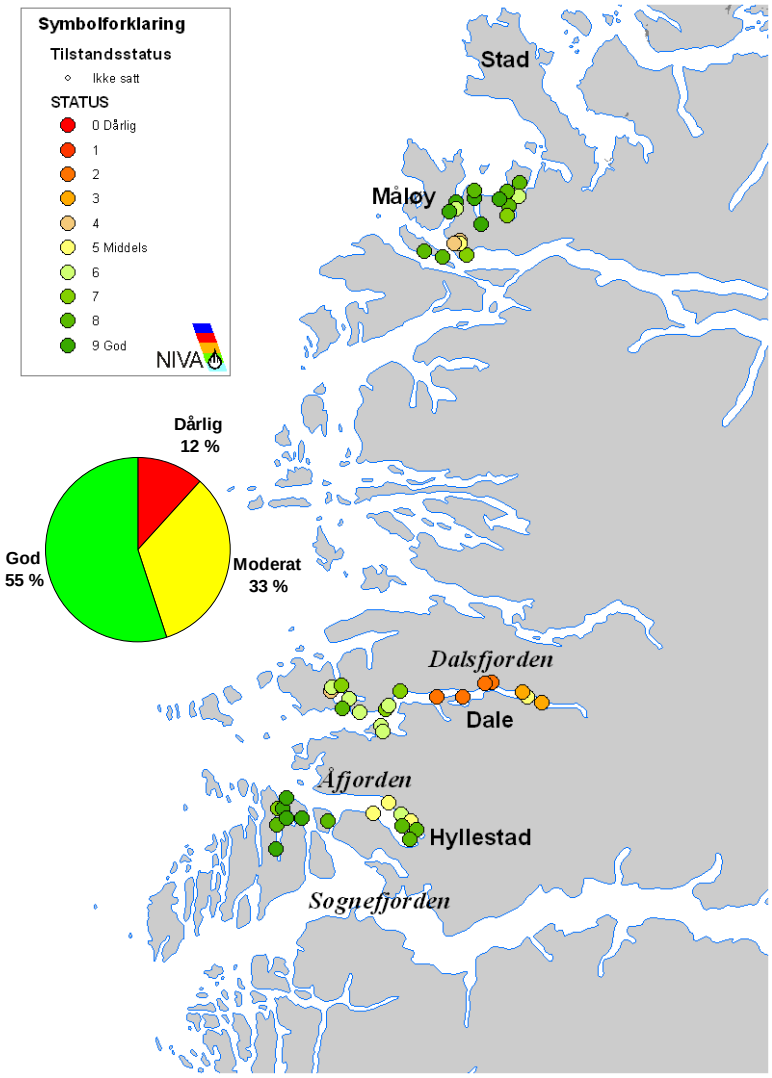
Fjordsystemene rundt Holsnøy er en annen type system enn Raunefjorden og Fensfjorden (som ble undersøkt i 2005). Disse fjordene, Herdlefjorden og Mangerfjorden, er knyttet til store fjordsystemer innenfor som Osterfjorden. Disse fjordene er preget av sterke tidevanns-strømmer som følge av store vannvolumer som skal ut og inn 2 ganger i døgnet. På strøm-utsatte lokaliteter ble det observerte rikelig med sukkertare og mindre forekomster av trådformede alger. Av resultatet vist i Figur 2.8, framgår at tilstandsstatusen var god i Mangerfjorden og sundet syd mot Osterfjorden, men redusert i Herdlafjorden. Siden munningen av Herdlafjorden er trang, antas det at vannutskiftning i denne fjorden er mindre sammenliknet med Mangerfjordsystemet, men likevel god. De fysiske forhold Herdlafjorden tilsier forventet frisk sukkertarevegetasjon ut fra den kunnskap vi i dag har om sukkertare. Eutrofi er sannsynlig årsak til den observerte store forekomsten av trådalger også i dette området.



Figur 2.8 Tilstand på lokaliteter undersøkt i fjordsystemene rundt Holsnøy juli 2006.

2.4 Sogn og Fjordane *av F. Moy, H. Christie og L. Tveiten*

Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Sogn og Fjordane var generelt god med unntak av områder med tydelig menneskelig påvirkning (tettsted) og med unntak av Dalsfjorden hvor tilstanden generelt ble karakterisert som dårlig med trådalgesamfunn i store deler av fjorden.



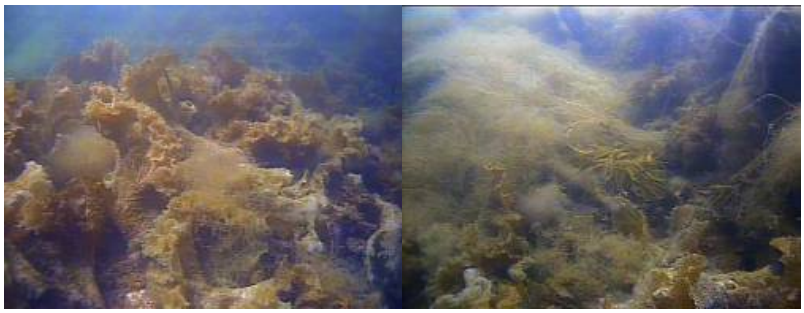
Figur 2.9 Lokaliteter undersøkt i Sogn og Fjordane (2006). Tilstandsstatus er vist med fargesymbol fra god (grønn) til middels (gul) og dårlig (rød). Diagrammet viser antall stasjoner som faller i 3 tilstandskategorier.

Tilstanden i Sogn og Fjordane var generelt god på de undersøkte lokaliteter, med unntak av Dalsfjorden og tettsteder med menneskelig påvirkning (Figur 2.9). God tilstand ble funnet på 55% av de undersøkte stasjoner, mens dårlig tilstand ble funnet på 12% av stasjonene.

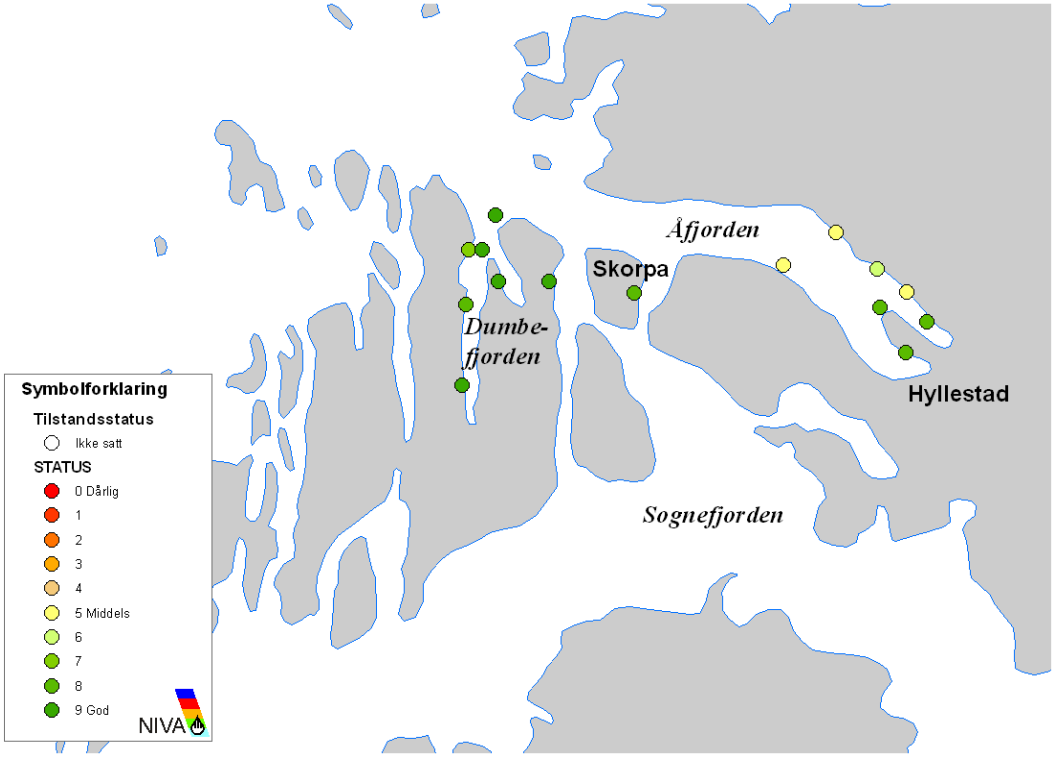
Redusert tilstand med lite eller ingen sukkertare og dominans av trådalger ble funnet i indre del av Åfjorden (Figur 2.10), som nevnt i Dalsfjorden (Figur 2.11) og i Skavøypollen ved Måløy (Figur 2.12).

Åfjorden er en åpen fjord med god vannutskiftning med havet utenfor. Redusert tilstand med lite sukkertare, dominans av trådalger og en del nedslamming skyldes derfor sannsynligvis lokal forurensning fra menneskelige aktiviteter. Hypotesen styrkes av observasjoner av bedre tilstand lengre inn i Åfjorden, men som samtidig er fjernere fra menneskelige aktiviteter.

Svartkluft, krasing og bleiktuste sammen med mange små trådformede arter og blågrønnalger dominerte vegetasjonen i indre Åfjorden med redusert tilstand (Tabell 3.5). Også i Dumbefjorden på Sula utenfor Åfjorden, ble det stedvis funnet sterk vekst av trådformede alger på bunnen og epifyttisk på både stortare og sukkertare. Men her var imidlertid forekomsten av tare god, slik at tilstanden ble vurdert som god.



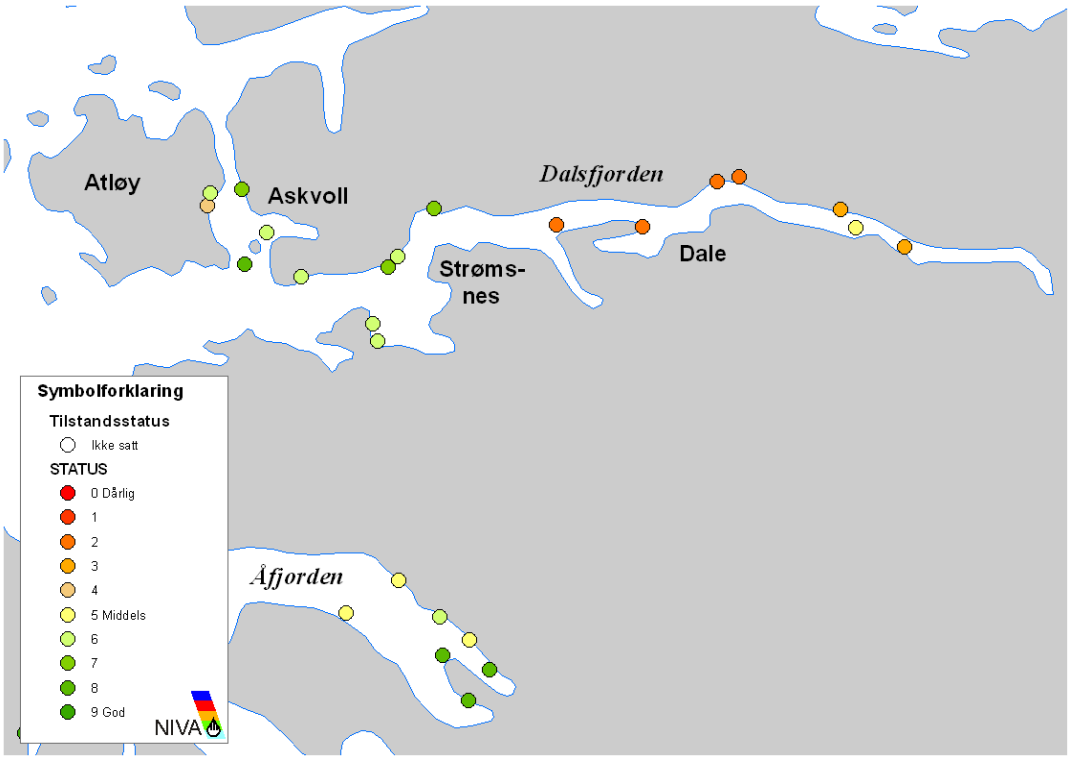
Bilde til venstre viser frodig sukkertarevegetasjon på den innerste stasjonen i Dumbefjorden utenfor Åfjorden. Bilde til høyre viser spredt forekomst av sukkertare i vegetasjon dominert av trådformede alger (bleiktuste) i indre del av Åfjorden



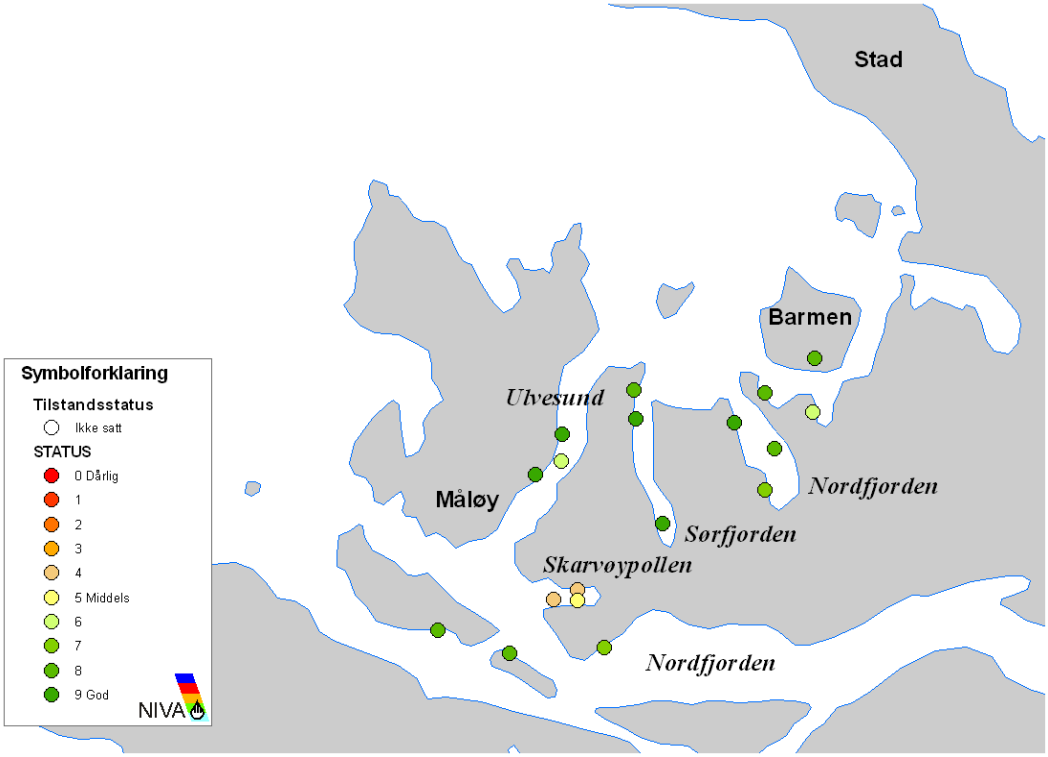
Figur 2.10 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Åfjorden og Dumbefjorden i Sogn og Fjordane sommeren 2006.

Dalsfjorden ble valgt til undersøkelse fordi den har vært foreslått som referansefjord i forbindelse med vannrammedirektivovervåking. Tilstanden i Dalsfjorden sommeren 2006 var imidlertid generelt dårlig innenfor Strømsneset (Figur 2.11) med lite eller ingen sukkertare og dominans av brune trådalger som brunskjegg og bleiktuste (se kap. 3). Tilstanden i fjorden gjør den uegnet som referansestasjon for biologisk mangfoldovervåking.

I fjordene ved Måløy var tilstanden god, med unntak i Skavøypollen (Figur 2.12). Skavøypollen var dominert av diverse rødalger hvor krusflik og krasing hadde størst biomasse. I prøvene ble det også funnet stor forekomst av blågrønnalger. Tilstanden var i stor grad lik den som er beskrevet for stasjoner med dårlig tilstand i Skagerrak. Sammenliknet med tilstanden i bølgebeskyttede poller/fjorder i Måløyområdet, som Sørfjorden og Nordfjorden (jfr. Figur 2.12), var det forventet å finne frisk sukkertarevegetasjon også i Skavøypollen. Ved Skavøypollen ligger imidlertid et tettsted og redusert tilstand skyldes derfor mest sannsynlig forurensning fra menneskelige aktiviteter.



Figur 2.11 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Dalsfjorden i Sogn og Fjordane sommeren 2006



Figur 2.12 Tilstand på lokaliteter undersøkt i fjorder ved Måløy i Sogn og Fjordane sommeren 2006



Bilde fra Dalsfjorden juli 2006.
Bildet viser et samfunn dominert av ulike tråd-formede alger. Enkelte sukkertareindivider helt overgrodd av epifytter kan observeres.



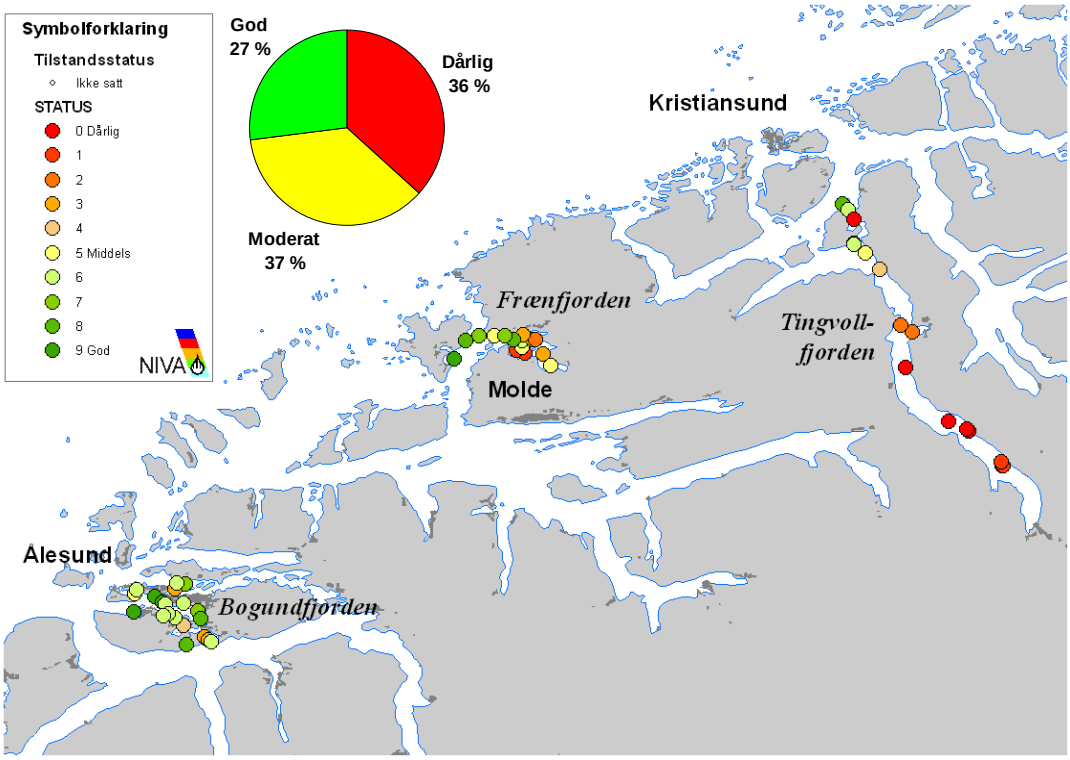
Bilde fra Nordfjorden i Måløy-området viser frodig sukkertarevegetasjon i en beskyttet fjord (juli-06).



Bilde fra Skavøypollen i Måløyområdet viser nedslammet trådalgesamfunn (juli-06).

2.5 Møre og Romsdal *av F. Moy, H. Christie og L. Tveiten*

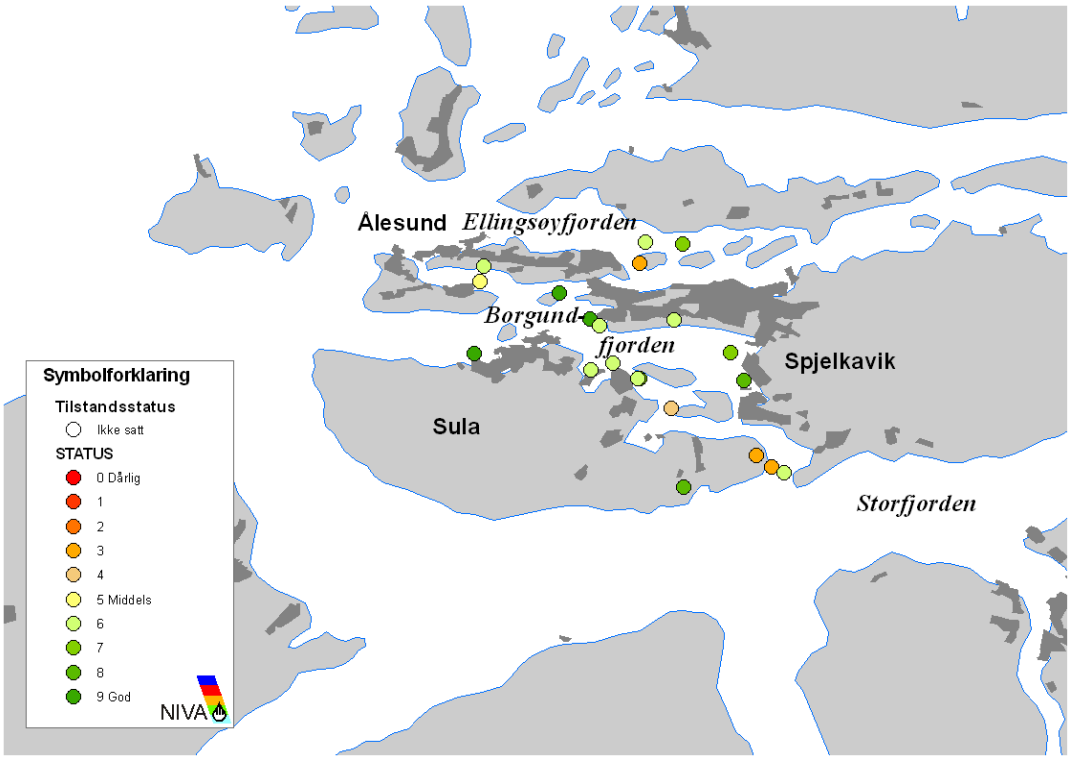
Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Møre og Romsdal var generelt god med unntak av områder med tydelig menneskelig påvirkning (tettsted) og redusert vanngjennomstrømming, og med unntak av Tingvollfjorden/Sunndalsfjorden som kan ha senskader av kråkebollebeiting i tillegg til evt. annen belastning. I Tingvoll-/Sunndalsfjorden ble det i 2006 bare registrert store mengder kråkeboller på de indre stasjonene i fjorden, mens vegetasjonen generelt var dominert av trådalger i hele fjorden og kun enkelte sukkertareplanter ble observert.



