



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr. 3029/2013

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten (KYS) 2012

TA
3029
2013

Utført av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Havforskningsinstituttet



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet 2012. Årsrapport for 2012. KLIF rapport TA-3029/2013	Løpenr. (for bestilling) 6476	Dato 13.5.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-13299	Sider Pris 47
Forfatter(e) K.M. Norderhaug ¹ , L. Naustvoll ² , F. Moy ² , H.C. Trannum ¹ , B. Bjerkeng ¹ , J.K. Gitmark ¹ , ¹)NIVA, ²)HI	Fagområde Biologisk mangfold	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Klima- og forurensningsdirektoratet	Oppdragsreferanse 7013509
---	------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Årsrapporten fra Sukkertareovervåkingsprogrammet beskriver tilstanden til sukkertare og miljøstatus i kystvannet på indre kyst i Sør-Norge i 2012. Overvåkningen viser generelt litt bedring i tilstanden for sukkertare, men også at tilstanden fortsatt er moderat og dårlig mange steder langs kysten. Det har ikke vært lange perioder med kritisk høy vanntemperatur i overvåkingsområdet siden 2006, og temperatur alene kan dermed ikke forklare mangelen på reetablering. Det er heller ingen annen enkeltfaktor som kan forklare dette, og det peker på at flere ulike faktorer påvirket sukkertarens tilbakegang og mangel på reetablering.</p>
--

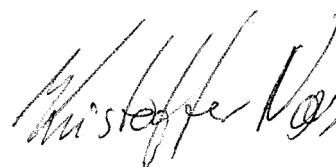
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sukkertare 2. Eutrofiering 3. Klimaendringer 4. Langtidsovervåking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sugar kelp 2. Eutrophication 3. Climatic change 4. Long-Term monitoring
---	--



Kjell Magnus Norderhaug
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør



Statlig program for forurensningsovervåking

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten.

SPFO-rapport: 1141/2013

TA-3029/2013

ISBN 978-82-577-6211-7

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning NIVA

• **Årsrapport for 2012**

Rapport

Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten (KYS).
Årsrapport for 2012.



Utførende institusjoner:
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA
Havforskningsinstituttet HI

Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnummer: 13299
NIVA-rapport: 6476-2013

Forord

Sukkertareovervåkingsprogrammet – ”Miljøovervåking av sukkertare langs kysten” er en oppfølging av Sukkertareprosjektet 2005-08 og ble startet i 2009 under Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ble utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 2008 på oppdrag fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Programmet er et overvåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare og omfatter hydrofysiske, hydrokjemiske og biologiske undersøkelser på hardbunn langs indre deler av kysten av Sør-Norge. Den hydrofysiske/-kjemiske delen av programmet utføres av NIVA og Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen i Arendal. De biologiske undersøkelsene utføres av NIVA. NIVA har også hovedansvaret for gjennomføring av prosjektet og utarbeidelse av rapportene.

Den foreliggende rapporten beskriver miljøtilstanden fra overvåkingen i 2012. Også tidligere resultater er inkludert for å kunne evaluere endringer i miljøtilstand.

Rapporten er skrevet av følgende personer (NIVA om ikke annet er angitt):
Klima, vannmasser og næringssalter: Lars Naustvoll (HI) og Birger Bjerkeng
Hardbunn: Kjell Magnus Norderhaug, Frithjof Moy og Janne Gitmark
Redaktører for rapporten: Kjell Magnus Norderhaug, Hilde C. Trannum, Frithjof E. Moy

Mange mennesker har vært med og gjennomføringen av programmet hadde ikke vært mulig uten deres medvirkning. En spesiell takk rettes Lise Tveiten og Marijana Brkljacic for uvurderlig organisatorisk bistand. Også følgende personer har vært av stor betydning for gjennomføringen av programmet og alle takkes for innsatsen:

Hydrografi/kjemi: Terje Jåvold (HI), Lena Omli (HI), Kai Sørensen
Hardbunn: Camilla With Fagerli, Norman W. Green, Maia Røst Kile, Pia Norling

Hilde C. Trannum var leder av programmet i 2012, mens Kjell Magnus Norderhaug var ansvarlig for rapporteringen i 2013. Lars Naustvoll har vært prosjektansvarlig på HI og saksbehandler hos Klif var Pål Inge Hals og Marianne Olsen.