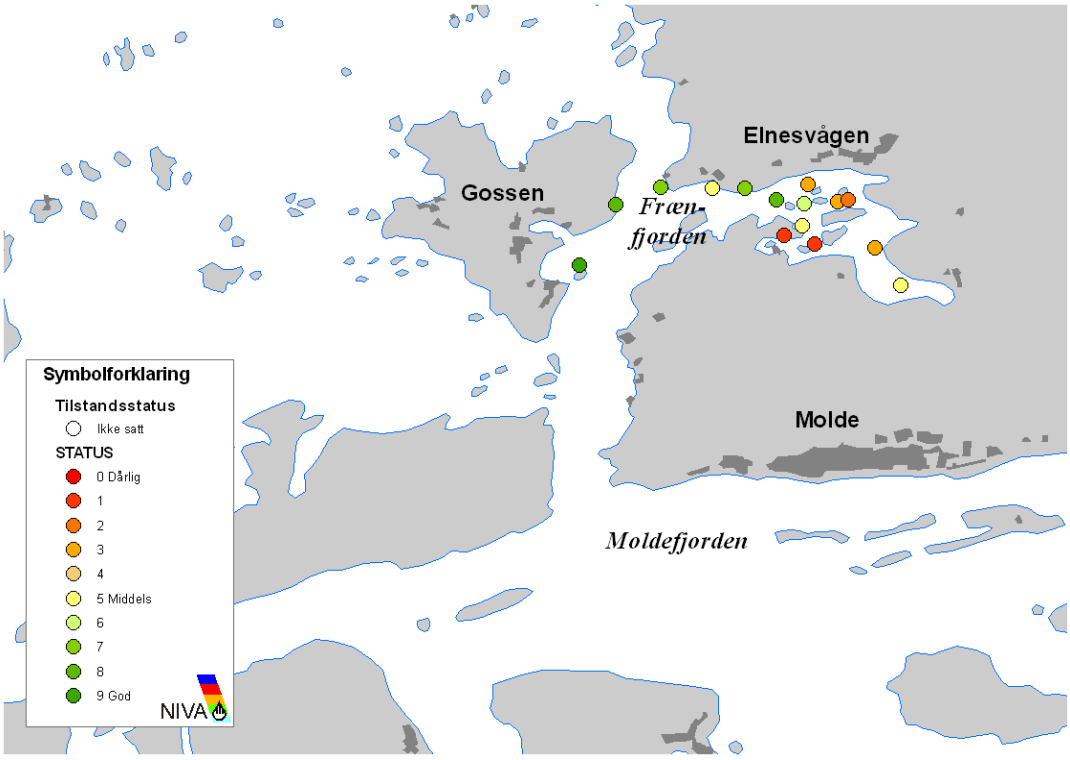
Figur 2.13 Lokaliteter undersøkt i Møre og Romsdal (2006). Tilstandsstatus er vist med fargesymbol fra god (grønn) til middels (gul) og dårlig (rød). Diagrammet viser antall stasjoner som faller i 3 tilstandskategorier.

Med unntak av Tingvollfjorden og indre deler av Frænfjorden ble det funnet god forekomst av sukkertare i ytre fjordpartier og i fjordene rundt Ålesund med enkelte unntak (Figur 2.13). Samlet sett ble det funnet god, moderat og dårlig tilstand på ca hver sin 1/3-del av de undersøkte lokalitetene. Tilstanden har antagelig sammenheng med tre ulike faktorer: a) kråkebollebeiting i Tingvollfjorden, b) redusert vannkvalitet i deler av Frænfjorden og c) stor vannutskiftning i Borgundfjordsystemet ved Ålesund. Frænfjorden er i motsetning til Borgundfjordsystemet er et lite system med tilsvarende mindre vanngjennomstrømming og Tingvollfjorden er en stor fjord, men lukket i enden og uten gjennomstrømming.

På de aller fleste lokaliteter i Ålesundsområdet ble det funnet frisk sukkertarevegetasjon, men på enkelte stasjoner ble det observert sterk vekst av trådalger og redusert forekomst av sukkertare (Figur 2.14). Tilstanden i Borgundfjorden synes å være lik med hva som ble funnet i undersøkelser i 1980-årene (Bokn et al 1979, Molvær og Bakke 1981). Det undersøkte området ligger langt ute mot kysten i et større fjordsystem (Figur 2.13) som gjør at tidevannsstrømmen gir daglig god vanngjennomstrømming i det undersøkte området.



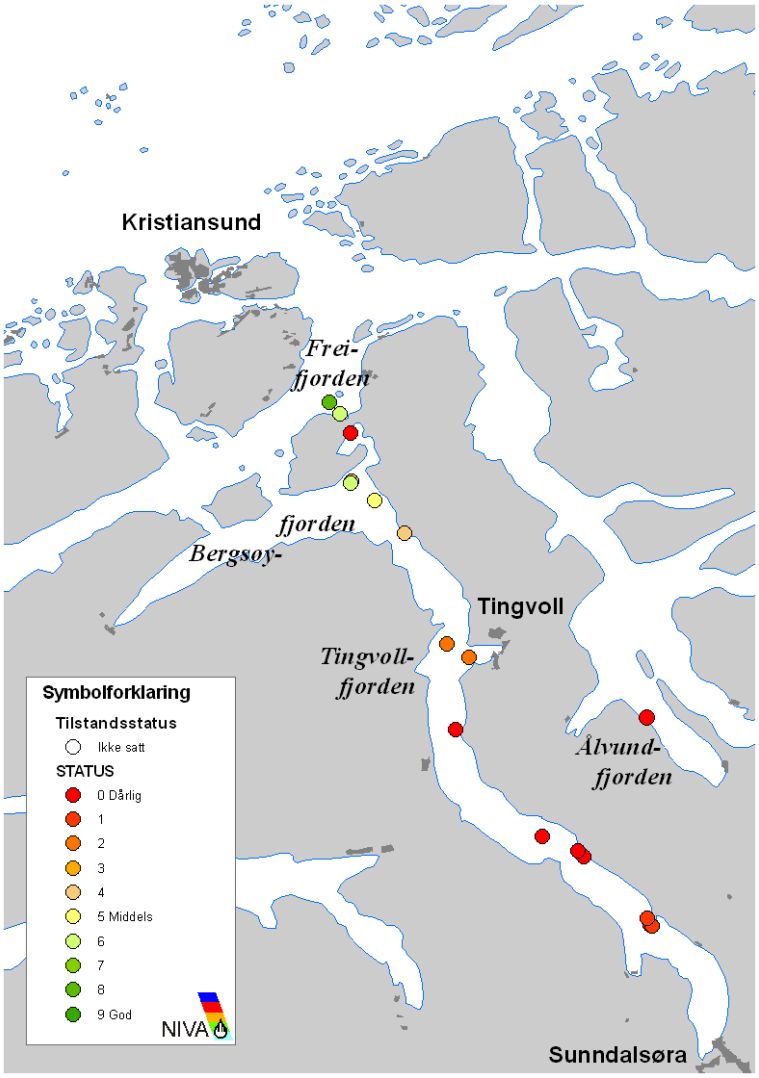
Figur 2.14 Tilstand på lokaliteter undersøkt i fjordene rundt Ålseund sommeren 2006.



Figur 2.15 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Frænfjorden nord for Molde sommeren 2006.

Tilstanden i ytre del av Frænfjorden og på en bølgebeskyttet lokalitet på Gossen ble karakterisert som god med friske sukkertareforekomster (Figur 2.15). På de aller mest bølge-beskyttede lokalitetene på øyene i indre Frænfjorden var bunnvegetasjonen sterkt redusert med dominans av hurtigvoksende trådalger og sterkt redusert forekomst av sukkertare. På den

innerste lokaliteten i Frænfjorden var imidlertid sukkertare igjen vanlig og tilstanden ble vurdert til middels ut fra mengdeforholdet mellom sukkertare og trådformede alger. Årsakene til dette er usikre og eventuelle belastninger er foreløpig ikke klarlagt, men en kombinasjon av menneskeskapt belastning og redusert vannutskiftning er sannsynlige årsaker.



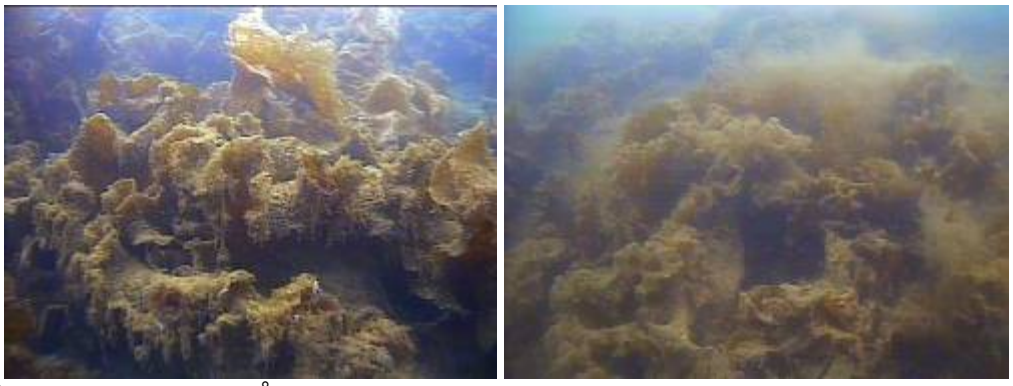
Figur 2.16 Tilstand på lokaliteter undersøkt i Tingvollfjorden og fjordsystemene utenfor mot Kristiansund, sommeren 2006.

I Tingvollfjorden ble det omtrent ikke funnet sukkertare, annet enn på mer bølgeutsatte lokaliteter i munningen mot Bergsøyfjorden (Figur 2.16). På lokaliteter i Freifjorden utenfor Tingvollfjorden, var tilstanden god. Tidligere undersøkelser (Pedersen 1990) har beskrevet forekomst av stortare og sukkertare på stasjoner helt inn mot Sunndalsøra. Disse stasjoner ble lagt til grunn for 2006-undersøkelsen. Pedersen 1990 skriver også at det ble observert tydelige effekter av kråkebollebeiting på vegetasjonen under 5-6 m dyp i store deler av fjorden. I 2006 ble det observert store mengder kråkeboller (*Echinus acutus*) på 15-20m dyp og store partier med bart fjell opp mot overflaten på de innerste undersøkte stasjonene. De øverste meterne var dominert av hurtigvoksende trådformede brunalger. Disse observasjonene indikerer sterk kråkebollebeiting i de aller innerste deler av Tingvollfjorden. Fjæresonen var bevokst med blæretang og grisetang.

Det ble også undersøkt en stasjon i Ålvundfjorden. Her ble det bare funnet trådformede alger, dominert av martaum og bleiktuste.



Bilder fra Flåøy innerst i Tingvoll-/Sunndalsfjorden. Bildene viser bart fjell med dotter av tynne trådformede brunalger (venstre) og tette ansamlinger av kråkeboller mot bunnen (høyre).



Bilder fra Fiskarstrand ved Ålesund (juli-06). Bildene viser hhv. nedslammet sukkertare (venstre) og sukkertare overgrodd med tynne trådformede epifytter (høyre). Bestanden av sukkertare var god og tilstanden ble vurdert som over middels tilstand.



Bilder fra Frænfjorden (juli-06). Bilde til venstre viser sterk vekst av sjøpungen *Ciona intestinalis* (hvite objekter) på bunnen og epifyttisk vekst på spredt bestand av sukkertare innerst i Malmefjorden innenfor Frænfjorden. *Ciona* er en filtrerende organisme og stor forekomst kan være et tegn på mye næringspartikler i vannet. Bilde til høyre viser et enkeltfunn av sukkertare og vegetasjon dominert av martaum og trådformede brunalger som var typisk for mange indre lokaliteter på øyene i indre Frænfjorden.



Bilder fra ytre del av Tingvollfjorden (juli-06). Bildene viser typisk undervannsvegetasjon dominert av martaum som står opp (venstre) og bleiktuste som ligger som et teppe på bunnen (høyre).

3. Arter i algematta *av F. Moy, J. Gitmark, T. Johnsen og W. Eikrem*

Prøver av flora og fauna viser at samfunnet på stasjoner med redusert sukkertareforekomst var dominert av trådformede alger. Rødalger dominerte på Skagerrakkysten mens brunalger dominerte på Vestlandet. I tillegg til makroalger ble det også observert og artsbestemt mikroalger og blågrønnalger.

Sukkertareskog inneholder mange vanlige følgearter. Artssammensetningen av følgearter endrer seg langs kysten (Tabell 3.1) og reflekterer kystens ulike økoregioner (jfr. 26 geografiske regioner i Brattegard og Holthe 1997). Rødalgene dominerer undervegetasjonen. Det henger naturlig sammen med at rødalgene er tilpasset vekst i lite lys som er tilfellet i en tett sukkertareskog.

Som del av de regionale undersøkelsene av sukkertare i 2006 (jfr. kap. 2), ble det samlet inn prøver av undervegetasjonen på ca. 6 m dyp på utvalgte stasjoner hvor sukkertaretilstanden var dårlig. Dette for å sammenlikne artssammensetningen i algematta som overtar der hvor forekomsten av sukkertare går tilbake. På hver stasjon ble det samlet inn 3 ruter av 20x20 cm. Prøvene opparbeides med hensyn på makroalger, mikroalger og dyr (jfr. kap. 4). Det ble funnet et meget stort antall makroalger i prøvene og resultatene er vist i Tabell 3.2 til Tabell 3.6. Antall arter varierte betydelig i prøvene, fra ca. 50 arter i Skagerrak til 62 i Rogaland og 31 i Møre og Romsdal. (HO=56 og SF=37). Algemengden varierte også betydelig fra under 50 gram friskvekt på de fleste stasjoner til over 150 g på Rennesøy i Rogaland (Figur 3.1).

Tabell 3.1 Vanlige arter i sukkertareskog på kysten av Skagerrak, Lista, Rogaland (RO) og Hordaland (HO). d=dominerende, v=vanlig, s=spredt og e=enkeltindivider.

	Skagerrak	Lista	RO	HO		Algeklasse
Saccharina latissima	d	d	d	d	sukkertare	B
Laminaria hyperborea	e	s	s	v	stortare	B
Callophyllis laciniata				s	rødhånd	R
Dictyota dichotoma			v	v	tvebendel	B
Phycodrys rubens			v	v	eikeving	R
Chaetomorpha melagonium			s	s	laksesnøre	G
Ptilota plumosa			s	s	draugfjær	R
Halidrys siliquosa			s	s	skolmetang	B
Membranoptera alata			s	s	smalving	R
Palmaria palmata		s	v	v	søl	R
Sphacelaria spp	s	s	s	s	bruntufs	B
Corallina officinalis	v	s	v	s	krasing	R
Delesseria sanguinea	v	v	v	s	fagerving	R
Chondrus crispus	v	s	s	s	krusflik	R
Lomentaria clavellosa	v	s	s	s	vanlig rosenrør	R
Desmarestia aculeata	s	s	s	v	stivt kjerringhår	B
Desmarestia viridis	s	s	s	s	mykt kjerringhår	B
Polysiphonia urceolata	s	s	s	s	røddokke	R
Trailliella intricata	s	s	s	s	rødlo	R
Ectocarpus fasciculatus	s	s	s	s	brunsli	B
Callithamnion corymbosum	s	s			pyntehavpryd	R
Heterosiphonia plumosa	s	s			sjølyng	R
Ceramium rubrum	s	s			rekeklo	R
Cystoclonium purpureum	s				fiskeløk	R
Dilsea carnosa	s				kjøttblad	R
Furcellaria lumbricalis	s				svartkluft	R
Pterothamnion plumula	s				vanlig havdun	R
Rhodomela confervoides	s				tegnebusk	R
Phyllophora truncata	s				hummerblekke	R
Brongniartella byssoides	s				fagerdokke	R

Tabell 3.2 %-forekomst av alger i prøver fra 6 m dyp på lokaliteter i Skagerrak (aug-06). Snitt beregnet fra 3 parallelle prøver av 20x20 cm (sum er ca. 100%). +: mindre enn 1%.

Alge-gruppe	Type (BR=blad/rør, FI=trådformet, GF=grov forgrenet, TL=tykk læraktig, KA=kalkalge)		12 Viksfjord (Larvik) 22Ternehlm (Arendal) 32Tvillinghlm (Grimstad) 42 Midtfjskj (Lindesnes)				
Tarevegetasjon		*Saccharina latissima*	spredt	ingen	sjelden	sjelden	sukkertare
BRUN	BL	*Asperococcus bullosus*			1,5	2,1	vortesmokk
		Asperococcus fistulosus		+	1,3		smal vortesmokk
		Spermatochnus paradoxus			+	**40**	bleiktuste
	FI	*Desmarestia viridis*			7,4		mykt kjerringhår
		Ectocarpus fasciculatus		1,7	+		brunsli
		Ectocarpus sp.		+		+	brunsli (ubestemt)
		Sphacelaria cirrosa	1,0		+	+	bruntufs
		Sphacelaria plumosa		1,4		+	fjærtufs
		Sphacelaria radicans		4,0	+		bruntufsart
		Sphacelaria sp.			+	1,0	bruntufs ubestemt
	GF	*Chordaria flagelliformis*			+		strandtagl
		Mesogloea vermiculata				+	bruntrevl
	TL	*Chorda filum*		5,7	+	17,1	martaum
		Fucus sp.	+				tang
		Halidrys siliquosus	+				skolmetang
		Laminaria sp. *juvenil*	1,7	+		+	ung tare
BRUN prosentandel			3	14	11	62	
GRØNN	FI	*Acrosiphonia centralis*			+		grønndott
		Cladophora albida	+	3,6		+	bleikgrønndusk
		Cladophora rupestris			+	+	vanlig grønndusk
		Cladophora sp.			+		grønndusk (ubestemt)
		Codium fragile				+	pollpryd
		Rhizoclonium implexum		1,0	+	+	kryptråd
GRØNN prosentandel			+	5	+	+	
RØD	BL	*Chylocladia verticillata*		+	21	+	kransrør
		Delesseria sanguinea	**43**	+		+	fagerving
		Phycodrys rubens	1,1				eikeving
		Lomentaria clavellosa				+	vanlig rosenrør
	FI	*Callithamnion* sp.	+				havpryd
		Brongniartella byssoides		+	+	+	fagerdokke
		Ceramium cf. *secundatum*	+				rekeklo
		Ceramium sp.		+	1,4		rekeklo
		Ceramium tenuicorne		+		+	rekeklo
		Ceramium virgatum	3,5		+	+	rekeklo
		Heterosiphonia japonica		+	+	+	japansk sjølyng
		Heterosiphonia plumosa		+		+	sjølyng
		Polysiphonia elongata	+	21,0	+	+	stilkdokke
		Polysiphonia fucoides	+			+	svartdokke
		Polysiphonia stricta		+	+	+	røddokke
		Pterothamnion plumula	1,0				vanlig havdun
		Rhodomela confervoides	+	6,2		+	tegnebusk
		Spermothamnion repens			+		kryplo
		Stylonema alsidii			+		gaffelgrenet stjernetråd
		Trailliella intricata	16,7	**23**	1,0	+	rødlo
	KA	*Corralina officinalis*	6	2	21	10	krasing
	TL	cf. *Ahnfeltia plicta*	+				sjøris
		Chondrus crispus	3,8	11,8	12,7	14,5	krusflik
		Coccotylus truncatus		1,9		2,4	hummerblekke
		Cystoclonium purpureum	+				fiskeløk
		Furcellaria lumbricalis	2,0	+	**28**	5,2	svartkluft
		Phyllophora pseudoceranoides	13,4	+		3,5	krusblekke
		Polyides rotundus	+	+			rødkluft
RØD prosentandel			94	72	87	37	
Rest prosentandel diverse ubestemte alger			30	49	5	3	
Total		vekt g ww	31,2	17,5	16,5	64,1	

Tabell 3.3 %-forekomst av alger i prøver fra 6 m dyp på lokaliteter i Rogaland (juli-06). Snitt beregnet fra 3 parallelle prøver av 20x20 cm (sum er ca. 100%). +: mindre enn 1%.

GRUPPE	TYPE	BR=blad/rør, FI=trådformet, GF=grov forgrenet, TL=tykk læraktig, KA=kalkalge ART	Lauvvikshlm (Høgsfjorden) Tingshlm (ytterst i Høgsfjorden) Rennesøy (Mastrafjorden) Skoghlm (Ombo, Garsundfjorden)				
Tarevegetasjon:		Saccharina latissima	ingen	spredt	ingen	ingen	sukkertare
BRUN	BL	*Asperococcus bullosus*		+	1	1	vortesmokk
		Asperococcus fistulosus	+	2	3	3	smal vortesmokk
		Spermatochnus paradoxus	24	**82**	12	**50**	bleiktuste
	FI	*Acrothrix gracilis*			+		flutagl
		cf. *Hincksia ovata*			+		tangloart
		Desmarestia viridis	+				mykt kjerringhår
		Ectocarpales	+		1	+	brunsli (ubestemt)
		Ectocarpus fasciculatus			+		brunsli
		Ectocarpus siliculosus	+		+		brunsli
		Ectocarpus sp.		+			brunsli (ubestemt)
		Elachista fucicola		+			tanglo
		Sphacelaria cirrosa	+	+	+	+	bruntufs
		Sphacelaria plumosa	+				fjærtufs
		Sphacelaria sp.	+	+	+	+	bruntufs ubestemt
		Stictyosiphon tortilis	10				langcellet brunskjegg
	GF	*Chordaria flagelliformis*		+			strandtagl
		Dictyosiphon foeniculaceus			+	+	finsveig
		Mesogloia vermiculata			+	+	bruntrevl
		Desmarestia aculeata			+		stivt kjerringhår
	TL	*Chorda filum*	1	+	**33**	9	martaum
		Dictyota dichotoma		+	1	8	tvebendel
		Fucus vesiculosus		+			blæretang
		Laminaria sp. juvenil			+		ung tare
		Saccharina latissima juvenil			+	2	ung sukkertare
		Fucus sp.			+		tang
BRUN prosentandel			37	86	53	73	
GRØNN	BL	*Ulva lactuca*			+		havsalat
		Ulva cf. *prolifera*			+		grenet tarmgrønske
	FI	*Acrosiphonia arcta*		+			grønndott
		Chaetomorpha melangonium		+			laksesnøre
		Cladophora albida	10	+	2		bleikgrønndusk
		Cladophora sericea		+	2		silkegrønndusk
		Cladophora sp.	+				grønndusk (ubestemt)
		Rhizoclonium implexum	+	+	+		kryptråd
		Rhizoclonium tortuosum	2				kryptråd
		Ulothrix sp.	+	+	+		grønnhår
		Ulothrix subflaccida	+	+			grønnhår
		Spongomorpha aeruginosa			+		liten grønndott
GRØNN prosentandel			14	+	4		
RØD	BL	*Chylocladia verticillata*	+	2	+		kransrør
	FI	*Brongniartella byssoides*	+	+	+		fagerdokke
		Ceramium cf. *cimbricum*			+		rekeklo
		Ceramium cf. *virgatum*			+		rekeklo
		Ceramium sp.		+		+	rekeklo
		Ceramium tenuicorne	+	+			rekeklo
		Ceramium virgatum		+			rekeklo
		Cystoclonium purpureum	31				fiskeløk
		Heterosiphonia japonica	+				japansk sjølyng
		Polysiphonia brodiaei			+		penseldokke
		Polysiphonia elongata	+	+	+		stilkdokke
		Polysiphonia fibrillosa			+		tangdokke
		Polysiphonia fucoides	+	+	+		svartdokke
		Polysiphonia stricta			+		røddokke
		Rhodomela confervoides	10				tegnebusk
		Seirospora seirosperma		+			perlesporealge
		Stylonema alsidii		+			gaffelgrenet stjernetråd
		Trailliella intricata	+	+	9	3	rødlo
	KA	*Corralina officinalis*	+	+	+	15	krasing
(Forts.)		*Lithothamnion* sp.		+			rugl

	TL	*Chondrus crispus*	+	5	13	3	krusflik
		Gelidium latifolium	+	3			bred agaralge
		Furcellaria lumbricalis			17		svartkluft
		cf. *Rhodophyllis divaricata*			+		rødflik
RØD prosentandel			44	12	41	22	
REST prosentandel, en miks av mange arter			12	2	6	10	
Total		vekt g ww	49	89	157	128	

Tabell 3.4 %-forekomst av alger i prøver fra 6 m dyp på lokaliteter i Hordaland (juli-06). Snitt beregnet fra 3 parallelle prøver av 20x20 cm (sum er ca. 100%). +: mindre enn 1%.