Oslo, 13. mai 2013.



Kjell Magnus Norderhaug
Redaktør

Innhold:

Sammendrag	6
Abstract	7
1. Innledning	8
1.1 Målsetting.....	8
1.2 Bakgrunn for programmet.....	8
1.3 Faginnhold og stasjonsnett.....	9
1.4 Metodikk.....	13
2. Tilstanden til sukkertare	14
2.1 Sukkertarens biologi og utbredelse.....	14
2.2 Tilstand for sukkertare i områdene rundt dykkestasjonene.....	16
2.3 Dybdeutbredelse av sukkertare.....	18
2.4 Nedre voksegrense for indikatoralger.....	20
3. Miljøfaktorer	22
3.1 Tilstandsklassifisering.....	22
3.2 Næringssalter.....	24
3.3 Planteplanktonbiomasse – klorofyll a.....	28
3.4 Oksygen i dypvannet.....	29
3.5 Vannmasser og sjøtemperatur.....	30
3.6 Lysforhold i vannet.....	35
3.7 Partikler i vannet.....	36
3.8 Sediment på bunnen.....	37
4. Diskusjon	41
4.1 Sukkertare og miljøfaktorer.....	41
4.2 Sesongvariasjon i sukkertaretilstand.....	42
4.3 Hva viser overvåkingsprogrammet?.....	44
5. Referanser	46

Sammendrag

Sukkertareovervåkingsprogrammet, ”Miljøovervåking av sukkertare langs norskekysten” under Statlig program for forurensningsovervåking, er et miljøovervåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare.

Formålet med Sukkertareovervåkingsprogrammet er å:

- gi en oversikt over miljøtilstanden på utvalgte lokaliteter med sukkertare
- identifisere fra hvilke områder ulike partikkel- og næringssaltmengder kommer til stasjonene
- kartlegge endringer i påvirkningsfaktorene over tid
- tolke funnene på stasjonene mht. viktige påvirkningsfaktorer som temperatur, næringssalter, partikler, lys osv. (årsak-virkning)
- dokumentere det biologiske mangfoldet på stasjonene.

Rapporten beskriver tilstanden til sukkertare og miljøstatus i kystvannet på indre kyst i Sør-Norge i 2012 samt en oppsummering av fire års overvåking. Overvåkingen viser generelt litt bedring i tilstanden for sukkertare, men også at tilstanden fortsatt er moderat og dårlig mange steder langs kysten. Sukkertaretilstanden har forverret seg litt i Stavangerområdet fra 2011 til 2012. Indre kyst langs kyststrekningen Kristiansand til Stavanger har nå dårligst sukkertaretilstand i hele overvåkingsområdet. Det har ikke vært lange perioder med kritisk høy vanntemperatur (19-23 grader) i overvåkingsområdet siden 2006, og temperatur alene kan dermed ikke forklare mangelen på reetablering. Det er heller ingen annen enkeltfaktor som kan forklare dette, og det peker på at flere ulike faktorer påvirker sukkertarens tilbakegang og mangel på reetablering.

I Risørområdet var sukkertaretilstanden i bedring og mengden trådformede alger mindre i 2011-2012, enn i 2010. Dette kan henge sammen med at sommerkonsentrasjoner av næringssalter ble redusert i dette området fra 2011 til 2012. I området ved Grimstad har tilstanden vært uendret siden 2011, det vil si Moderat i indre områder og God i ytre. I området rundt Kristiansand er tilstanden fortsatt Dårlig i 2012. Her har sukkertaretilstanden vært dårlig siden 2009 og mulig manglende tarerekruttering kan være årsaken til tilstanden ikke har forbedret seg.

Ved Mandal har det blitt registrert rekrutter av tare hvert år siden 2010 og tilstanden i området ble forbedret fra Moderat til God i 2011. I 2012 var tilstanden fortsatt God. Det er blitt registrert mindre sediment på bunnen i tarebeltet i 2010 og 2011 sammenlignet med 2009, og dette kan tyde på tarerekrutter lettere har kunnet etablere seg.

Vannets klarhet målt som siktdyp, viste redusert tilstand (ned til Moderat tilstand), mens nedre voksegrense for alger viste uendrete og Meget gode forhold. I 2011 og 2012 ble det registrert stor grad av tildekking av bunnen av sediment, mer enn tidligere registrert på disse dykkerstasjonene.