Alge-gruppe	BR=blad/rør, FI=trådformet, GF=grov forgrenet, TL=tykk læraktig, KA=kalkalge TYPE	ART	Bashlm (Herdla) Hegernes (Herdlafjorden) Langøyna (Raunefjorden nord av Lerøy) Sauaneset (Store Milde)				
Tarevegetasjon:		*Saccharina latissima*	dom.	ingen	dom.	sjelden	sukkertare
BRUN	BL	*Asperococcus bullosus*			+		vortesmokk
		Asperococcus fistulosus	+	+		1	smal vortesmokk
		Spermatochnus paradoxus		7	+	+	bleiktuste
	FI	*Cladostephus spongiosus*			+		piperensseralge
		Desmarestia viridis		7			mykt kjerringhår
		Ectocarpus fasciculatus	+				brunsli
		Ectocarpus sp.		2	+	5	brunsli (ubestemt)
		Hincksia cf. *ovata*				+	tangloart
		Sphacelaria cirrosa	+		+	+	bruntufs
		Sphacelaria plumosa		+		17	fjærtufs
		Sphacelaria sp.		+	+	6	bruntufs ubestemt
		Stictyosiphon tortilis		**74**		+	langcellet brunskjegg
		Striaria attenuata		1			stripesveig
	TL	*Chorda filum*		+	+	3	martaum
		Dictyota dichotoma			2	+	tvebendel
		Fucus sp.			1		tang
		Fucus vesiculosus				2	blæretang
		Laminara sp. juvenil			1		ung tare
		Saccharina latissima	23				sukkertare
		Saccharina latissima juvenil		+			ung sukkertare
		Sargassum muticum	+				japansk drivtang
BRUN prosentandel			25	93	7	34	
GRØNN	BL	cf. *Monostroma* sp.			+		grønnhinne
		Ulva compressa	+				grenet tarmgrønske
	FI	*Acrosiphonia centralis*		2			grønndott
		Chaetomorpha melangonium			+		laksesnøre
		Cladophora albida	+		+		bleikgrønndusk
		Cladophora cf. *albida*		+			bleikgrønndusk
		Cladophora sericea	+				silkegrønndusk
		Cladophora sp.		+		+	grønndusk (ubestemt)
		Cladophora vagabunda				+	drivgrønndusk
		Rhizoclonium implexum	+	+		+	kryptråd
		Spongomorpha aeruginosa	+				liten grønndott
		Ulothrix sp.				+	grønnhår
GRØNN prosentandel			2	3	+	1	
RØD	BL	*Chylocladia verticillata*			8	+	kransrør
		Delesseria sanguinea	**49**		21	+	fagerving
		Membranoptera alata	+			+	smalving
		Odonthalia dentata	+				tannskåring
		Phycodrys rubens	1				eikeving
	FI	*Brongniartella byssoides*	+				fagerdokke
		Ceramium cf. *tenuicorne*				+	rekeklo
		Ceramium sp.		+			rekeklo
		Ceramium sp.				+	rekeklo
		Ceramium tenuicorne				+	rekeklo
		Ceramium virgatum	+				rekeklo
		Cystoclonium purpureum	10	+	+	1	fiskeløk
		Heterosiphonia japonica	4	+	3		japansk sjølyng
(Forts.)		*Heterosiphonia plumosa*				+	sjølyng
		Polysiphonia elongata				3	stilkdokke

		Polysiphonia fucoides	+				svartdokke
		Polysiphonia stricta	5	+		+	røddokke
		Rhodomela confervoides	+		+	**29**	tegnebusk
		Trailliella intricata	1	2	2	+	rødlo
	KA	*Corralina officinalis*			+	9	krasing
	TL	*Chondrus crispus*			**52**	5	krusflik
		Furcellaria lumbricalis				5	svartkluft
		Polyides rotundus			4		rødkluft
RØD prosentandel			74	4	91	53	
Rest			4	8	5	19	
Total		vekt g ww	32	30	20	40	

Tabell 3.5 %-forekomst av alger i prøver fra 6 m dyp på lokaliteter i Sogn og Fjordane (8/06). Snitt beregnet fra 3 parallelle prøver av 20x20 cm (sum er ca. 100%). +: mindre enn 1%.

Alge-gruppe	BR=blad/rør, Fl=trådformet, GF=grov forgrenet, TL=tykk læraktig, KA=kalkalge TYPE	ART	Dalsøyna (Dalsfjorden)	Åfjorden (Leirpollen, Hyllestad)	Skavøypollen (ved Måløy)	
Tarevegetasjon:		*Saccharina latissima*	ingen	vanlig	ingen	sukkertare
BRUN	BL	*Asperococcus bullosus*		1		vortesmokk
		Asperococcus fistulosus	2	2	2	smal vortesmokk
		Spermatochnus paradoxus	**18**	**46**	5	Bleiktuste
	Fl	*Cladostephus spongiosus*	16			piperensseralge
		Dictyosiphon foeniculaceus		+		Finsveig
		Ectocarpales	2	2		brunsli (ubestemt)
		Ectocarpus sp.	3		8	brunsli (ubestemt)
		Sphacelaria cirrosa		+	3	Bruntufs
		Sphacelaria plumosa	+		+	Fjærtufs
		Sphacelaria sp.	+	3	6	bruntufs ubestemt
		Stictyosiphon soriferus	9		+	kortcellet brunskjegg
		Stictyosiphon tortilis	16		+	langcellet brunskjegg
		Striaria attenuata	1			stripesveig
	TL	*Chorda filum*	+	+	+	Martaum
		Dictyota dichotoma		+		Tvebendel
		Fucus serratus		3		Sagtang
		Halidrys siliquosa			+	skolmetang
		Saccharina latissima juvenil		5		ung sukkertare
BRUN Prosentandel			68	63	26	
GRØNN	BL	*Ulva intestinalis*	2	+	+	tarmgrønske
	Fl	*Acrosiphonia centralis*		+	+	Grønndott
		Cladophora albida	+			bleikgrønndusk
		Cladophora sp.	+	+	+	Grønndusk (ubestemt)
		Rhizoclonium implexum	4	+	+	Kryptråd
GRØNN Prosentandel			6	1	+	
RØD	BL	*Rhodophyllis divaricata*		+	+	Rødflik
	Fl	*Brongniartella byssoides*	+	1		fagerdokke
		Ceramium tenuicorne		+		Rekeklo
		Ceramium virgatum	+		+	Rekeklo
		Griffithsia corallinoides		+		Leddbusk
		Heterosiphonia japonica	1	2	4	japansk sjølyng
		Polysiphonia elongata		+		Stilkdokke
		Polysiphonia stricta	1	+	2	Røddokke
		Rhodomela confervoides		+		Tegnebusk
		Trailliella intricata		3	+	Rødlo
	KA	*Corralina officinalis*		5	12	Krasing
	TL	*Chondrus crispus*		5	**25**	Krusflik
		Furcellaria lumbricalis		17	2	Svartkluft
		Polyides rotundus		+		Rødkluft
RØD Prosentandel			3	35	47	
Rest Prosentandel			63	10	42	
Total		vekt g ww	45	51	27	

Tabell 3.6 %-forekomst av alger i prøver fra 6 m dyp på lokaliteter i Møre og Romsdal (8/06). Snitt beregnet fra 3 parallelle prøver av 20x20 cm (sum er ca. 100%). +: mindre enn 1%.

Alge-gruppe	BR=blad/rør, FI=trådformet, GF=grov forgrenet, TL=tykk læraktig, KA=kalkalge TYPE	ART	Hankøy (Borgundfjorden, Ålesund) Langøya (Elnesvågen, Fræna) Tveekrehlm (Tingvollfjorden)			
Tarevegetasjon:		*Saccharina latissima*	sjelden	spredt	sjelden	sukkertare
BRUN	BL	*Asperococcus bullosus*		2		Bred vortesmokk
		Asperococcus fistulosus	+	2		smal vortesmokk
		Spermatochnus paradoxus	**52**	**34**		bleiktuste
	FI	*Ectocarpus* sp.	+	+		brunsli
		Sphacelaria cirrosa	+			bruntufs
		Sphacelaria sp.		2	+	bruntufs
		Sphacelaria plumosa	+	+		brunfjær
		Stictyosiphon cf. *soriferus*		+		kortcellet brunskjegg
	TL	*Chorda filum*	+	6		martaum
		Dictyota dichotoma	+			tvebendel
		Fucus serratus	3			sagtang
		Halidrys siliquosus	1	39		skolmetufs
		Laminaria sp. juvenil		+		ung tare
BRUN prosentandel			59	87	+	
GRØNN	FI	*Acrosiphonia centralis*		+		grønndusk
		Acrosiphonia sp.			+	grønndusk
		Cladophora cf. *albida*	+	2		bleikgrønndusk
		Cladophora sp.	+	+	+	grønndusk
		Rhizoclonium implexum	2	+	+	kryptråd
	GF	*Codium fragile*	+	3		
GRØNN prosentandel			2	5	+	
RØD	FI	*Callithamnion corymbosum*		+	+	gaffelgrenet havpryd
		Callithamnion sp.			+	havpryd
		Ceramium sp.	+	+	+	rekekloslekten
		Ceramium tenuicorne	+		+	vanlig rekeklo
		Cystoclonium purpureum	21			fiskeløk
		Heterosiphonia japonica	+		**96**	japansk sjølyng
		Polysiphonia elongata	2	+	+	stilkdokke
		Polysiphonia stricta	2	+		røddokke
		Rhodomela confervoides	2	+		teinebusk
		Trailliella intricata	6	3	+	rødlo
	KA	*Corralina officinalis*	+	+		krassing
		Lithothamnion sp.			+	rugl
	TL	*Osmundea truncata*	2			pepperalge
RØD prosentandel			35	4	98	
Rest			18	13		
Total	vekt g ww		42	16	45	



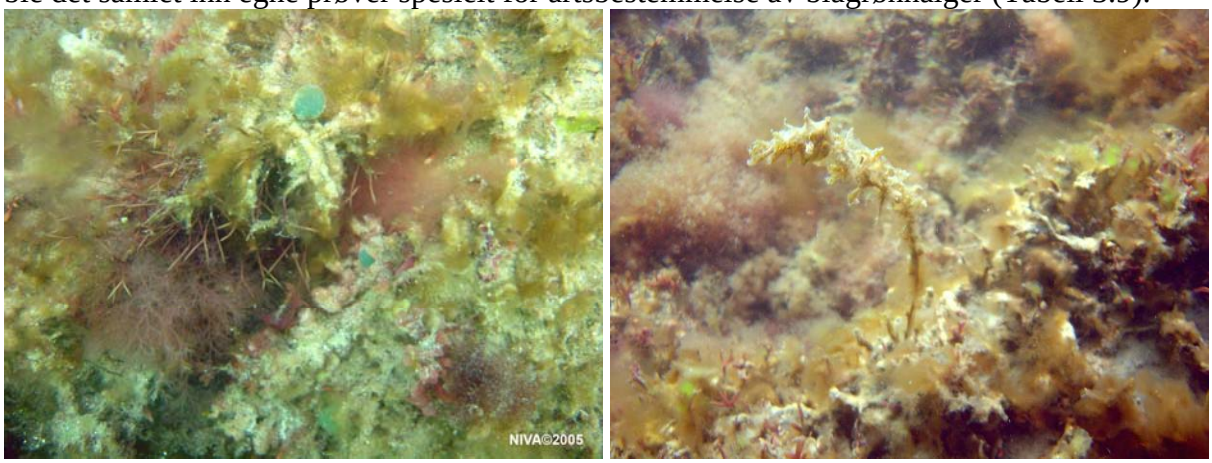
Figur 3.1 Biomasse (g våtvekt) av makroalger i prøver (20x20cm) av algematta på 6m dyp. SK=Skagerrak, RO=Rogaland, HO=Hordaland, SF=Sogn og Fjordane, MR=Møre og Romsdal

Selv innen regionen Skagerrak er det stor geografisk variasjon i artssammensetninge i algematta. På stasjon Viksfjord ved Larvik dominerer rødalgen fagerving. På Terneholmen utenfor Arendal dominerer rødlo og på Tvillingholmen utenfor Grimstad er svartkluft den dominerende. Men på Midtfjordskjæra ved Lindesnes var brunlagen bleiktuste totalt dominerende (Tabell 3.2). Lindesnes-området har således store likheter med vegetasjonen på Vestlandet. Det er heller ikke sterk nedslamming på Lindesnes som på øvrige stasjoner i Skagerrak. I Rogaland var bleiktuste den dominerende arten. Bleiktuste er en kortlevet sommeralge som kan blomstre opp i betydelige mengder. Det er en grovt forgrenet lys brun alge og skaper et nærmest ull-liknende teppe på bunnen (jfr bilde side 22). På høsten dør den og blir fort borte, dvs. at den rives lett i stykker og synker ned for å råtne. Bleiktuste var vanlig til dominerende også på de øvrige stasjoner på Vestlandet (med få unntak). På den nordligste stasjonen, Tveekreholmen i Tingvollfjorden, dominerte imidlertid den introduserte arten japansk sjølyng. Det er stor skipstrafikk i Tingvoll-/Sunndalsfjorden og spredning via skip er en sannsynlig transportvei.

Mikroalger

Til tider opptrer mikroorganismer som blågrønnalger og bentiske diatoméer i så store mengder at de er direkte synlige som sli eller overtrekk på bunnvegetasjonen (Figur 3.2). Prøver av algematta og av bunnslammet er derfor også undersøkt med hensyn til mikro-organismer. Dette er et tidkrevende arbeid og foreløpig er et utvalg av prøver blitt opp-arbeidet. Resultatet viser imidlertid stor forekomst av mikroorganismer, og de kan derfor være en viktig brikke i det økologiske samspillet med konsekvenser for hvordan samfunnet utvikler seg. Flere av de påviste artene har kjent giftvirkning og dette kan også tenkes å spille en rolle. Vi vet ikke nok til å kunne vurdere betydningen av funnene og vil derfor på nåværende tidspunkt nøye oss med å rapportere en del resultater fra prøvene.

I Tabell 3.7 vises en oversikt over forekomsten av ulike mikroorganismer og rester av større alger i bunnslamprøver innsamlet på dykkestasjonene langs kysten fra Skagerrak til Møre og Romsdal sommeren 2006. Tabellen viser at det er stort spekter av organismer og stor varia-sjon fra stasjon til stasjon. Det synes så langt ikke å være et umiddelbart mønster i resultatene. Tabell 3.8 viser forekomst av mikroorganismer som var lett synlige og identifiserbare i prøvene av algematta, det vil si i prøver beregnet for opparbeidelse av makroflora/-fauna. Forekomst er et røft estimat da det er vanskelig å måle dette. Forekomst gir en indikasjon på lite eller mye mikroorganismer i algematta. For eksempel ble det funnet mye blågrønnalger på stasjon Skavøypollen ved Måløy. Her og fra Terneholmen, Arendal, og en stasjon i Åfjorden, ble det samlet inn egne prøver spesielt for artsbestemmelse av blågrønnalger (Tabell 3.9).



Figur 3.2 Bilder fra Tvillingholmen, Grimstad (venstre) og Terneholmen, Arendal (høyre), viser vegetasjon om våren helt overgrodd av blågrønnalger, bentiske diatoméer og andre mikroorganismer.

Tabell 3.7 Forekomst av mikroorganismer i bunnslamprøver fra 6 m dyp innsamlet på kyststrekningen Skagerrak til Møre og Romsdal i juli-aug 2006.
Symbol: + = registrert, ++ = lite, +++ = moderate mengder, ++++ = mye, +++++ = svært mye
x = art identifisert. * ubestemt organisk materiale. na = analysert spesielt jfr Tabell 3.9.
Sukkertareforekomst på stasjonen: - ingen, e: enkeltfunn, s: spredt, v: vanlig, d: dominerende

Fylke	SK			RO				HO				SF			MR		
Stasjon Mengde av materiale og organismer	Viksfjord	Terneholmen	Midtfjord	Lauvikhlm	Tinghlm	Rennesøy	Skoghlm	Langøyna	Sauaneset	Hegernes	Bashlm	Åfjorden	Dalsøyna	Skavøyp.	Hankøya	Langøya	Tveekrehlm
Mengde materiale (mg)	114	219	23	212	270	140	81	62	48	104	41	93	110	42	146	273	34
Fnokk*	++++	++++	+	++++	++++	+++	++	++	+++	++++	++	++	++++	++	+++	++	++
Sand	+	+++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+++
Rødalger	+++	++++	++	+++	++	+++		++++	++	++++	+++	++	++	+	+++	+	++
Grønnalger	+++	+++		+++	+++	++	+	++	+	++++	+++		+				
Brunalger	++	++	++	+++	+++	+++	++	++		++++	+	++	++	+	++	+	+++
Blågrønnalger		+++	++	++	++++	++	+	+	+			++	+	na		+	++
Oscillatoria		x						x									
Phormidium		x	x	x	x	x			x			x				x	x
Lyngbya		x															
Spirulina																	
Calothrix					x	x	x					x	x			x	x
Diatoméer kolonidan.		+++		++		+++				+++					+++	+	++
Diatoméer solititære	++	++++	++	++++	+++	+++	++	++		++++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++
Prorocentrum lima					+		+										
Bivalver	++	++++	++	++	++	+	++	+++	+	++++	+++	++		+	+	++	+++
Snegl		++++	++	+++	++	+	+++	+++								++	++++
Copepoder			+			++		+++	++	++++	+++	+				++	++
Amphipoder	++																+
Polychaeter				+	++		+		+	+	+	+		+	+	+	+
Nematoder		+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	+++	+++	+++	+	++	+++	++	++
Foraminiferer	++	++++	++	+++	+++	++	+		++		+++	+++			++	++	++++
Sukkertare	s	-	e	-	s	-	-	d	e	-	d	v	-	-	e	s	e

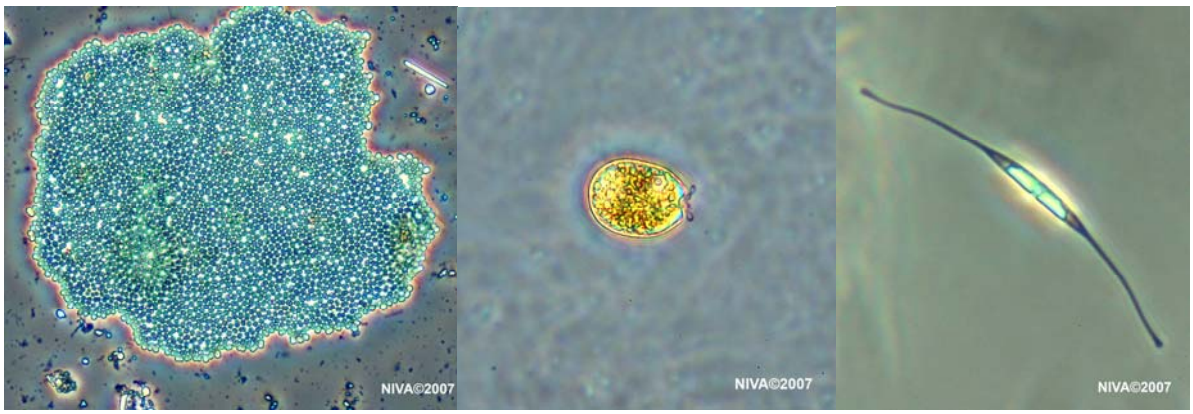
Tabell 3.8 Forekomst av mikroorganismer identifisert i prøver (20x20cm) av algematta.
Bare større, synlige forekomster er identifisert i disse prøver beregnet for makroflora/-fauna.
+ = tilstede. Tall = anslagsvis prosent forekomst i prøven av algematta.

	Stasjon	SK			RO				HO				Sf			MR		
GRUPPE	ART	Viksjord	Ternehlm	Midtfjskj	Lauvikshlm	Tingshlm	Rennesøy	Skoghlm	Langøyna	Sauaneset	Hegernes	Bashlm	Åfjorden	Dalsøyna	Skavøypollen	Hankøy	Langøya	Tveekrehlm
Blågrønn-	*Calothrix* sp				1	+	+	2	+	+		+	+	+	6	2	2	+
alger	cf *Anabaena* sp														2	+	+	+
	Lyngbya sp	+	8	+	+	+	+	1		+			+		8	2	2	+
	Oscillatoria sp					+									8			
Prosentandel i prøve		+	8	+	2	+	1	3	+	2		+	+	+	24	4	5	2
Diatomeer	*Berkeleya* sp		+		+					+	+					+		
	Cocconeis sp		+															+
	cf *Lichmophora* sp					+										+		+
Prosentandel i prøve			1		+	+				+	+							

Tabell 3.9 Forekomst av blågrønnalger i prøver innsamlet spesielt for identifisering av disse. Fra 2 stasjoner i Sogn og Fjordane. Forekomst: 1=sparsom, 2=vanlig, 3=dominant. Artsidentifisering er foretatt av Dr. O. Skulberg

Blågrønnalger	Terneholmen Arendal	Åfjorden I båthavn v/ Hyllestad	Skavøypollen v/ Måløy
Anabaena torulosa	-	-	**3**
Lyngbya sp.	-	-	-
Microcoleus chthonoplastes	-	-	2
Oscillatoria chalybea	-	2	-
Oscillatoria limosa	-	**3**	1
Oscillatoria tennuis	2	1	-
Oscillatoria sp.	1	-	1
Phormidium gracile	-	1	-
Phormidium cf. *minutum*	-	1	-
Pseudanabaena spp.	2	1	2
Spirulina subsalsa	**3**	1	1
Spirulina subtilissima	-	1	-
Ubestemte chroocooccale former	2	2	2

Store mengder diatoméer som ble registrert i mange av prøvene (Tabell 3.7), viser at disse mikroorganismene er viktige for karbonfikseringen i bunnslammet og utgjør et viktig bidrag til primærproduksjonen. Tabell 3.7 til Tabell 3.9 viser at det også stedvis ble observert store mengder blågrønnalger i algematta. Flere av blågrønnalgene tilhører slekter som kan produsere peptider med toksigene eller andre alleopatiske egenskaper. Den giftige dinoflagellaten *Prorocentrum lima* (Figur 3.3) ble også observert i flere av bunnslamprøvene fra Rogaland. Imidlertid er alle de påviste artene (eller slekter) vanlige i littorale, kystnære samfunn. Vi vet dessverre lite om hvordan disse mikroorganismene er med på å forme det marine gruntvannssamfunnet.



Figur 3.3 Mikroskopbilder av mikroorganismer. Blågrønnalge (venstre), en tidvis giftig dinoflagellat *Prorocentrum lima* (midten) og en krypende diatomé *Cylindrotheca closterium* (høyre).

4. Fauna i sukkertare og algematter *av H. Christie*

Undersøkelser av flora og fauna viser at samfunn dominert av trådalger har lav tetthet av smådyr. Sammenliknet med frisk sukkertareskog med assosierte trådalger er antall arter av smådyr i trådalgesamfunnet sommerstid redusert med ca 33 %, mens antall dyr (individer) er redusert med nær 75 %. Artssammensetningen er også endret fra mer mobile og frittsvømmende dyr til dominans av mer bunn-nære og sedimentlevende dyr. Både redusert skjul og redusert matfat for fisk antas å være to viktige konsekvenser av sukkertaredøden.

De undersøkelser som er utført tyder på en klar nedgang i både mangfold og tetthet av fauna etter at sukkertareskogene er blitt borte og erstattet med matter av trådformede alger. Likevel er det fortsatt en relativt høy faunatetthet i algemattene på sentrale deler av Skagerrakkysten, mens prøvene fra Lindesnes og på Vestlandet viste lave tettheter. Forskjellen på Skagerrak og Vestlandet var at trådformede rødalger med mye sediment i algematta dominerte på Skagerrak, mens Vestlandet var dominert av matter med mer åpne busker av grovere forgrenet, trådformede brunalger (som bleiktuste). På begge typer av lokaliteter observerte vi store tettheter av kutlinger og leppefisk.

Fauna i sukkertare og andre alger i undervegetasjonen til tare er tidligere analysert fra Terneholmen utenfor Arendal i 1996 (Christie 1997). Det er det beste materialet vi kan bruke for å sammenlikne fauna før og etter økosystemendringene etter at sukkertaren har forsvunnet. For å sammenlikne det nåværende algeteppet med tidligere registreringer kan vi også sammenlikne med innsamlinger av stortare fra ulike deler av kysten (Christie et al. 2003). Både stortare og sukkertare kan komme opp i store tettheter. Små planter dominerer i tetthet i undervegetasjonen, mens de store plantene dominerer biomassemessig. Det er de store plantene som er analysert for assosiert fauna. Stortareskog har gjerne ca 10 store planter pr m^2, mens sukkertareskog kan ha over 30 store planter (bladlengde > 1 m) pr m^2. For å beregne faunatetthet pr m^2 har vi valgt å multiplisere gjennomsnitt tetthet pr sukkertareplante med 25, som er det samme som en sukkertareplante pr 20x20 cm (lik innsamlingsarealet for trådformede alger i 2005-06).

I stortareskog har det blitt funnet en gjennomsnittlig tetthet på ca 80 000 dyr pr m^2 og ca 250 arter assosiert til taren, men med stor variasjon fra prøve til prøve. I sukkertareskog med assosierte alger er det til sammen er funnet 150 arter (Terneholmen, Arendal i 1996) og rundt



Figur 4.1 Eksempel på 20 x 20 cm rute innsamlet til flora- og fauna-analyse fra Terneholmen, Arendal. For uten ulike trådalger og brunalgen vortesmokk inneholder prøven en mengde små snegl synlig som små svarte prikker.

100 000 individer pr m^2. Til hver sukkertareplante er det i snitt funnet 41 (31- 48) ulike arter og fra 500 til 5 000 individer. I en annen studie av fauna på ålegras og sagtang på Skagerrakkysten (Fredriksen et al. 2005) fant vi ca 150 arter og tettheter på 200 000 pr m^2.

Prøver av algemattene som har erstattet sukkertare er innsamlet i 20x20 cm ruter for analyse av flora og fauna på ulike stasjoner (3 parallelle prøver pr stasjon). Antall arter pr prøve har variert mellom 17 og 37, med gjennomsnitt på 28 arter (Tabell 4.1). Det var stort sett de samme artene som dominerte, og i hele prøvematerialet ble det i alt funnet 75 arter (nesten 13 500 individer er identifisert i disse prøvene). Gjennomsnittlig faunatetthet var på 28 000 pr m^2, men her varierte det stort, fra ca 4 500 til 94 000 m^2. På Skagerrakkysten varierte stort sett tettheten mellom 25 000 og 50 000 individer pr m^2, mens kun en stasjon hadde høyere verdi (94 000 m^2) grunnet stor tetthet av nylig bunnslåtte blåskjellyngel som utgjorde 70 % av tettheten. Algemattene på midtre deler av Skagerrakkysten (Terneholmen, Viksfjord) hadde størst tetthet og diversitet av fauna, mens de algemattene lenger vest (Lindesnes og Hyllestad i Sogn og Fjordane) hadde lave tettheter og lavt mangfold av fauna. Forskjellen kan henge sammen med ulik artssammensetning i algemattene som skaper ulikt habitat for dyrene. Algebiomassen i prøvene fra Terneholmen i 2005-2006 er i snitt lavere enn i 1996 og det kan ha betydning for at faunatettheten også blir lav her. Tabell 4.1 viser også at prøver fra august 1996 av sukkertareplanter og av rekeklo i sukkertareskog, hadde høyest faunatetthet pr arealenhet bunn.

Tabell 4.1 Antall arter av dyr (invertebrater) i prøve og antall individer av dyr pr bunnareal og pr algebiomasse i prøve. (Alle er snitt av 3 prøver på 20x20 cm bunnareal).
* angir en prøve der ca 70 % bestod av juvenile blåskjell.

Alge	sted	Dato	Ant arter av dyr	Ant dyr pr m^2	Friskvekt alger pr m^2	Ant dyr pr 100 g alger
Sukkerare	Ternehl	Mai 1996	31	11 000	2 575	427
Sukkerare	Ternehl	Mai 1996	48	34 225	5 525	619
Sukkerare	Ternehl	Mai 1996	45	25 675	6 900	372
Sukkertare	Ternehl	August 1996	35	74 525	2 400	3 105
Sukkerare	Ternehl	August 1996	47	129 250	2 675	4 831
Sukkerare	Ternehl	August 1996	42	128 375	2 975	4 315
Rekeklo, rødalge	Ternehl	August 1996	24	107 075	1 250	8 566
Rekeklo, rødalge	Ternehl	August 1996	21	72 450	2 250	3 220
Rekeklo, rødalge	Ternehl	August 1996	27	166 350	3 000	5 545
Algematte, rødalger	Ternehl	Juni 2005	29	45 000	1 410	3 191
Algematte, rødalger	Ternehl	Juni 2005	23	32 400	1 080	3 000
Algematte, rødalger	Ternehl	Juni 2005	26	38 700	960	4 031
Algematte, rødalger	Ternehl	August 2005	27	29 450	585	5 034
Algematte, rødalger	Ternehl	August 2005	24	25 850	585	4 419
Algematte, rødalger	Ternehl	August 2005	22	15 225	1 029	1 480
Algematte, rødalger	Ternehl	Juni 2006	35	* 94 250	1 002	* 9 401
Algematte, rødalger	Ternehl	August 2006	37	24 425	545	4 481
Algematte, rødalger	Viksfjord	August 2006	37	48 950	920	5 320
Algematte, brunalge	Lindesnes	August 2006	17	4 375	1 680	260
Algematte, brunalge	Lindesnes	August 2006	29	14 675	1 742	842
Algematte, brunalge	Lindesnes	August 2006	23	12 000	1 385	866
Algematte, brunalge	Hyllestad	August 2006	33	14 425	1 388	1 039
Algematte, brunalge	Hyllestad	August 2006	31	7 300	512	1 424
Algematte, brunalge	Hyllestad	August 2006	35	13 125	1 915	685

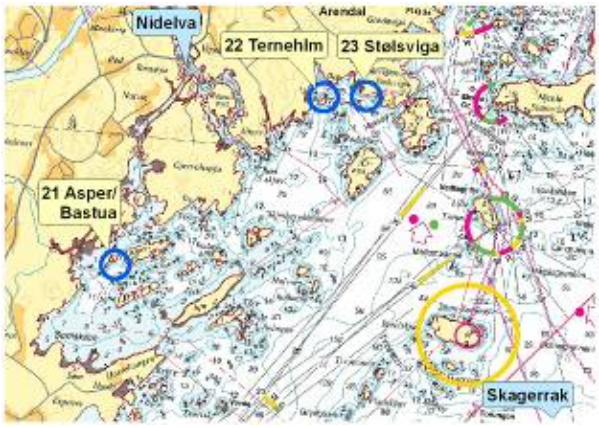
Faunaen i algemattene var i stor grad dominert av samme type dyr som ble funnet i sukkertare 8-10 år tidligere, men faunaen var dominert av mer bunn-nære og sedimentlevende dyr. I sukkertareskogen dominerte mer mobile og frittsvømmende dyr. Dominerende i algemattene er børstemark i familiene Polynoidae og Nereidae (skjellrygger og *Nereis*), bunn-nære og rørbyggende amphipoder i familiene Corophiidae og Aoridae, små snegl (*Rissoa* og *Bittium*) og typisk mattedannende muslinger som *Mytilus*, *Musculus* og *Hiathella*.

Fisk og fiskemager

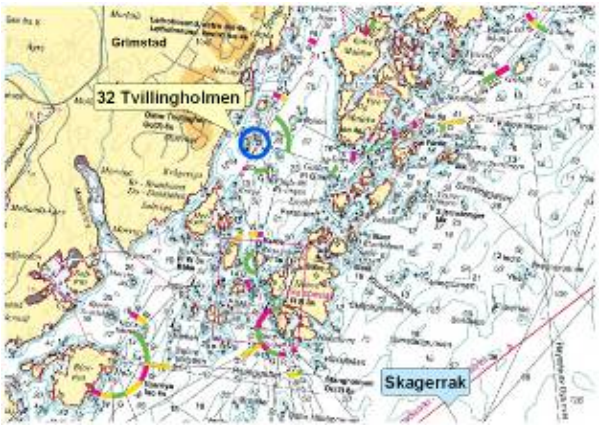
Som en innledende studie av konsekvenser av bortfall av sukkertare på fisk, ble det utført en fangst med fiskeruse på Terneholmen i oktober 2006. Det ble fanget 28 bergnebb, 2 grønngylt, 1 berggylt, 9 torsk, 3 lyr og 1 ål. Alle bortsett fra ålen var relativt små fisk under 30 cm. Siden fisken har stått i ruse har mange sannsynligvis tømt magen, så fangstmetoden var ikke optimal for å undersøke mageinnhold. De få fiskene som hadde mageinnhold viste en diett som bestod av snegl og krepsdyr fra algemattene. En torsk på 16 cm hadde spist en liten kråkebolle. Denne enkle undersøkelsen kan sammen med våre observasjoner tyde på at leppefisken står i algemattene hele døgnet, mens torskefiskene kommer inn for å beite om natten. Undersøkelsene til Norderhaug et al (2005) viser at leppefisk gjerne beiter på de dyrene som er vanlige i algemattene, mens torskefiskene i større grad foretrekker de mer bevegelige dyrene som finnes oppe i tareskog. Den fisken som oppholder seg i dette området ernærer seg sannsynligvis av de dyrene som lever i algemattene. Etter at sukkertaren er blitt borte er næringstilbudet for fisk blitt redusert i kvantitet og kvalitet. Foreløpig er ikke koblingen mellom endringen i miljø eller næringstilbud og fiskeforekomster undersøkt, men slike undersøkelser planlegges.

5. Sediment og bunnslam *av F. Moy*

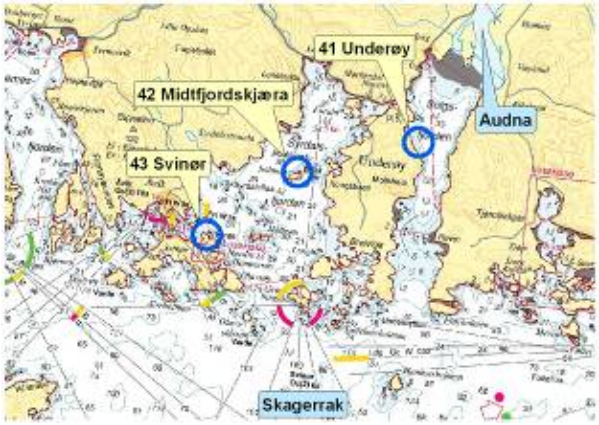
Undersøkelser av bunnslam langs Skagerrakkysten viser høyere sedimentasjonsbelastning, men relativt sett mindre bunnslam i Larviksområdet enn i Arendalsområdet hvor sedimentasjonsbelastningen var lav, men mengden bunnslam var høy. Partikkelmengden i vannmassene og mengde slam på bunnen var generelt størst i vintersesongen (2005/2006), trolig som følge av mye vinternedbør. Mineralanalyser viser at bunnslammet inneholder svært lite kontinentale mineraler og at leiremineralene i slammet derfor stammer fra lokale kilder. Slammets organiske innhold er høyt og analyser viser at ca 90 % er fra marint produsert materiale. Analysene indikerer en blanding av algeplankton fra vannmassene og rester av alger og dyr fra algematta.



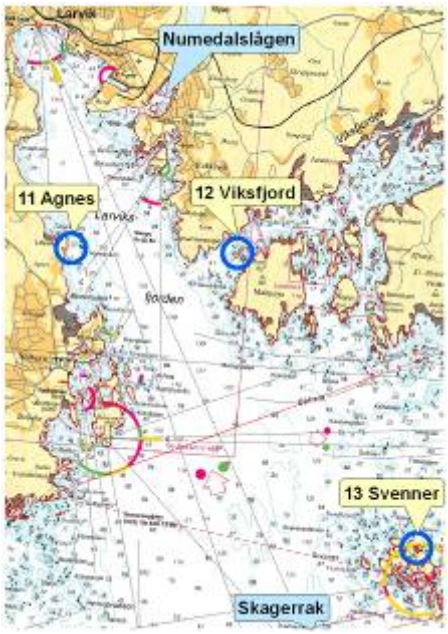
område: Arendal



område: Grimstad



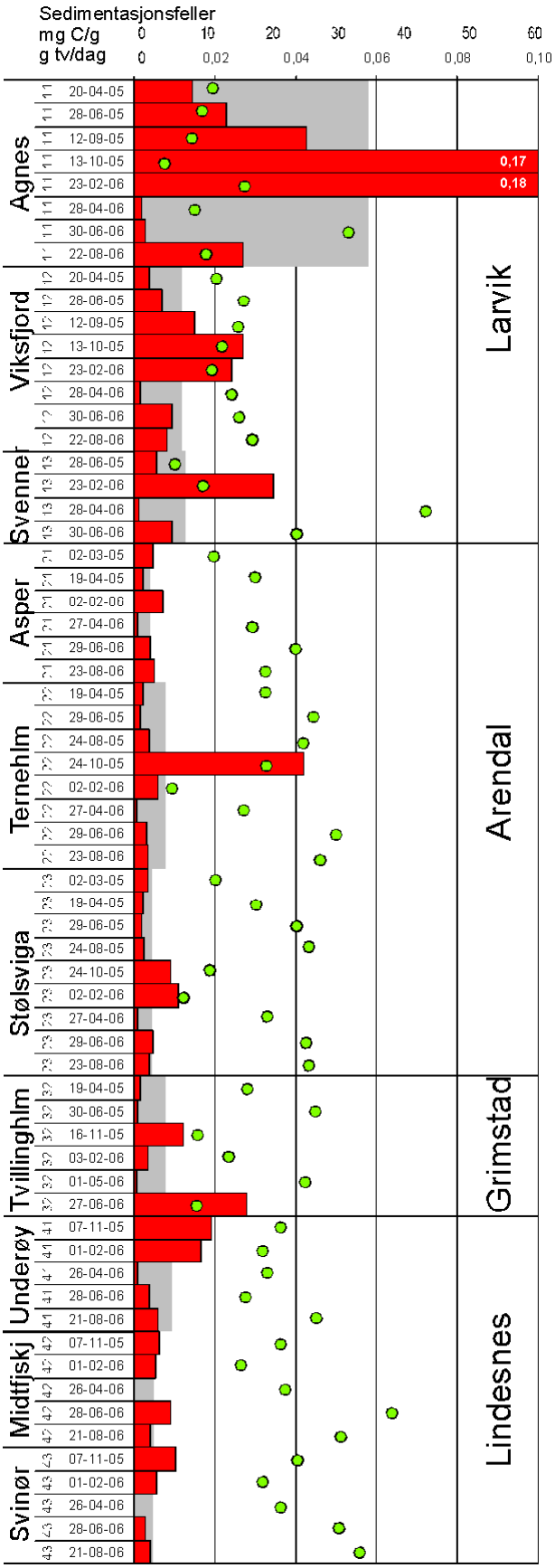
område: Lindesnes



område: Larvik

Figur 5.1 Kart over stasjoner for innsamling av sedimentfelleprøver, bunnslam og flora og fauna i 2006.

Sedimentbelastningen er målt både som sedimenterende suspendert materiale i vannmassene og som sediment på hardbunn. Innsamlingene er foretatt rutinemessig på 10 stasjoner på Skagerrakkysten (Figur 5.1). Suspendert materiale i vannmassene er målt ved bruk av sedimentfeller (se bilde i Figur 5.7). Sedimentfeller gir et mål på hvor mye partikler som er i vannet og som kan sedimentere og utgjøre en belastning på bunnen. Prøver av bunnslam er samlet inn ved sedimentsuging av et areal på størrelse med en 20-krone og mengden i 4 parallelle

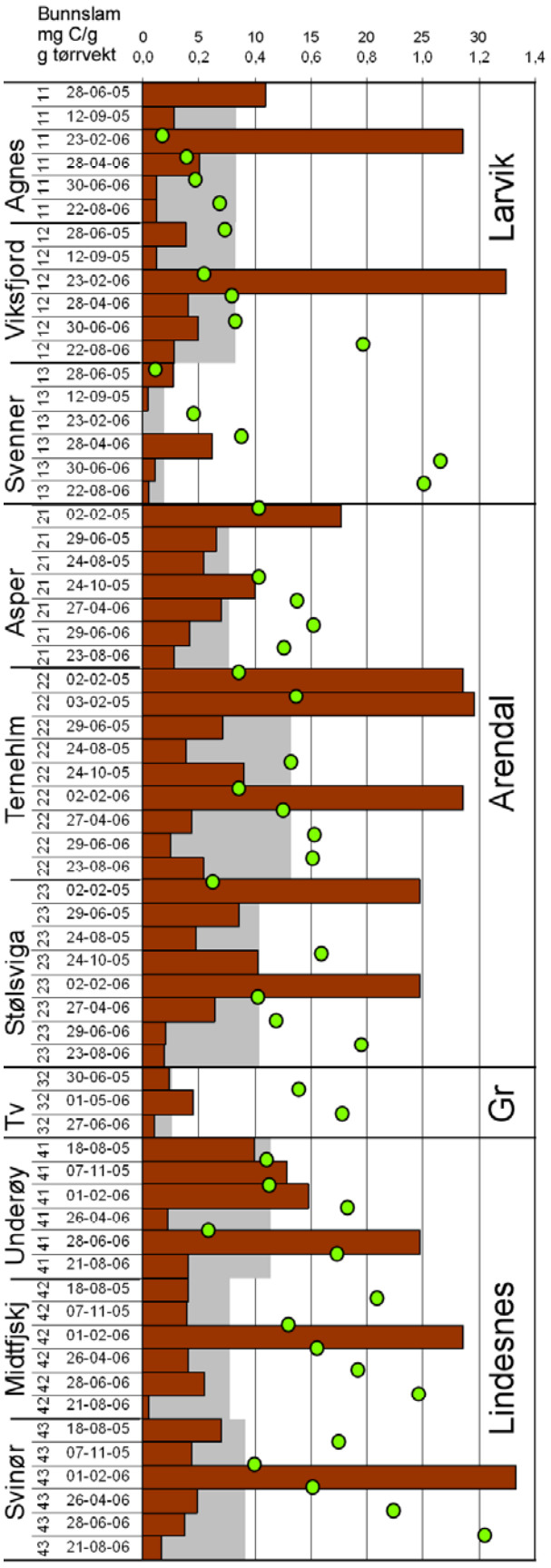


prøver gir et mål på hvor mye sediment som ligger på bunnen og kan utgjøre en belastning på mange hardbunnsorganismer. Materialet som sedimenterer i fellene og som legger seg på bunnen som bunnslam, er en blanding av uorganisk materiale, dvs. mineraler, skall- og skjellrester, og organisk materiale, dvs. stoffer fra organismer. I analysene har vi målt total mengde (gram tørrstoff) og organisk andel målt som innhold av karbon (TOC) og nitrogen (TN).

Figur 5.2 viser hvor mye partikler som er fanget i fellene pr dag på de 10 overvåkingsstasjonene og hvor mye som var organisk materiale. Klart størst sedimentasjon ble funnet på stasjon 11 Agnes i Larviksfjorden ved utløpet av Numedalslågen. Størst sedimentasjon ble målt høst og vinteren 2005-2006. Den store sedimentasjonen hadde sammenheng med kraftig høstnedbør og stor vannføring i Numedalslågen. Mengde materiale fanget i fellene pr dag i denne perioden, var mer enn 3 ganger så mye som for de øvrige målinger på stasjonen. Også på de andre stasjonene ble det målt størst sedimentasjonsbelastning i høst/ vinter-situasjon med unntak av stasjon 32 i Grimstad og 42 i Lindesnes. Disse er uten direkte elvetilførsler og her ble relativt sett størst sedimentasjon funnet i sommerprøvene.

Mengden organiske materiale var generelt lavt på Agnes som tyder på høy mineralsk partikkelbelastning her. Ellers var det stor variasjon, men en tendens til høyere karboninnhold i sommersesongen.

Figur 5.2 Sedimentasjon (søyler, g tørrvekt/dag) og karboninnhold (punkter, mg/g) målt i feller på overvåkingsstasjonene. (jfr kart i Figur 5.1). Dato er innsamlingstidspunkt. Grått felt er gjennomsnittlig sedimentasjon pr dag på stasjonene.



Figur 5.3 Mengde bunnslam (søyler, g tørrvekt pr prøve) og karbon (punkter, mg/g) i slammet målt på overvåkingsstasjonene. Dato viser innsamlingstidspunkt. Grått felt er gjennomsnitt slammengde på stasjonene.

Mengde bunnslam viser en klar sesongvariasjon med størst mengde bunnslam om vinteren (Figur 5.3, Figur 5.8), med unntak av st. 41 Underøy ved utløpet av Audna. Her ble sedimentasjonstoppen funnet i juni, som kan ha sammenheng med vårflom i Audna. Sedimentfellene viste generelt størst sedimentasjonsbelastning i høst/vintersesongen og det kan forklare hvorfor sedimentmengden på bunnen var størst om vinteren. Mengde organisk materiale (mg C/g bunnslam) var størst i sommerprøvene (juni-august). Minst organisk andel ble funnet på Agnes (nær elveutløp).

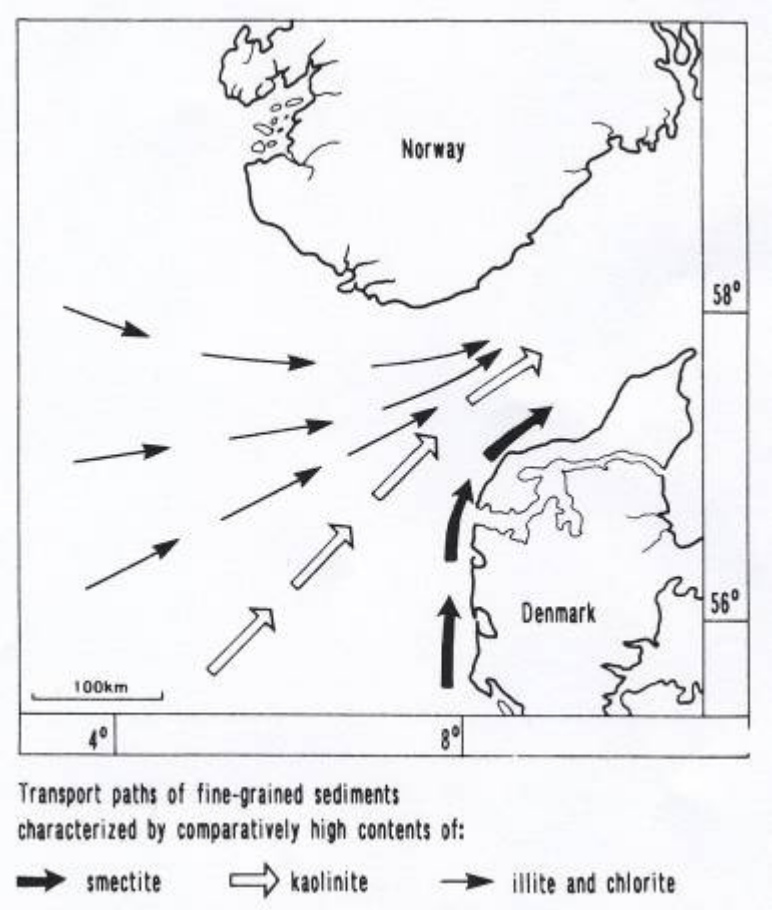
Det skal bemerkes at innsamlingstekniske problemer kan være en medvirkende årsak til sesongvariasjonen, da det har vist seg vanskeligere å samle inn kvantitative prøver i sommerperioden (den biologisk produktive perioden) enn i vintersesongen. Små dyr og algebiter som det er mye av sommerstid, setter seg i innsuget og stopper prøvetakingen. Det gjør innsamlingen mer unøyaktig.

I motsetning til felleinnsamlingene som viste klart størst mengde partikler i vannet på stasjon 11 Agnes i Larviksfjorden, er gjennomsnittlig mengde bunnslam ikke spesielt høyt (Figur 5.3). Det har sammenheng med at Larviksfjorden er bred og åpen mot havet (jf Figur 5.1) som gir høy bølgeeksponering som hindrer de suspenderte partiklene i å sedimentere på st 11 Agnes. Minst bunnslam ble målt på st 13 Svenner som er lokalisert langt fra fastlandet. Stor sedimentmengde på bunnen vinterstid kan hindre sporenedslag, befruktning og kimplantespiring og sediment er en faktor som skal undersøkes videre.

5.1 Mineralsk innhold *av E. Alve*

Det er de meget finkornede mineralpartiklene som fraktes i suspensjon med havstrømmene, og leirmineraler har vist seg å fungere som gode indikatorer på sporing av sedimentkilder i Skagerrakområdet. Analyse av leirmineralene smektitt, kaolinitt, illitt og kloritt kan fortelle hvorvidt leirmineralene er tilført med havstrømmene fra Nordsjøen eller har opphav i lokale kilder.

Figur 5.4 viser hovedretningen for transport av finkornet sediment fra sentrale og sørlige del av Nordsjøen og inn i Skagerrak. Sediment som stammer fra sydlige og sydøstlige deler av Nordsjøen er rike på smektitt og kaolinitt, mens glasiale, skandinaviske avsetninger karakteriseres ved høye illitt- og klorittverdier og er meget fattige på smektitt og kaolinitt (Pederstad et al., 1993). Finmaterialet av sedimentene (<2 µm-fraksjonen) som transporteres nordover langs vestkysten av Danmark har smektittverdier på omlag 20-30% (Zöllmer & Irion, 1993). Anrikningen skyldes erosjon og resuspensjon i sydlige og sydøstlige deler av Nordsjøen samt menneskelig aktivitet som mudring av skipsleier og havneområder i Tyskebukta.



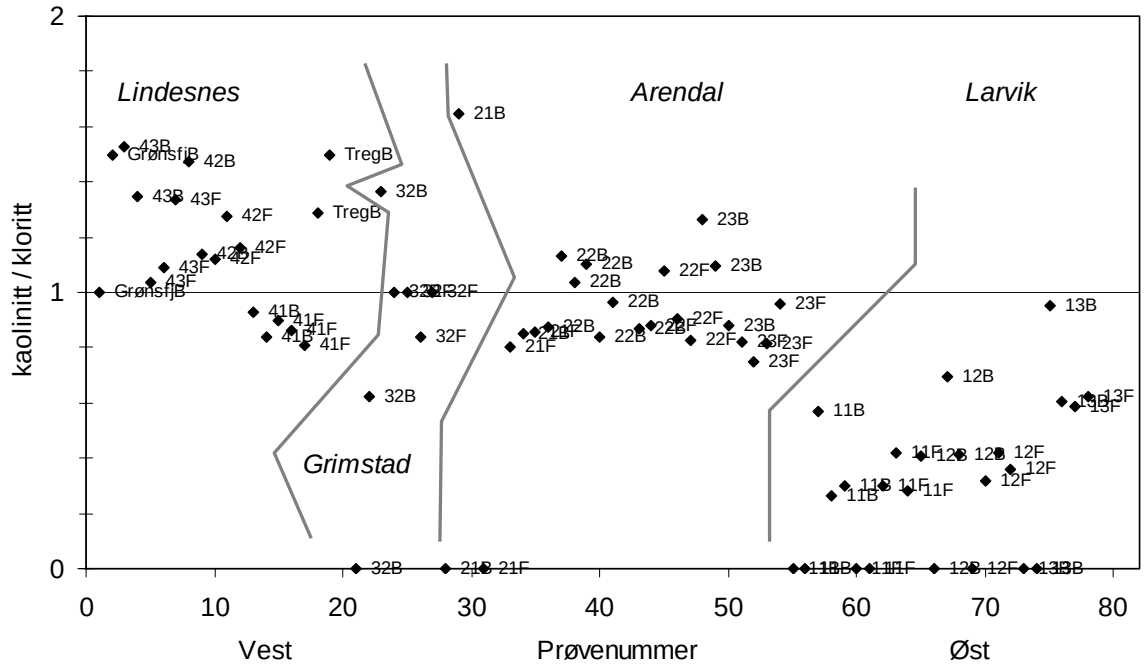
Figur 5.4 Hovedretning for leirmineraltransport inn i Skagerrak fra sentrale og sydlige deler av Nordsjøen (fra Zöllmer & Irion, 1993).

Hovedresultatet fra våre analyser viser ubetydelige mengder smektitt (stort sett <2 %) i prøvene som betyr lite, om noe, tilførsler av finmateriale fra sydlig Nordsjøen til vår kyst (Tabell 5.1). Prøvene viser også jevn dominans av illitt som indikerer hovedsakelig lokale kilder, men muligens også noe transport fra nordlig Nordsjøen. Kaolinitt- og klorittverdiene varierer mellom vest og øst.

Tabell 5.1 Gjennomsnittlig innhold (%) av de fire analyserte leirmineralene i alle prøver fra Hordaland til Aust-Agder (vest) og i prøver fra Vestfold (øst). n = antall prøver.

Område, stasjon	N	Smektitt (%)	Kaolinitt (%)	Illitt (%)	Kloritt (%)
Hordaland-Aust-Agder (V)	59	2	23	48	27
Vestfold (Ø)	24	1	11	48	41

Kaolinitt/kloritt-forholdet på sukkertarestasjonene langs Skagerrakkysten viser en klart avtakende tendens fra vest (forholdstall >1) til øst (forholdstall <1, Figur 5.5). Forholdstallet mellom kaolinitt og kloritt har vist seg å være en nyttig parameter for sporing av sediment-kilder i nordøstlige Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat. På norsk side av Skagerrakbassenget er kaolinitt/kloritt-forholdet generelt på 0,8-0,9, mens forholdstallet på dansk side er på >1 (Zöllmer & Irion, 1993). Det gjennomgående lave kaolinitt/kloritt-forholdet i Larviksområdet (gjennomsnittlig 0,3 i Vestfold, Tabell 5.2) viser at de grunne, kystnære delene av Larviks-området, spesielt stasjonene 11 Agnes og 12 Viksfjord nær munningen av Numedalslågen, totalt er preget av lokale tilførsler. Strekningen Lindesnes-Arendal med gjennomsnittlig forholdstall lik 1, mottar følgelig en del finkornet materiale transportert med havstrømmene fra sentrale deler av Nordsjøen.



Figur 5.5 Forholdet mellom kaolinitt og kloritt i sedimentfeller (stasjonskodeF) og i bunn-slam (stasjonskodeB) samlet inn nær fellene på 5-6m dyp i perioden 2/3-2005 t.o.m. 28/4-2006. Prøvene langs x-aksen er arrangert fra vest til øst og gruppert i de 4 regionene Lindesnes, Grimstad, Arendal og Larvik. Stasjonsnummer henviser til Figur 5.1.

Tabell 5.2 Gjennomsnitt, min- og max-verdier for forholdet mellom kaolinitt og kloritt i alle analyserte prøver fra Hordaland til Aust-Agder og i prøver fra Vestfold. n = antall prøver.

Kaolinitt/kloritt	N	Min	Max	Gj.snitt
Hordaland-Aust-Agder (V)	59	0,0	1,7	1,0
Vestfold (Ø)	24	0,0	1,0	0,3

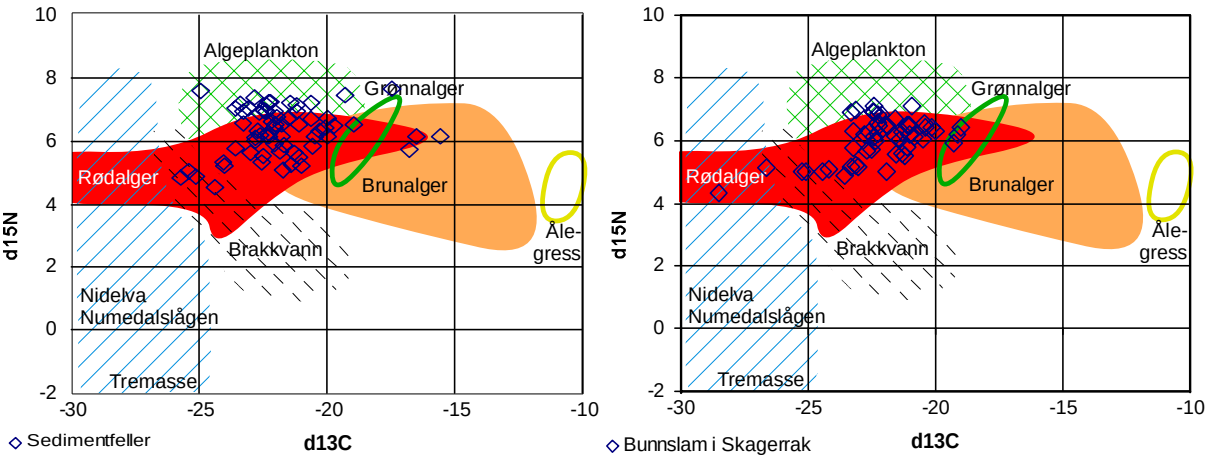
5.2 Organisk innhold *av F. Moy og A. Helland*

Forholdstallet mellom karbon- og nitrogenisotoper benyttes ofte for kildesporing av organisk materiale. For bedre kildesporing av det organiske materialet fanget i feller og i bunnslammet, ble det sommeren 2006 i tillegg samlet inn og analysert ca 30 referanseprøver av ulikt marint materiale, av sjøvann og elvevann og av diverse biologisk materiale samlet i utløpet av elvene Nidelva og Audna. Resultater fra referansematerialet og data hentet fra litteraturen er brukt i Figur 5.6 til å skravere og fargelegge isotopsignalet fra ulike kilder med hensyn til d13C og d15N.

Analyseresultatet av d13C og d15N i prøvene viser at det organiske materialet fra sedimentfellene og fra bunnslammet i hovedsak (ca 90 %) stammer fra marin produksjon med et sterkt signal fra planktonalger og rødalger (Figur 5.6). Bare de stasjoner som ligger nærmest elveutløp (som st 11 Agnes og 41 Underøy) har et sterkere terrestrisk signal (Tabell 5.3) og havner i gruppe med referansemateriale innsamlet fra brakkvannsområder. Sedimentfellene har et sterkere signal fra algeplankton enn prøver fra bunnslammet som i stor grad sammenfaller med rødalger.

Det viser seg at bruken av karbon- og nitrogenisotoper til sporing av marine og terrestriske kilder ikke er helt enkelt, fordi flere marine rødalger (som for eksempel fagerving) har et lavt d13C signal som overlapper med et typisk terrestrisk signal (d13C < -25) i et smalt d15N bånd (4-5), jfr rødt felt i Figur 5.6. Stort innslag av slike rødalger i en marin prøve vil senke prøvens d13C-verdi slik at resultatet feilaktig kan peke mot terrestriske kilder. Det er også vanskelig å skille mellom algeplankton og en blanding av rød- og brunalger, men algeplankton synes å ha en generelt høyere d15N verdi (>7).

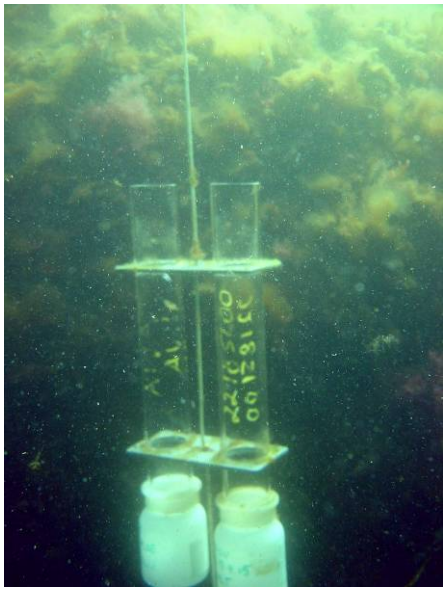
Det gjenstår fortsatt analyseresultater fra noen prøver samt at innsamlingen vil fortsette ut i 2007.



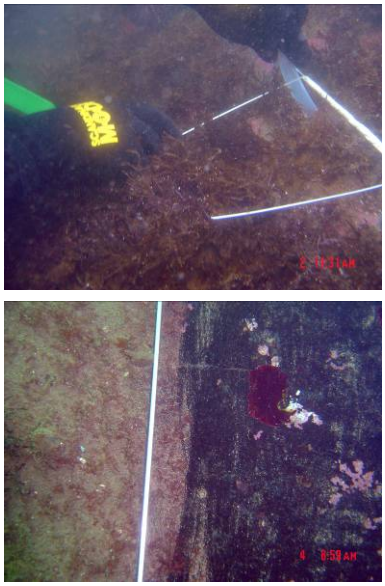
Figur 5.6 Forholdet mellom d13C og d15N isotoper i prøver fra sedimentfeller (venstre) og bunnslam (høyre) fra de 10 overvåkingsstasjonene i Skagerrak (rutesymbol) sammenliknet med referansemateriale vist som fargede eller skraverte.

Tabell 5.3 Stasjoner og prøver med tydelig påvirkning fra ferskvann eller terrestrisk miljø basert på isotopforholdet mellom ^{12}C og ^{13}C (d13C) og ^{14}N og ^{15}N (d15N).
Alle stasjonene ligger nær elveutløp.

Sedimentfeller						Bunnslam					
Område	**Stnr**	**Stasjon**	**Sesong**	**d13**	**d15N**	**Område**	**Stnr**	**Stasjon**	**Sesong**	**d13**	**d15N**
Lindesnes	41	Underøy	vår	-25,7	4,8	Larvik	11	Agnes	vår	-25,1	5,0
	41	Underøy	vinter	-25,4	5,0		11	Agnes	vinter	-24,6	na
	41	Underøy	høst	-25,1	4,9		11	Agnes	vår	-25,2	5,0
Larvik	11	Agnes	vår	-24,9	7,6		11	Agnes	som.	-23,3	5,2
	11	Agnes	som.	-24,4	4,5		11	Agnes	som.	-23,0	5,2
Lindes.	41	Underøy	som.	-24,1	5,3		13	Svenner	som.	-28,5	4,4
Larvik	11	Agnes	høst	-23,6	5,7	Lindesnes	41	Underøy	høst	-24,2	5,1
	11	Agnes	høst	-23	5,6		41	Underøy	vinter	-24,4	5,0
Arendal	21	Asper	vår	-22,6	5,3		41	Underøy	vår	-26,6	5,1
Lindes.	41	Underøy	som.	-21,8	5,1		41	Underøy	som.	-23,6	4,9
Larvik	11	Agnes	som.	-21,4	5,2		41	Underøy	som.	-23,1	5,2



Figur 5.7 Sedimentfelle på stasjon Terneholmen, Arendal.



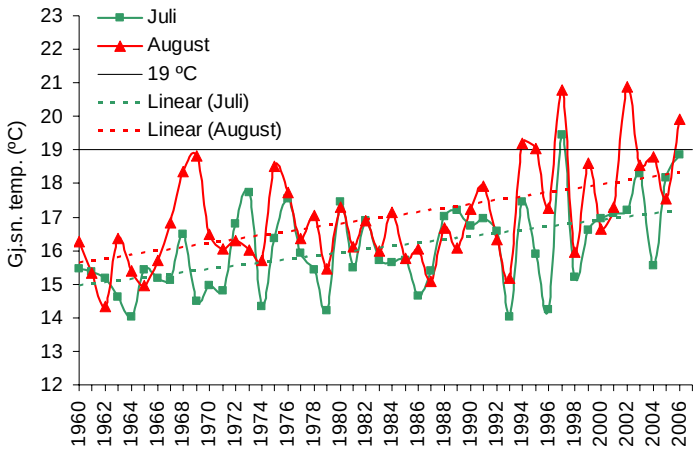
Figur 5.8 Feltinnsamling av bunnslam (over). Bunnen på Terneholmen, Arendal, i februar 2005 hvor bunnslammet er børstet bort på høyre halvdel (under).

6. Temperatur *av H.Steen og F. Moy*

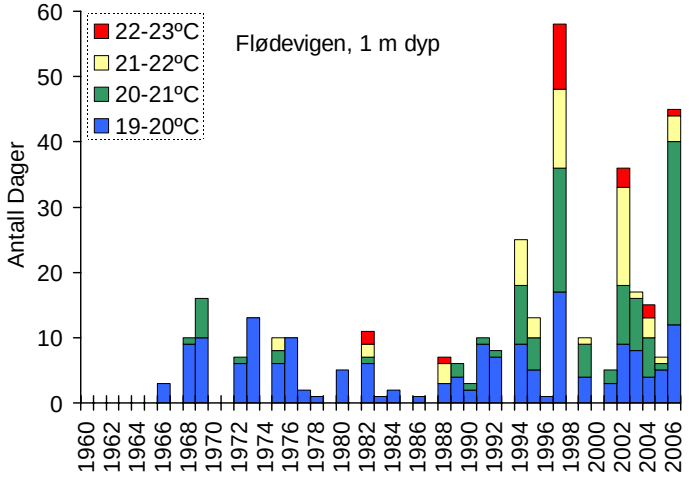
Åtte av de ti varmeste somrene siden 1960 på Skagerrakkysten, er å finne i siste tolvårsperiode (1994-2006). Høy sjøtemperatur i 1997, 2002 og 2006 med henholdsvis 58, 36 og 45 dager med 19 °C eller mer, har sannsynlig hatt direkte negativ effekt på sukkertaren med høy dødelighet eller svekket vitalitet og funksjon. Disse årene ble det også målt høy sjøtemperatur på Vestlandet.

Sjøtemperaturen følger svingninger i klimaet, både som følge av mulig generell oppvarming og endringer i havstrømmer. Sukkertare er en kaldtvannsart og er følsom for oppvarming. Artens sørlige utbredelsesgrense i Europa går ved Portugal og sammenfaller med sommerisotermen på ca. 19 °C i overflaten. Det indikerer at algen ikke trives i vann med gjennomsnittstemperatur over dette. Temperaturstudier har vist at algen dør ved temperaturer på 23 °C eller høyere og vokser best ved 10 til 15 °C. Imidlertid vet vi lite om populasjoner ved ulike breddegrader har utviklet ulike temperaturpreferanser.

I Skagerrak måles sjøtemperaturen daglig på 1 m dyp ved Havforskningsinstituttes forskningsstasjon i Flødevigen, og statusrapport nr 1-06 fra sukkertareprosjektet (Moy et al. 2006b) viste en klar økning i maksimum sommertemperatur siden 1985. Figur 6.1 viser at sjøtemperaturen i sommermånedene juli og august har vært spesielt høy de siste 10 år, og i flere tilfeller høyere enn grenseverdien på 19 °C. En enkel lineær regresjon viser en markert økning siden 1960 for både juli og august, men det er først de siste 10-12 år at temperaturen har vært unormalt høy. Åtte av somrene i siste tolvårsperiode (1994-2006) er på topp-ti lista over varme somre siden 1960.

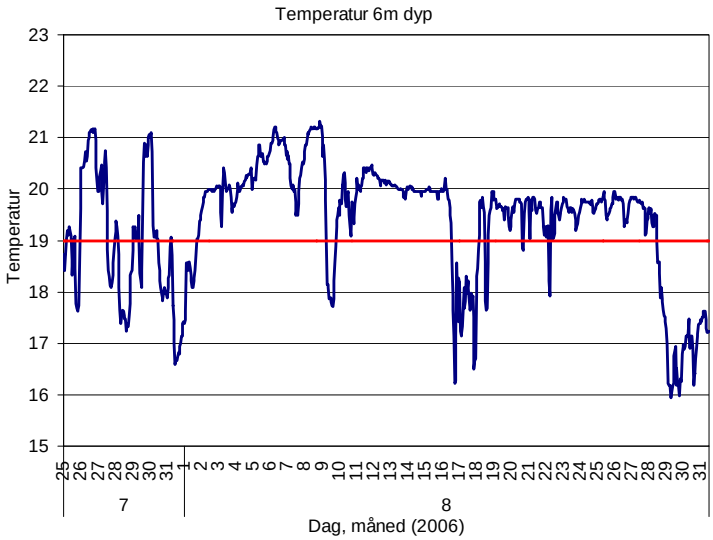


Figur 6.1 Gjennomsnittlig sjøtemperatur i juli og august i Flødevigen på 1 m dyp fra 1960 og fram til i dag.

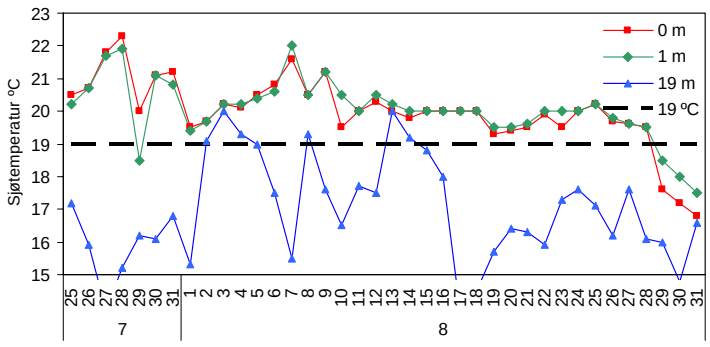


Figur 6.2 Antall dager pr år med temperatur på 19 °C eller mer (19-19,9 osv) i Flødevigen på 1 m dyp.

Effekten av temperatur på sukkertare er ikke bare avhengig av hvor høy temperaturen har vært, men også av hvor lenge temperaturen har overskredet artens tålegrense. Temperaturer over algens preferanseintervall, men under dødelig grense, kan over tid svekke algens helse, reproduksjon, konkurranseevne og motstandsdyktighet overfor andre miljøpåvirkninger. Figur 6.2 viser antall dager hvor sjøtemperaturen har vært 19 °C eller mer siden 1960. Analysen viser at det har vært varme somre med godt



Figur 6.3 Temperatur logget på 6 m dyp på Terneholmen utenfor Flødevigen i perioden 25. juli til 30. august 2006.



Figur 6.4 Daglig sjøtemperatur målt i perioden 25. juli til 31. august 2006 i Flødevigen.

badevann i perioden 1968 til 1993, men ingen år som kan måle seg med årene 1997, 2002 og 2006. I disse årene ble det registret temperaturer på 19 °C eller høyere i henholdsvis 58, 36 og 45 dager. Det har sannsynligvis hatt en direkte dødelig effekt på sukkertaren, men vi har dessverre ikke tilsvarende dataserier på sukkertare og kan derfor ikke beregne effekten av den økte temperaturen på forekomsten av sukkertare.

Det beste vi har av data viser tett sukkertareskog fra 3 til 12 m dyp på Terneholmen i Flødevigen i 1996, altså året før det varme året 1997. Et gjenbesøk sommeren 2002 viste at all sukkertaren var borte og var blitt erstattet av små, trådformede alger. Oppfølgende undersøkelser etter 2002, har vist at denne situasjonen har vært uendret uten gjenvekst av sukkertare.

Med signaler om en ny varm sommer i 2006 (over 19 °C i 2. juli) ble det den 25. juli satt ut en temperaturlogger for å måle reell sjøtemperatur på 6 m dyp på Terneholmen og for å kalibrere tidsseriene målt på 1 m dyp i Flødevigen. Temperaturloggeren (Figur 6.3) viste god overensstemmelse med 1 m observasjonene (Figur 6.4). Temperaturen på 6 m dyp var 1-4 grader lavere på selve tidspunktet for 1 m målingene (kl 8 om morgenen), men økte utover av dagen slik at maksimumstemperaturen ble nær 1 m målingene. Antall dager i måleperioden med temperaturer over 19 °C var også likt (34 d). Vi kan ut fra dette si at 1 m målingene i Flødevigen beskriver temperaturregimet for sukkertare på en god måte.

Vi vet også at det i 1997 var 20 grader i sjøen (på relativt dypt vann) også på Vestlandet helt opp til Trøndelag. Samtidig er det grunn til å tro at populasjonene på Vestlandet er mer følsom for temperaturøkning enn populasjoner i Skagerrak, som trolig er mer adaptert til høye sommertemperaturer. Men det gjøres oppmerksom på at mulige temperaturadapterte populasjoner er spekulasjoner som trenger understøttende data.

På Skagerrakkysten finner vi sukkertare i dag på spredte lokaliteter vanligst på ytre kyst og sammen med stortare, men også planter på beskyttet kyst og da gjerne på grunt vann. Funn av både unge og eldre sukkertareplanter på grunt vann synes å stride mot temperaturhypotesen, da de indikerer både rekruttering og overlevelse gjennom en varm sommer. Slike funn vil bli studert nærmere i oppfølgende undersøkelser for å klargjøre årsakssammenhenger.

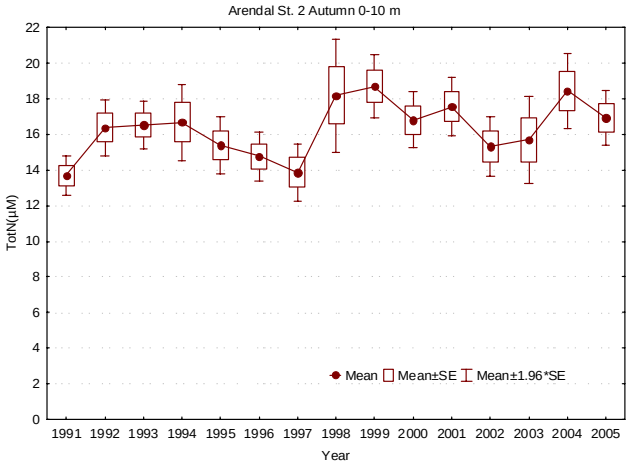
7. Eutrofi *av F. Moy og J.Magnusson*

Målinger av eutrofirelaterte parametere i vannmassene på kysten av Skagerrak viser en økning siden målingene startet i Kystovervåkingsprogrammet i 1990. Måling av næringssalter i vannmassene er vanskelig og gir ingen signaler. Partikkelmengde, total nitrogen, organisk bundet nitrogen og karbon er eksempler på parametere som har økt.



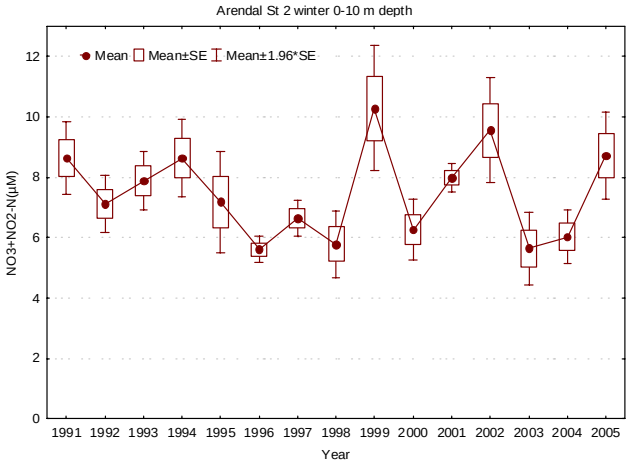
Figur 7.1 Sterk vekst av trådformede grønnalger i en sørlandsfjord (montasje).

Overgjødsling gir overproduksjon av alger slik at den naturlige balansen forstyrres. Negative effekter av overgjødsling omtales ofte som eutrofi. Eutrofi gir sterk vekst av hurtigvoksende algearter og er synlig i form av algeoppblomstringer av både plankton-alger og trådformede alger. Typisk i eutrofibelastede områder dekker trådformede alger bunnen fullstendig, flyter i overflaten eller gror på (epifyttisk) og over flerårige alger som f.eks. tang og tare. Sterk vekst av hurtigvoksende, trådformede alger kan utkonkurrere de opprinnelige artene. Dette skjer fordi de trådformede algene generelt har en mer effektiv omsetning og raskt kan nyttegjøre seg et næringssalttilskudd til ny vekst. Langsomtvoksende arter som tang og tare tar raskt opp og lagrer de næringssalter de trenger til videre vekst og utvikling. Tilskudd av næringssalter ut over et basisbehov synes ikke å påvirke vekst hos tang og tare eller innholdet av N og P i algene. Sterk vekst av trådformede alger er blitt observert på alle stasjoner hvor sukkertaren har gått tilbake. Det er flere årsaker til overgjødsling og foruten lokale kilder kommer det betydelige mengder næringssalter langtransportert med havstrømmene fra Nord sjøen. I det følgende vises noen figurer som viser eutrofirelaterte parametere målt i kystvannet av Skagerrak i Kystovervåkingsprogrammet. Målingene viser generelt høye verdier for flere parametere i perioden 1998-2005 som vi mener har en direkte betydning for sukkertarens situasjon på Skagrrakkysten. Både høye temperaturer (jfr. Kap 6) og næringssalter begunstiger vekst av hurtigvoksende alger og forrykker balansen mellom artene samtidig som eutrofi generelt også fører til økt ned slamming (jfr. Kap 4).

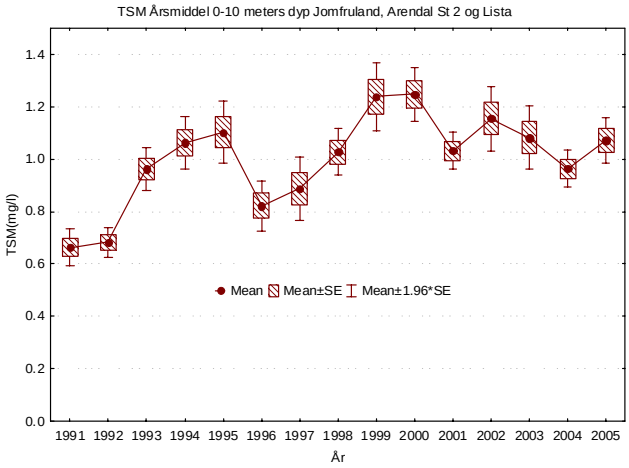


Figur 7.2 Total-nitrogen (Tot-N) målt i kystvannet (0-10m dyp) utenfor Arendal om høsten (Kystovervåkingsdata).

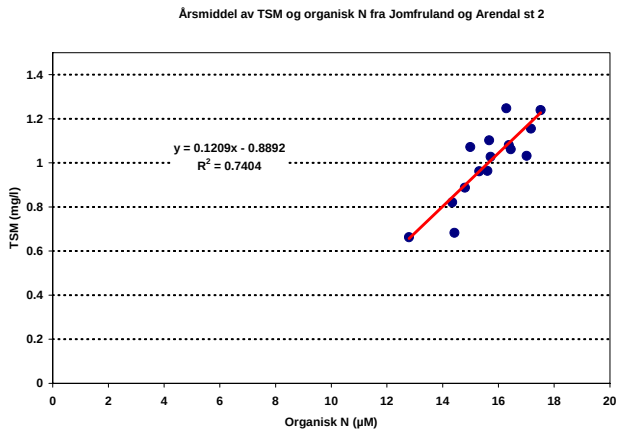
Konsentrasjonen av nitrogen i kystvannet utenfor Arendal (Figur 7.2) viser en økning i perioden.



Figur 7.3 Nitrat+nitritt (NO_3^-+ NO_2^-) i kystvannet (0-10m dyp) utenfor Arendal vinterstid (Kystovervåkingsdata).



Figur 7.4 TSM-Totalt suspendert materiale i kystvannet (0-10m) av Skagerrak (årsmiddel). Kystovervåkingsdata.



Figur 7.5 Total suspendert materiale (TSM) mot organisk bundet nitrogen i kystvannet utenfor Jomfruland-Arendal (Kystovervåkingsdata).

Spesielt i årene 1998-2001 og 2004-2005 ble det målt høye konsentrasjoner. Tot-N er både løste salter og nitrogen bundet i plankton og partikler.

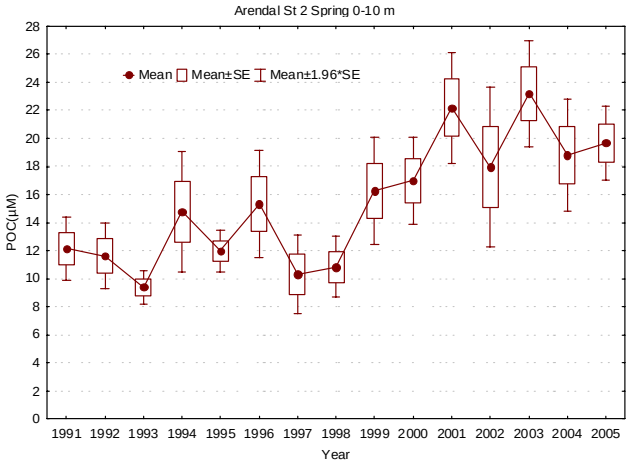
Konsentrasjonen av nitrat i kystvannet vinterstid utenfor Arendal (Figur 7.3) viser store årsvariasjoner og ingen nedgang i perioden. Høye konsentrasjoner ble målt i 1999, 2002 og 2005. Løste salter av nitrogen, hovedsakelig nitrat, tas raskt opp av alger og er brensel for algeproduksjon.

Konsentrasjonen av partikler i kystvannet har økt signifikant siden målingene i Kystovervåkingsprogrammet startet i 1990 (Figur 7.4). Spesielt er partikkelmengden høy i tilknytning til flomepisoder i 1994-95 og 1999-2000.

Det viser seg å være god korrelasjon mellom partikler (TSM) og organisk bundet nitrogen (Figur 7.5). Det indikerer at partiklene i hovedsak er organisk materiale som f. eks. planktonalger. (Dyreplankton er filtrert bort før analyse.)

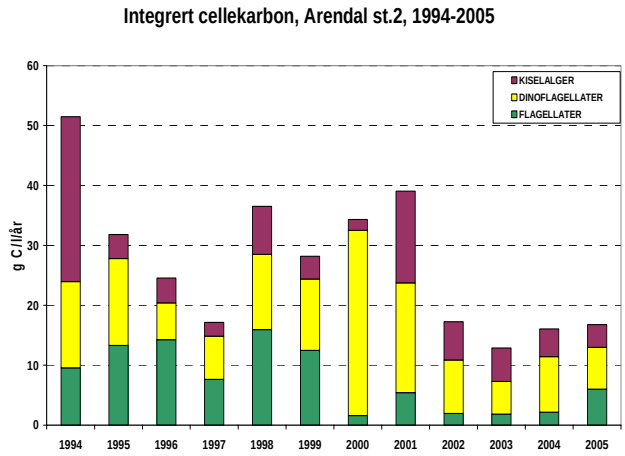
Konsentrasjonen av partikkelbundet organisk karbon i kystvannet har økt signifikant siden 1998 og ligger på nær det dobbelte av tidligere nivå (Figur 7.6).

I motsetning til figurene ovenfor som viser økt mengde partikler og organisk materiale i kystvannet, viser algeplanktontellinger i det samme vannet en signifikant nedgang i mengde karbon bundet i levende algeplankton (Figur 7.7 og jfr perioden 2002-2005 med årene forut).



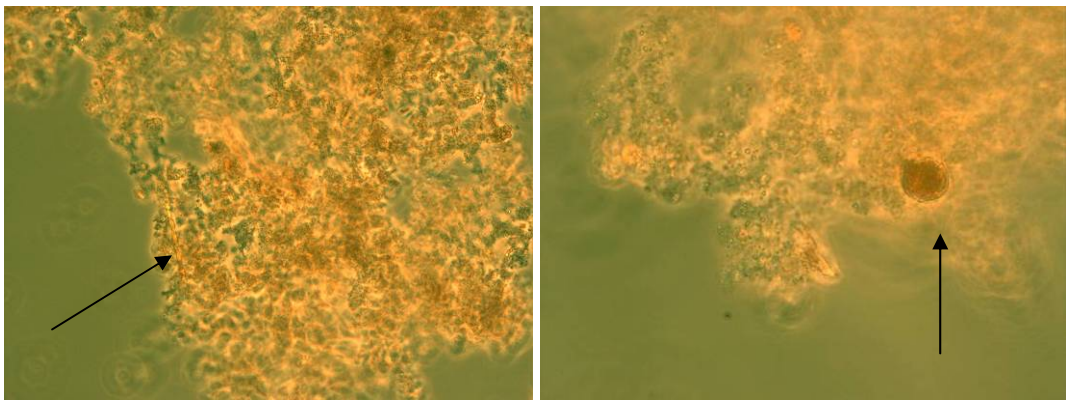
Figur 7.6 Partikkelbundet organisk karbon (POC) målt i kystvannet (0-10m) utenfor Arendal om våren. Kystovervåkingsdata

Resultatene fra planktontellingene (Figur 7.7) indikerer at den økte mengden av organisk materiale målt i kystvannet ikke er levende alge-plankton som kan omsettes i nærings-kjeden på normal måte, men for eksempel kan være detritus, dvs. døde rester av alger og dyr eller organisk materiale fra land (Figur 7.8). Økt mengde organisk materiale som detritus er en utvikling i feil retning som kan bidra til nedslamming som hemmer reetablering av sukkertare.



Figur 7.7 Karbon bundet i algeplankton (g C/år) beregnet fra planktontellinger i kystvannet utenfor Arendal. Kystovervåkingsdata.

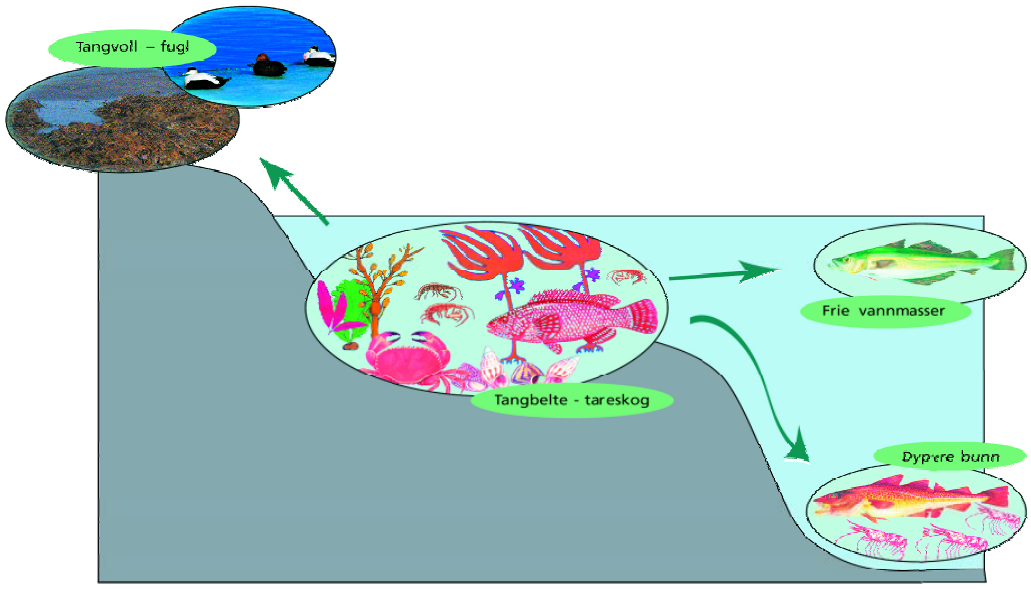
Det er nødvendig å få kunnskap om hva som er årsak til økt organisk partikkelmengde i vannmassene slik at en evt. kan iverksette tiltak mot menneskeskapte faktorer som bidrar til dette forholdet.



Figur 7.8 Eksempler på detritus i algeplanktonprøver innsamlet i Skagerrak. Pil peker på planktonalger i detrituset. (Fra Kystovervåkingsprogrammet, årsrapport for 2004)

8. Økologiske effekter av skifte i vegetasjon *av H. Christie og F. Moy*

Endret artssammensetning og økologisk funksjon med redusert skjul og matfat for fisk som følge, antas å være de viktigste konsekvenser av sukkertaredøden.



Figur 8.1. Tang og tareskogene er havets regnskoger og regnes som klodens mest produktive system. Den rike produksjonen i tang og tareskogene går inn i flere næringsskjeder, på dypere vann, i de frie vannmasser og i samfunn knyttet til tangvoller. (Illustrasjon: H. Christie)

Tap av sukkertare er en viktig effekt i seg selv som følge av skifte i vegetasjon. Våre observasjoner på Skagerrakkysten og i flere fjorder på Vest- og Nordvestlandet viser at forekomstene av gjenværende sukkertare er lave og at de gjenlevende plantene er sterkt overgrodde og i dårlig forfatning. Det betyr at en vanlig og ofte dominerende "nøkkelart" er blitt såpass redusert at den kan betraktes som truet og sårbar på regional basis. Bestandsreduksjonen har vært så betydelig at Artsdatabanken i henhold til internasjonale kriterier også har rødlistet sukkertare som en nær truet art. Det er ikke kartlagt hvorvidt sukkertare er truet lenger nordover, men det er grunn til å tro at store områder der sukkertare normalt ville vært vanlig, er nedbeitet av kråkeboller. Samlet sett kan dette bety at sukkertare nå er sterkt begrenset i forekomst på områder der den for noen år siden var en av de mest vanlige assosiasjonsdannende artene.

Skifte fra sukkertare til trådformede alger innebærer at flere ettårige alger har økt i forekomst. Det har ikke vært mulig å utføre en før/etter undersøkelse, men selv om artsammensetningen er endret er det uvisst i hvilken grad mangfoldet er endret. Mange av de flerårige rødalgene som forekommer i undervegetasjonen i algemattene er også vanlige i undervegetasjon i tareskoger. De nye algemattene er imidlertid dominert av trådformede rød og brunalger som tidligere vokste i langt mindre bestander. Likeledes har arter som martaum vist sterkt økning både på Sørlandet og Vestlandet og de nye forholdene synes også å begunstige introduserte arter som japansk drivtang og japansk sjølyng selv om våre undersøkelser har vist at disse varierer sterkt i forekomst fra år til år. Det kan således se ut som om det totale antall arter av

bunnlevende makroalger ikke har gått tilbake, men at den kvantitative sammensetningen av disse er kraftig endret.

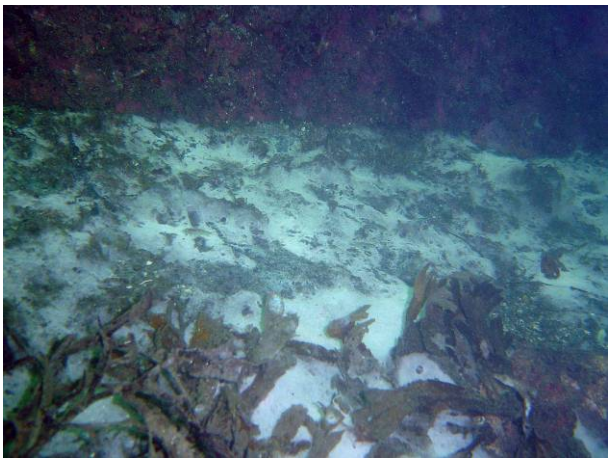
Vi har også funnet et rikt samfunn av bentiske mikroalger, blågrønnaler, bakterier og andre mikroorganismer i de tette algemattene om sommeren. Dette er et samfunn som har vært lite studert tidligere og det er derfor ikke grunnlag for å si noe om i hvilken grad omfang og mangfold av disse organismene har endret seg. Imidlertid kan det se ut som om disse organismene trives i de tette algemattene. Blant disse organismene ser det ut til å være rike forekomster av blågrønnalger og andre mikroorganismer som kan produsere toksiske stoffer.

En konsekvens av et skifte fra flerårige tareplanter til ettårige trådformede alger er at benthos-algesamfunnet endrer sin økologiske funksjon. En stående tareskog er et permanent tredimensjonalt system som hele året gjennom gir et stabilt habitat for andre organismer og skjulested for fisk (særlig fiskeyngel). Undervegetasjonen består av enkelte flerårige blad eller stilkformete rødalger og bunnen for øvrig har vært fjell med lite slam. Det har skapt et stabilt substrat for en rekke arter, spesielt mange vannfiltrerende dyr. Taren går inn i næringskjeden ved at bladet gradvis slites av som partikulært materiale og utnyttes av små dyr som mark, krepsdyr og bløtdyr. Tarebladet slites særlig av om våren og forsommeren og det er i den sesongen disse dyrene vokser og formerer seg. I mattene av trådformede alger som har erstattet sukkertareskogen, opptrer også flerårige rødalger som en tilsynelatende stabil "basis" og forankringspunkt for andre trådformede alger og slam. De trådformede sommer-algene vokser opp om våren og dør om høsten, og danner således en potensiell næring for dyr i sommerhalvåret. Men deres funksjon som habitat og skjulested er kortvarig og kun begrenset til sommerhalv-året (Figur 8.2). I sommerhalvåret når mattene av trådformede alger er tette og samtidig full av slam vil bunnen være lite egnet som substrat for filtrerende fast-sittende dyr. Som vist i Kystovervåkings-rapporten for 2005 (Moy et al. 2006) har mengden av slike dyr gått drastisk tilbake. Fastsittende dyr kan til en viss grad feste seg til algene, men vil da forsvinne når algene dør. De ettårige algene dør ut om høsten og danner tette hauger med døde alger på hardbunn og grunne bløtbunner rett under. Under høststormene vil disse mattene føres ned i fordypninger eller til bløtbunns-områder på dypt vann der de blir liggende og råtne. Vi har utover senhøsten observert tette matter med svarte, råtnende alger under nedbrytning og med ett tett lag av det hvite belegget av bakterien *Beggiatoa* som trives på grensen mellom anoksiske og oksiske lag. Disse ansamlingene av råtnende alger som danner anoksiske miljøer vil sann-synligvis være av begrenset varighet, men



Figur 8.2 Frodig sukkertareskog (øverst) med tett skjul for fisk og smådyr er mange steder erstattet med et teppe av trådformede sommer-alger og kortlevde organismer (nederst).

ha negativ effekt på bunndyr i den perioden de er tilstede (Figur 8.3). Rester etter slike alger i forråtnelse er også funnet utover vinteren på dypt vann og har skapt negative forhold for fiskere som får tettet redskapen med seigt algeslam.



Figur 8.3 Om høsten dør de kortlevde algene og det dannes hvite matter av bakterien *Beggiatoa* på bunnen av råtnende alger.

De beregninger vi har gjort i løpet av disse undersøkelsene viser en redusert biomasse på de ulike mattene av trådformede alger sammenliknet med tidligere studier av tareskoger, noe som sannsynligvis resulterer i en redusert bentisk primærproduksjon og redusert næringstilbud til neste ledd i næringskjeden. Både redusert næring og en endring i habitat er sannsynlig årsak til det reduserte dyrelivet vi har funnet i algemattene sammenliknet med tidligere undersøkelser i tareskog.

Både artsmangfold og mengde av alge-assosierte dyr har gått merkbart tilbake (omtrentlig halvert), og artene har skiftet i dominans fra mer bevegelige og frittlevende til mer sedimentlevende (gravende og rørbyggende). Det er vanskelig å foreta gode undersøkelser som kan påvise effekter på fisk, men resultatene av de undersøkelsene og observasjonene vi har, tyder på betydelig redusert næringstilbud og redusert habitat/ skjulesteder for fisk. Våre observasjoner fra flere hundre registreringer viser relativt store forekomster av tangkutling og leppefisk i algemattene om sommeren, men lite andre fisk (som f eks yngel av torskefisk) er blitt observert. Dette er imidlertid ikke observasjoner som kan kvantifiseres og sammenliknes med tidligere.

Flere av de spørsmålene som er fokusert i dette kapitlet kan fortsatt belyses nærmere ved undersøkelser på Vestlandet der det er både sukkertarelokaliteter og lokaliteter med bortfall av sukkertare. I områder der det fortsatt er sukkertare og med nærliggende områder dominert av trådformede alger kan teste forskjeller i sammenliknende studier.



Figur 8.4 Stimer av stor fisk som jakter på en matbit i den frodige sukkertareskogen. Bildet er fra Hordaland, juli 2006.

9. Årsakssammenhenger *av H. Christie og F. Moy*

Høy sjøtemperatur kan ha vært den viktigste årsaken til plutselig regional taredød, men nedslamming og groe av opportunistiske alger tyder på overbelastning av næringssalter som den viktigste årsaken til manglende gjenvekst av sukkertareskogene. Høy sjøtemperatur i 1997, 2002 og 2006 har hatt direkte negativ effekt på sukkertare. Nedslamming av hardbunn synes i hovedsak å være en følge av eutrofi og kan forklare manglende gjenvekst av sukkertare på Skagerrakkysten. Temperatur og eutrofi har begge bidratt til å forskyve balansen mellom sukkertare og trådalger i favør av trådalger.

Vi vet at sukkertaren har gått kraftig tilbake langs hele Skagerrakkysten og indre kyststrøk av Rogaland, Hordaland og stedvis også i Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal. I de berørte områdene finnes det fortsatt enkelte friske tareplanter eller tareplanter i dårlig forfatning, men skogdannende sukkertareforekomster mangler (Figur 9.1). På ytre kyst og på steder med god vannutskiftning er forholdene generelt gode. Vi vet at sukkertaren er flerårig, men har kort livslengde (3-5 år), som betyr at sukkertareskogene er avhengig av god rekruttering. Vi vet også ut fra feltforsøk på Skagerrakkysten hvor vi har mistet sukkertaren, at transplanterte voksne tareplanter viste normal vekst og klarte seg bra gjennom et helt år, mens utplasserte kimplanter døde i løpet av den første sommeren samtidig med at de ble fullstendig overgrodd av diatoméer og trådformede alger. På Vestlandet har vi har observert gjenvekst med små tareplanter på bart fjell om våren, men disse har forsvunnet i groe av trådalger på ettersommeren. Vi vet også at det over hele den undersøkte kyststrekningen er observert sterk vekst av trådformede alger i sommermånedene (Figur 9.1), dominert av rødalger i sør og brunalger i vest. I de mest berørte områder har tepper av trådalger helt erstattet sukkertare-skogene. Denne matten av trådalger inneholder også mye sediment/partikler, spesielt i Skagerrak, samt blågrønnalger og andre mikroorganismer. I Skagerrak har bunnområdene vært vedvarende dekket av slam og trådalger også i vinterhalvåret. På Lindesnes og på Vestlandet har mattene av trådalger forsvunnet utpå høsten og hardbunnsområdene har vært bare i vinterhalvåret.

Næringssalter og eutrofi

Vi vurderer eutrofi som meget sannsynlig årsak til de observerte endringer på vår kyst, da våre observasjoner viser forhold som er sammenliknbare med det som fra Sverige og andre land er beskrevet som eutrofieringseffekter med økt vekst av trådformede, hurtigvoksende,



Figur 9.1 Enslig ung sukkertareplante (venstre) tidlig om våren (Terneholmen, 2005). Tarevegetasjon (høyre) overgrodd av epifyttiske trådalger om sommeren (Lindesnes, 2005).

kortlevde alger og tap av flerårige, store, strukturerende alger (Kautsky et. al 1986, Vogt & Schramm 1991, Duarte 1995, Pedersen & Borum 1996, Schramm 1996, Valiela et al. 1997, Johansson et al. 1998, Worm & Lotze 1999, Eriksson et al. 2002). Fra Østersjøen er skiftet i vegetasjon beskrevet som storskala endringer, men det har imidlertid ikke utslettet bestanden av de store brunalgene totalt i det enkeltindivider står igjen. Tilsvarende kan bortfall av sukkertare på vår kyst også beskrives som en storskala endring.

Økte tilførsler av næringssalter gir økt algeproduksjon, først og fremst av hurtigvoksende, opportunistiske alger, tilsvarende dem vi ser dominerer i algemattene som har erstattet sukkertaren, eller vokser epifyttisk på taren om sommeren (Figur 9.1). De hurtigvoksende sommeralgene trenger kontinuerlige tilførsler av næringssalter til sin vekst og responderer raskt på næringssalttilførsler med hurtig vekst. Stor produksjon av disse hurtigvoksende sommeralgene tolkes derfor som et signal på antropogene tilførsler siden konsentrasjonen av næringssalter i kystvannet normalt er lav om sommeren. De store, flereårige og langsomtvoksende brunalgene, og tareartene spesielt, har et annet næringsopptak enn trådalgene og har evne til lagring av næringssalter for vekst og utvikling relativt frikoblet fra næringssaltkonsentrasjoner i vannet.

Tilførsler av næringsalter til vårt kystvann har økt gjennom de siste 50-60 år. Estimert ut fra tilførsler av nitrogen og fosfor fra nordeuropeiske elver, er nitrogenbelastningen på Nordsjøen doblet fra 1950 til 1980 og fosforbelastningen 4-doblet fra 1940 til 1970 (EEA 2001). I tillegg er atmosfærisk deposisjon av nitrogen nær doblet fra 1940 til 1980. Erfaring fra mange studier har vist at respons på overgjødsling først er synlig etter mange års belastning og kan også inntreffe etter at belastningsreduserende tiltak er iverksatt. Når naturens tålegrense er nådd skjer gjerne endringen i økosystemet raskt (Scheffer et al. 2001). I økologien brukes derfor ofte begrepet 'et tippepunkt' når økosystemet brått skifter til et nytt system. Det store bortfallet av sukkertare kan tyde på at tålegrensen for næringssaltbelastning under rådende klimatiske forhold er overskredet på Skagerrakkysten, og at områder av Vestlandet befinner seg i grenseland. Figur 9.5 viser en skjematisk framstilling av mulige årsakssammenhenger til et økosystemskifte.

Næringssalter tilføres kystvannet fra mange kilder som inkluderer lokale antropogene bidrag, langtransporterte tilførsler med havstrømmer, naturlige bakgrunnskonsentrasjoner i havvann og et betydelig nitrogenbidrag fra atmosfærisk deposisjon. Sukkertareundersøkelsene er gjennomført med formål å kartlegge den biologiske tilstanden og det er ikke gjort beregninger for å vurdere belastningen av næringssalter på den enkelte lokalitet. Resultatene støtter imidlertid hypotesen om at eutrofiering er viktig årsak til redusert forekomst og bortfall av sukkertare.

Epifyttiske trådalger og toksiske mikroorganismer

Sterk epifyttisk groe og vekst av mikroorganismer har klar sammenheng med eutrofiering og gjerne i kombinasjon med høye temperaturer. Observasjoner fra våre lokaliteter har vist at de gjenlevende sukkertareplantene, og også stortare på beskyttete lokaliteter (en beskyttet, bred form kalt skinnbroktare), har vært sterkt begrodde i sommerhalvåret. I berørte områder har plantene vært helt overgrodde av fintrådige alger (jfr. Figur 9.1), og i mindre grad også av mosdyr og sekkdyr. Det er observert at begroing kan være så tett på sukkertaren at det utvilsomt må ha negative konsekvenser for vekst, sporeproduksjon og overlevelse (Figur 9.2). Prøver som er tatt av dette mylderet avbegroingsorganismer viser også store mengder og flere arter blågrønnalger (cyanobakterier), flagellater og andre mikroorganismer, hvorav flere giftige arter. Ved Lindesnes har vi sett at eksisterende tarevegetasjon (både sukker- og skinnbroktare) har gått tilbake der plantene har vært sterkt nedgrodd. Vi har videre sett dårlig



Figur 9.2 Sukkertare sterkt begrodd av tråd-alger, bentiske diatoméer, blågrønnalger, og andre mikroorganismer. August 2003, Terneholmen, Arendal.

vekst og overlevelse av små sukkertareplanter som er transplantert ut i felt, og som har fått et filtaktig lag av påvekstalger. Observasjonene tyder på at den mangfoldige påveksten vil kunne ha flere negative effekter på tareplantene. Påveksten kan dekke til tarens overflater og derved hindre eller begrense fotosyntese og respirasjon, og den kan skade epitelet (bladoverflaten) og da muligens skade reproduksjonsevnen. Påveksten kan også tynge bladet ned slik at det skapes ugunstig miljø under bladdekket. Flere av blågrønnalgene og mikroorganismene som er funnet i prøvene er toksiske og kan muligens skade taren. Men her trengs mer kunnskap for å vurdere hvilken betydning det kan ha. Det er også usikkert om den epifyttiske påveksten svekker taren i en slik grad at taren dør eller om påvekstorganismene først får fotfeste etter at taren allerede er svekket av andre årsaker (som for eksempel høy temperatur, se under). Disse forhold vil bli undersøkt videre.

Bølgeeksponering

I energirike systemer som i bølgeslagssonen og i sund med sterk strøm, er ikke nedgroing samme problem som på bølgebeskyttet kyst eller på dypere vann. Det viser våre observasjoner både i Skagerrak og på Vestlandet, og eksperimentelle bassengtester med dosering av næringssalter og bølgeenergi til tangsamfunn i strandsonen. Vannbevegelse, via strøm og bølger, er en viktig faktor som demper effekter av eutrofibelastning. Fra Sverige er det publisert studier som viser at bølgeeksponering virker negativt for de trådformede algene som lett blir revet løs og positivt for brunalgene som får mindre påvekst og holder bunnen ren med sveiping. Vi har observert det samme, at på mer bølgeeksponerte områder hvor stortaren overtar i dominans fra sukkertare, klarer ikke de tynne hurtigvoksende trådalgene å bygge opp biomasse eller ha samme effekt på økosystemet som i smulere farvann i samme vannforekomst. Eutrofiering gir seg derfor tydeligst til uttrykk i smult farvann, dvs. inne i fjorder og skjærgårdsområder, samt på dypere vann (sublittoralen) hvor bølgepåvirkningen er mindre. Stedsspesifikke vurderinger hvor vannutskiftning også vurderes som forklarings-/årsaksvariabel er nødvendige. Vannutskiftningen i kystområdene av Vestlandet er større enn på Skagerrak pga. store fjordsystemer og større tidevannsforskjell som setter store vannmasser i bevegelse. Tilstanden i sukkertaresamfunnet synes generelt bedre i fjordområder med sterk tidevannsstrøm enn i områder med svak vannbevegelse, dvs. at en eutrofibelastning gir mindre synlig utslag i systemer med stor vannutskiftning.

Nedslamming

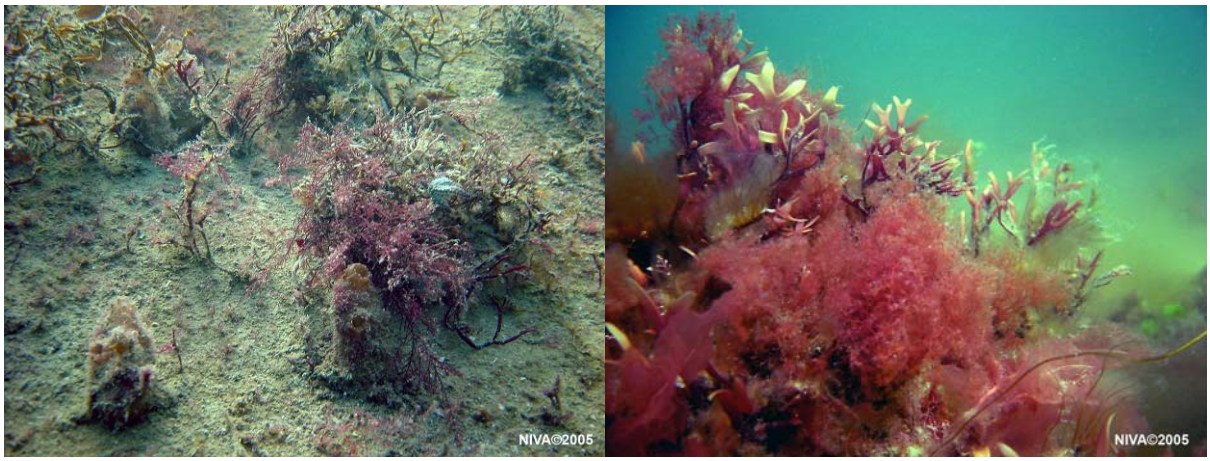
Store deler av nedslammingen er mest sannsynlig en sekundæreffekt av eutrofi. Flere forhold tyder på det. Kystovervåkingsprogrammet kan vise til at partikkelinnholdet i vannmassene i Skagerrak har økt de senere år og at partiklene i stor grad er organisk materiale. Målingene tyder på at en stor andel av det organiske materialet de siste år er detritus (døde plante og

dyrerester) da algeplanktontellinger viser lave verdier (jfr. Kap. 7 og Moy et al. 2006). Økt partikkelmengde i vannmassene gir økt nedslamming av bunnen (i sedimentasjonsområder) og mer slam i algemattene, slik vi har observert. Våre undersøkelser av bunnslammet viser at slammet inneholder mye organisk materiale av marint opphav dvs. døde rester av plankton, makroalger og dyr. Isotopanalysen av bunnslammet fra Skagerrak hadde et tydelig rødalge-signal tilsvarende de arter som dannet algemattene. Både på Sør- og Vestlandet har vi om høsten, når de ettårige sommeralgene dør, sett store mengder løst algemateriale ligge og råtne på bunnen. Disse algemattene som går i oppløsning bidrar sterkt til økt bunnslam. Vannbevegelse og bratte og dype fjorder på Vestlandet kan forklare mindre grad av synlig nedslamming på grunt vann på Vestlandet. Den sterke nedslammingen vi observerer på Skagerrakkysten er en kombinasjon av flere forhold, inkludert nedbryting av algematte på stedet, sedimentert organisk materiale fra vannmassene (inkl. detritus) og oppvirvlet slam fra lokale grunnområder.

Økt mengde bunnslam, spesielt organisk rikt slam, er en sannsynlig medvirkende årsak til manglende gjenvekst av sukkertare på Skagerrakkysten. Sukkertare vokser for eksempel i områder med stor uorganisk partikkelbelasting (for eksempel i breslamfjorder på Svalbard, steiner på skjellsandbunn). Vi er imidlertid usikker på om nedslamming er en primær årsak til bortfall av sukkertare, men kanskje er en sekundær effekt av at sukkertaren er blitt borte og erstattet av trådalger som fanger opp slam og detritus. Eksperimenter vi og andre har gjennomført har imidlertid vist at bunnslam hindrer rekruttering og hemmer kimplantene av de store brunalgene.

Trådalger og bunnslam finner vi hele året i sentrale kyststrøk langs Skagerrak (Figur 9.3), men fra Lindesnes og over på Vestlandet forsvinner trådalger og slam i vintermånedene. På denne kyststrekningen er det således mye tilgjengelig hardbunn i den perioden sukkertaren reproduserer. Manglende gjenvekst av sukkertare her kan derfor ikke skyldes nedslamming, men må skyldes andre faktorer.

Undersøkelser av trådalger og bunnslam på Skagerrakkysten så langt, tyder på at algemattene er medvirkende årsak til at slammet fester seg og sedimenterer der. Et påbegynt eksperiment viser imidlertid at voksne sukkertareplanter, tilsvarende som tang i Østersjøen, har evne til å holde bunnen fri for slam. Mengden av bunnslam kan derfor også være et resultat av endrede



Figur 9.3 Nedslammet vegetasjon og bunn (venstre) og frisk vegetasjon (høyre).
Grått slam med brunt belegg av bentiske diatoméer dekket bunn og vegetasjon på Terneholmen, Arendal, april 2005. Vanlige rødalger var krusblekke, krusflik, svartkluft og japansk sjølyng. Til sammenlikning frisk rødalgevegetasjon med de samme arter.

konkurranseforhold mellom trådalger og sukkertare, dvs. av forhold som i stor grad henger sammen med eutrofiering. Utviklingen på Vestlandet må følges videre for å se om store mengder trådalger kan endre tilstanden i retning av forholdene på Skagerrakkysten.

Klima - Økt sjøtemperatur

Sukkertare, som våre andre tarearter, er kaldtvannsarter og følsomme for høye sommertemperaturer. Det er vist at sjøtemperaturen i Skagerrak flere ganger siden 1997 har vært i grenseland for hva sukkertaren tåler. Høy sjøtemperatur kan være en sannsynlig forklaring på plutselig, regional sukkertaredød på Skagerrakkysten. I 1997 ble det målt opp mot 2 måneder med sjøtemperatur over 19 °C og bortimot 10 dager med temperaturer opp mot dødelig grense for sukkertare (23 °C). (19 °C sommerisoterm er satt som sørlig utbredelsesgrense for sukkertare.) Det er sannsynlig at den varme sommeren kan ha slått ut eller svekket sukkertaren over store deler av Skagerrak og hatt negativ innvirkning også på Vestlandet. Det er imidlertid usikkert om temperaturfaktoren alene helt eller delvis kan ha utryddet taren. Det er også usikkert om de ulike sukkertarepopulasjonene i Skagerrak og på Vestlandet har ulike tålegrenser for temperatur. Vi har også det forhold at de sukkertareplanter vi observerer i berørte områder i dag, i stor grad står på grunt vann og altså har blitt utsatt for de høyeste temperaturene. (Men også bedre vannbevegelse enn dypere nede.)

Tidligere erfaringer viser at sukkertare normalt har rask gjenvekst og kan etablere tette bestander allerede neste vår etter en hendelse. At dette ikke har funnet sted på overvåkingsstasjonene på Skagerrak, kan vanskelig forklares ut fra temperaturfaktoren. Ny sukkertare observeres oftest på grunt vann hvor sjøtemperaturen generelt også er høyest. Men på grunt vann er samtidig bølgeeksponeringen større og tilslammingen mindre. Vi mener derfor det er flere årsaker til den vedvarende bestandsreduksjonen av sukkertare på Skagerrakkysten, som økt vekst av trådalger og nedslamming (som begge kan være forårsaket av eutrofi). Fra ferskvann er økt vekst av trådalger funnet å være en effekt av økt temperatur i kombinasjon med gode næringssaltforekomster.

Høy temperatur har sannsynlig også påvirket sukkertarebestandene negativt på kyststrekningen fra Lindesnes til Stad, men vi har mindre grunnlagsdata på temperatur derfra. Erfaringer fra stortare, hvor bestandene følges gjennom kommersiell høsting, viser at varme somre som 1997, gir dårligere utbytte kommende år. Våre høstobservasjoner i 2006 tyder på at bestanden av stortare utenfor Stavanger og sukkertare i Hordaland meget sannsynlig kan være redusert av den varme sommeren 2006. Økt sommertemperatur kan derfor ha negativ innvirkning på bestanden av sukkertare også på Vestlandet, men det antas som lite trolig at høy sjøtemperatur alene kan være årsak til observerte sukkertarereduksjoner og dreining til trådalgedominans på Vestlandet. Det betyr at flere og kanskje sammenfallende faktorer er årsak.

Klima - Økt avrenning fra land, flommer

Avrenning av partikler og næringssalter fra land og analyse av flomfrekvenser studeres nå sammen med andre klimastyrte hendelser. Resultater vil bli rapportert i egen rapport i 2007. Foreløpig er det avdekket meget komplekse og regionsspesifikke forhold som gjør det vanskelig å gi generelle konklusjoner her. Det er målt økt vinternedbør i Agder siste 15 år sammenliknet med normalen. Milde vintre med mye regn medfører større avrenning i vinterperioden, når jorda ligger brakk og sukkertaren er fertil. Betydningen av avrenning fra land som skyldes menneskeskapte inngrep og klimatiske forhold er usikre. Partikkeltransporten varierer sterkt med type nedbørfelt (skog, morene, jordbruksmark) og ulike deler

av landet der sukkertaren har forsvunnet har ulike typer nedbørfelt. Det synes også viktig å skille mellom typer av partikler, da for eksempel rene mineralske partikler (som sand og leire) synes å ha mindre betydning for rekruttering av sukkertare i forhold til organiske partikler. Tilførsler av næringssalter og andre stoffer i flomvannet må undersøkes nærmere slik at transportstørrelser til ulike deler av kysten kan vurderes.

Klima - Vind, bølger og strømforhold

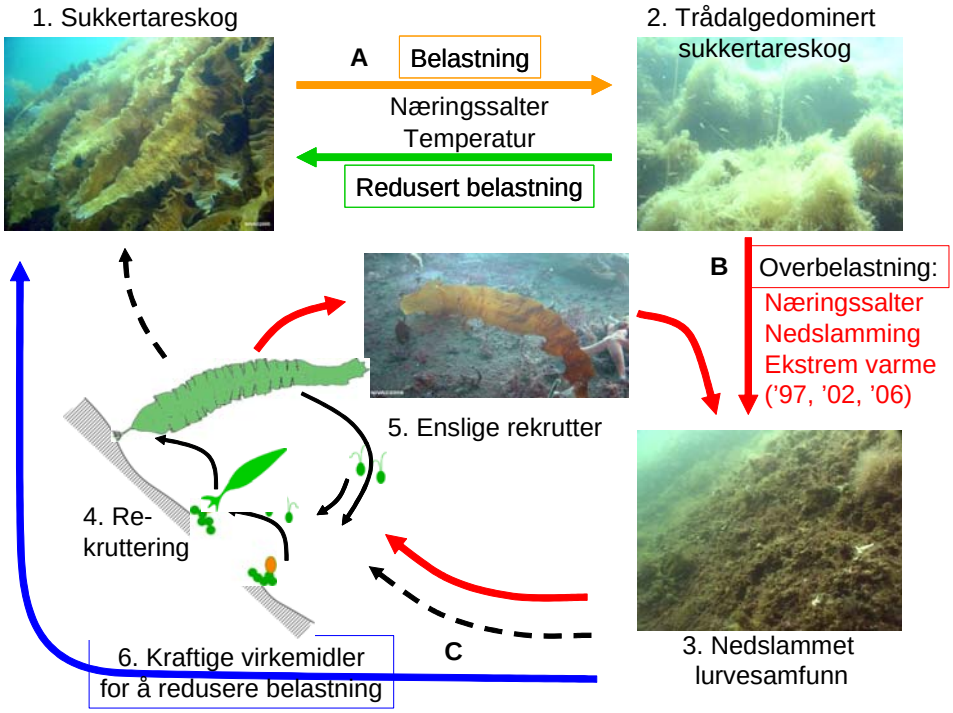
Vind har betydning for bølger og strømforhold og foreløpige analyser viser at det har vært en tendens til økende styrke av både vind og bølger de seneste år og år med dominerende sørvestlige vintervinder. Økt vannbevegelse vil være positivt for sukkertare i motsetning til trådalger, men kan også gi økt oppvirvling av bunnslam fra grunne bløtbunnsområder. Økt sørlig vind kan også gi økt transport av næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen. For sukkertare og kystmiljøet er det endring i den totale belastningen (næringssalter, bølger etc.) som har betydning, og fokus må derfor være på disse, og samtidig ta høyde for endringer i klima. Resultatene fra analyser av vind, bølger og havstrømmer i Skagerrak vil bli rapportert i egen rapport i 2007.

Beiting

Kråkeboller har vært beskrevet som en viktig årsak til bortfall av tare, men er ikke en aktuell faktor mht bortfall av sukkertare, med unntak av noen få lokaliteter. I Skagerrak er bestanden av kråkeboller meget lav og det er ikke observert andre forhold som kjennetegner kråkebolle-beiting (Figur 9.4). Imidlertid har andre beitere (krepsdyr og snegl) vært nevnt som viktige elementer i nedbeiting av store brunalger i andre farvann, særlig i undersøkelser fra Sverige. En hypotese er at reduserte fiskebestander har medført en økning av særlig tanglus som igjen har medført økt beiting på tangen. Våre undersøkelser tyder imidlertid på mye høyere tettheter av slike beitedyr i tareskogene enn i de nye algemattene. Det tyder derfor på at slik beiting ikke er av stor betydning hos oss. Undersøkelsene er imidlertid gjort flere år før eller flere år etter at sukkertaren ble borte. Vi kan derfor ikke si når vår fauna knyttet til sukkertareområder har forandret seg, og om den har forandret seg som en følge av tidligere overfiske eller om faunaen har forandret seg som en følge av at habitatet (algene) er blitt endret. Det materiale som foreligger viser imidlertid ingen tegn som styrker en beitehypotese som årsak til bortfall av sukkertare, men at faunaen mest sannsynlig er blitt forringet som en følge av skifte i algevegetasjonen. Studier av nærings-nettet vil bli viktig for å forstå de økologiske prosesser som er med på å opprettholde dagens tilstand på Skagerrakkysten, og prosesser knyttet til de observerte endringer på Vestlandet.



Figur 9.4 Bar bunn og nedbeitet stortareskog etter kråkebollebeiting.



Figur 9.5 Skjematisk framstilling av sannsynlige årsakssammenhenger til skifte i vegetasjon fra sukkertareskog til nedslammet lurvesamfunn.

A) Belastning i form av tilgjengelige næringssalter og økt sjøtemperatur fører til økt vekst av trådalger og driver sukkertareskogøkosystemet (1) i retning av et trådalgedominert tareskogsystem (2). Reduseres belastningen vil trådalgeproduksjonen avta og sukkertareskogen vil vende tilbake til referansetilstand (klimakssamfunn). På dette økosystemnivået vil naturtilstanden kunne svinge mellom tilstand (1) og (2) avhengig av år til år variasjon i næringssalttilførsler og sjøtemperatur (og evt. andre faktorer). Sukkertaren på Vestlandet befinner seg generelt på dette økosystemnivået.

B) Ved overbelastning, det vil si overskridelse av tålegrenser, bryter økosystemet sammen og vegetasjonen skifter fra sukkertareskog til et nedslammet lurvesamfunn dominert av ulike opportunistiske, hurtigvoksende, kortlevde trådalger (3). Overbelastningen kan være grenseoverskridende næringssalttilførsler, nedslamming eller dødelig høy sjøtemperatur eller en kombinasjon av disse og evt. andre faktorer vi foreløpig ikke har oversikt over. Målinger har vist økende eutrofibelastning på kystøkosystemene og høy sjøtemperatur i 1997, 2002 og 2006 kan ha vært direkte årsak til skifte i økosystem.

C) Veien tilbake til et sukkertareøkosystem går via sukkertarerekruttering (4). Spredning av sporer, befruktning og spiring av nye sukkertarekimplanter skjer generelt i vinterhalvåret. Normalt er det et overskudd av rekrutter som raskt erstatter tap av eldre planter, slik at sukkertareskogene opprettholdes eller ekspanderer. Observasjoner fra berørte områder av Skagerrakkysten tyder på svært lav rekrutteringssuksess (5) under de rådende forhold. De får rekruttene som observeres blir totalt overgrodd av ulike påvekstorganismer i løpet av sommeren og er som regel borte etterfølgende vinter. Disse observasjonene indikerer at kystøkosystemet kan ha tippet ned på et "lavere" nivå (3) og at det er etablert en ny stabil og kanskje selvforsterkende tilstand, dominert og strukturert av trådformede, hurtigvoksende og kortlevde alger. I en slik posisjon tilsier økologisk teori (jfr. Scheffer et al. 2001) at en restaurering (6) vil kreve en betydelig innsats.

10. Konklusjoner *av F. Moy, H. Christie og H. Steen*

Økosystemet med sukkertare som dominerende art synes å ha passert naturens tålegrense for næringssaltbelastning under rådende klimatiske forhold på Skagerrakkysten, og sukkertare er blitt erstattet av et nytt økosystem dominert av trådformede sommeralger. Økt sjøtemperatur og eutrofi synes å være de viktigste faktorer til bortfall av sukkertare.

Ut fra de data som til nå er analysert synes eutrofi og økte sjøtemperaturer å være de viktigste faktorene som har bidradd til økt vekst av hurtigvoksende, kortlevde trådalger og bortfall av store, strukturerende, flerårige alger som sukkertare. Selv om det fortsatt er usikkerhet knyttet til den fulle årsakssammenhengen, tyder mange tegn på at naturens tålegrense for næringssaltbelastning under rådende klimatiske forhold er overskredet på indre kyst av Skagerrak og har forårsaket et økosystemskifte fra sukkertarevegetasjon til nedslammede trådalgematter.

Rekruttering
Nedslamming synes ut fra foreliggende analyser å være en viktig årsak til manglende gjenvekst av sukkertare på Skagerrakkysten, både ut fra forsøk og ut fra mengde slam på bunnen. Undersøkelsene indikerer også at nedslamming i hovedsak synes å være en sekundæreffekt av eutrofi. Nedslamming synes ikke å være et tilsvarende problem på Vestlandet. Her synes kraftig vekst av trådalger å utgjøre den største trusselen mot tarevegetasjonen.

Vekst og overlevelse
Høy sjøtemperatur kan ha vært den viktigste årsaken til plutselig regional taredød, men høy temperatur kan ikke alene forklare manglende gjenvekst. Høy sjøtemperatur sommerstid, spesielt i årene 1997, 2002 og 2006, kan sannsynligvis ha vært dødelige eller svekket sukkertarens helse, spesielt i de øvre vanndyp av sukkertarens leveområde. En forlenget og forhøyet temperatur gjennom sommerhalvåret har også medført generelt hurtigere vekst og økt produksjon av trådalger, stimulert av tilgjengelige næringssalter. Temperatur og næringssalter har i så fall sammen bidratt til å forskyve balansen mellom sukkertare og trådalger i favør av trådalger.

Tilstand
Tilstanden som er observert for sukkertare på Sørlandet synes å være fremkalt av en kombinasjon av svekket rekruttering og redusert overlevelse for sukkertare og gunstige betingelser for de opportunistiske trådalgene. Overvåkingen i Skagerrak viser årlig spredt gjenvekst og overlevelse av sukkertare på grunt vann, mens planter på dypere ikke klarer seg. Vegetasjonen dominert av trådformede alger, både produserer og fanger opp mye slam og synes å forsterke de negative forholdene for sukkertare. Ut fra økologisk teori vil det kreve en større innsats for å restituere et system som har tippet rundt til et annet stabilt nivå i forhold til et "inntakt" system som sliter med overbelastning. Det vil derfor trolig kreve betydelig innsats for å snu utvikling tilbake til sukkertareskog på Skagerrakkysten. Tilstanden på Vestlandet bør følges opp da områder med redusert tilstand kan betraktes som et tidlig stadium av utviklingen som har funnet sted på Skagerrakkysten. Tilstanden med hensyn til forekomst av sukkertare og av trådformede sommeralger varierer betydelig mellom lokaliteter og mellom år og overvåking er nødvendig for å avdekke en eventuell trend i utviklingen. En oppfølging på Vestlandet vil også gi ny kunnskap om årsakssammenhenger med betydning for forvaltningen også på Skagerrakkysten.

11. Referanser

Bokn T, Green N, Kjellberg F, Kvalvågnæs K, Skei J. 1979. Resipientundersøkelse av Borgundfjorden ved Ålesund. NIVArapport 1142, 207 s.

Brattegard, T. and Holthe, T. (eds.) 1997. Distribution of marine, benthic macroorganisms in Norway. Research Report for DN 1997-1. Directorate for Nature Management.

Christie H. 1997. Mangfold i faunasamfunn tilknyttet ulike bunnalgehabitater på Skagerrakkysten. NINA Oppdragsmelding 483: 1-18.

Christie H., Jørgensen N.M., Norderhaug, K.M. & Waage-Nielsen, E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna assosiated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. Journal Marine Biological Association UK, 83: 687-699.

Duarte CM. 1995. Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. Ophelia 41: 87-112.

EEA, 2001. Eutrophication in Europe's coastal waters. European Environmental Agency, Topic report 7/2001. 115p.

Eriksson BK, Johansson G, Snoeijs P. 2002. Long-term changes in the macroalgal vegetation of the inner Gullmar Fjord, Swedish Skagerrak coast. Journal of Phycology 38, 284-296.

Fredriksen S. 2003 Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope (d13C and d15N) analysis. Marine Ecology Progress Series 260:71-81

Green NW, J. Knutzen, P.A. Åsen. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 3: Gruntvannsamfunn 1982-1983. NIVA Overvåingsrapport O-80003-54 SFTrapport 189/85: 135 s

Johansson G, Eriksson BK, Pedersén M, Snoeijs P. 1998. Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. Hydrobiologia 385: 121–138.

Kautsky, N., H. Kautsky, U. Kautsky & M. Wærn, 1986. Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* since the 1940's indicates eutrophication of the Baltic Sea. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 28: 1-8.

Molvær, J., Bakke, T. 1981. Overvåking av Borgundfjorden 1980. Statens forurensnings-tilsyn. NIVArapport 1328

Moy F et al. 2006. Statusrapport nr. 1-2006 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-2193/2006. NIVA-rapport 5265. 36s

Moy FE, J Aure, E Dahl, T Falkenhaug, N Green, T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, A Pedersen, B Rygg, M Walday og H Nilsson. 2006. Langtidsovervåking av miljø-kvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2005. TA-2196/2006. NIVA-rapport 5286.

Munda, I. M. &K. Lüning (1977). Growth performance of Alaria esculenta off Helgoland. Helgoländer wiss. Meeresunters. 29:311-314.

Norderhaug, KM; Christie, H; Fossa, JH; Fredriksen, S, 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (Laminaria hyperborea) forest. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom Vol. 85, no. 5, pp. 1279-1286.

Pedersen MF, Borum J. 1996. Nutrient control of algal growth in estuarine waters. Nutrient limitation and the importance of nitrogen requirements and nitrogen storage among phytoplankton and species of macroalgae. Marine Ecology Progress Series 142: 261-72.

Pedersen, A. 1990. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 5: Gruntvannsamfunn - Algevegetasjon i 1987 og 1988. Statlig program for forurensningsovervåking 380/89. NIVArapport 2372. 61 s.

Pederstad, K., Roaldset, E., and Rønningsland, T.M., 1993. Sedimentation and environmental conditions in the inner Skagerrak-outer Oslofjord. Marine Geology, 111: 245-268.

Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C., Walker, B., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. Nature 413, 591-596.

Schramm W (1996) The Baltic Sea and its transition zones. In: Schramm W, Nienhuis PH (eds) Marine benthic vegetation. Recent changes and effects of eutrophication. Springer, Heidelberg, p 131-163

Sundene, O. 1962. The implications of transplant and culture experiments on the growth and distribution of Alaria esculenta. Nytt Mag. Bot. 9: 155-174.

Valiela I, McClelland J, Hauxwell J, Behr PJ, Hersh D, Foreman K. 1997. Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. Limnology and Oceanography 42: 1105-1118.

Vogt H, Schramm W. 1991. Conspicuous decline of *Fucus* in Kiel Bay (Western Baltic): what are the causes? Marine Ecology Progress Series 69, 189–194.

Worm, B., H. K. Lotze, 1999. Marine diversity shift linked to interaktions among garzers, nutrients and propagule banks. Marine Ecology Progress Series **185**: 309-314.

Zöllmer V. and Irion, G., 1993. Clay mineral and heavy metal distribution in the northeastern North Sea. Marine Geology 111: 223-230.

Åsen PA. 1978. Marine benthosalger i Vest-Agder. Hovedfagsarbeid i marinbotanikk, UiB, 190s.

Åsen, PA 1980. Illustrert algeflroa. Oslo, J. W. Cappelens Forlag

Åsen PA. 2005. Marine benthosalgevegetasjon i Vest-Agder – artslister 1976. Agder Naturmuseums rapportserie 2005-1. 105s.

Åsen PA. 2006. Trekk fra den marine benthosalgevegetasjon fra Kristiansandsfjorden (VA) til Jøssingfjorden (Ro) - med spesiell referanse til sukkertare (Laminaria saccharina) og butare (Alaria esculenta). Agder naturmuseums rapportserie 2006-4. 35s.

Statlig program for forurensningsovervåking
Sukkertareprosjektet

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96
Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning - NIVA	ISBN-nummer 82-577-5079-4

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer 2232/2007

	År 2007	Sidetall 60	SFTs kontraktnummer 6006117

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5344-2007	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn

Redaktør: Frithjof Moy
Bidragsytere: Elisabeth Alve (UiO), Hartvig Christie (NIVA), Aud Helland (NIVA), Jan Magnusson (NIVA) Henning Steen (HI), Lise Tveiten (NIVA), Per Arvid Åsen (Agder naturmuseum)

Tittel
Statusrapport nr.2 fra Sukkertareprosjektet. .

Status report no. 2 from the Sugar Kelp Project.

Sammendrag
I 2002-2004 ble det påvist bortfall av sukkertare på store deler av indre kyst av Skagerrak. Miljøverndepartementet bevilget midler til et Sukkertareprosjekt (2005-2007) ledet av Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) med formål å undersøke omfang og årsaker til bortfall av sukkertare.
Tilstandsundersøkelsene i 2006 viser vedvarende tilbakegang i sukkertarevegetasjonen på kysten av Skagerrak. Tilstanden for sukkertare var generelt dårlig i Rogaland og viste stor likhet med Skagerrak. Tilstanden i Hordaland var god på 1/3 del og middels på rundt halvparten av stasjonene. Tilstanden på undersøkte lokaliteter i Sogn og Fjordane og i Møre og Romsdal var generelt god med unntak av lokale områder med tydelig menneskelig påvirkning og/eller redusert vanngjennomstrømming og med unntak av enkelte fjorder som Dalsfjorden og Tingvollfjorden/Sunndalsfjorden.
Klimaendring med høy sjøtemperatur kan ha vært årsak til plutselig, regional sukkertaredød, mens eutrofi med nedslamming og stor produksjon av trådalger er en viktig årsak til manglende gjenvekst av sukkertare. Høy sommertemperatur i 1997, 2002 og 2006 har hatt negativ effekt på kaldtvannsarter som sukkertare. Nedslamming er en viktig årsak til manglende gjenvekst av sukkertare på Skagerakkysten. Blant annet høyt organisk innhold tyder på at nedslammingen er en sekundæreffekt av eutrofi. Temperatur og næringssalter har sammen bidratt til å forskyve balansen mellom sukkertare og trådalger i favør av trådalger. Naturens tålegrense for næringssaltbelastning under rådende klimatiske forhold kan være overskredet på indre kyst av Skagerrak.
Både redusert skjul og redusert matfat for fisk, antas å være to viktige konsekvenser av sukkertaredøden.

4 emneord	4 subject words
Sukkertare	Sugar kelp
Eutrofiering	Eutrophication
Klima	Climate
Sør-Norge	Southern Norway