Abstract

This report for the Norwegian Sugar kelp Monitoring Programme describes the environmental status on inner coastal areas in South Norway, with particular focus on sugar kelp.

The aims of the program are to:

- give an overview of the environmental status at selected sugar kelp localities
- identify important particle and nutrient inputs to the stations
- describe temporal changes in nutrient concentrations
- describe the findings at the sugar kelp stations with regard to possible environmental drivers as temperature, nutrients, particles, light etc. (cause-effect)
- describe the biodiversity at the stations.

This report describes environmental status in the coastal waters, with focus on sugar kelp, at the inner coast of southern Norway in 2012, and summarization after four years of monitoring.

The monitoring shows generally slightly improved sugar kelp status, but the status remains Poor in many areas. Long periods with critically high water temperature have not been recorded since 2006 and temperature can therefore not explain why the sugar kelp status not has improved more. No other single factor can explain the status, and it is probably a result of a combination of different factors affecting sugar kelp negatively.

In the Risør area the sugar kelp status has improved and the amount of ephemeral algae was reduced in 2011-2012 compared to 2010. Lower concentrations of nutrients during summer may have contributed to the improval. In the Grimstad area, the status was unchanged and Moderate on inner coast and Good on outer coast. In the Kristiansand area, the status was Poor and similar to 2011. This may have been casued by lack of recruitment in 2011. Outside Mandal, kelp recruitment has been recorded since 2010 and the status improved from Moderate to Good in 2011. In 2012, the status was still Good. Increased recruitment may have been facilitated by reduced amount of sediment cover on the sea floor in 2010 and 2011 compared to 2009.

The sugar kelp status worsened slightly in the Stavanger area from 2011 to 2012. The sugar kelp status on inner coastal areas along the coast from Kristiansand to Stavanger is presently the poorest within the monitored area. Within this area, summer temperatures never exceeded 19 degrees at any of the monitored stations in 2011 or 2012. Nutrient concentration classification during winter in the Hidle fjord showed reduction in the status from Very good in 2011 to Good in 2012, while classification for summer concentrations remained in class Very good. Secchi measurements (water visibility) showed reduced water clarity while lower growth limit for selected indicator algae, however showed Very good status in 2011 and 2012. Both in 2011 and 2012, high degree and increased amount of sediment cover on the bedrock was recorded.

1. Innledning

Sukkertareovervåkingsprogrammet ble startet i 2009, og er administrert og finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) gjennom Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ledes av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og utføres av NIVA i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI). Resultater fra Sukkertareovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR. Arbeidet er forankret i miljømyndighetenes miljøpolitikk og resultatmål for rent hav (St.meld. nr. 26 (2006-2007)).

Omfattende sukkertaredød ble først dokumentert av forskere fra NIVA og Universitet i Oslo og undersøkt gjennom et pilotprosjekt i 2004. Det foregikk da ikke overvåking i indre kystområder, men bl.a. var en tidligere undersøkt Kystovervåkingsstasjon, der sukkertare hadde dominert tidligere, sentral i dokumentasjonsarbeidet.

Dette overvåkingsprogrammet er en oppfølging av Klif og DNs Sukkertareprosjekt som ble gjennomført 2005-08. I Sukkertareprosjektet ble omfanget av fenomenet klarlagt og årsakssammenhenger skissert. Sukkertareprogrammet ble så igangsatt i 2009, og den foreliggende rapporten beskriver utviklingen i tilstand i perioden 2009-2012.

1.1 Målsetting

Formålet med Sukkertareovervåkingsprogrammet er å:

- gi en oversikt over miljøtilstanden på utvalgte sukkertarelokalteter
- identifisere fra hvilke områder ulike partikkel- og næringssaltmengder kommer til stasjonene
- kartlegge endringer i påvirkningsfaktorene over tid
- tolke funnene på stasjonene mht. viktige påvirkningsfaktorer som temperatur, næringssalter, partikler, lys osv. (årsak-virkning)
- dokumentere det biologiske mangfoldet på stasjonene

1.2 Bakgrunn for programmet

Kartleggingen i Sukkertareprosjektet viste at hhv. 80 og 40 % av sukkertaren var borte i Skagerrak og Vestlandet (Nordsjøkysten), men at situasjonen ikke var statisk og at det var år-til-år variasjon i tilstanden (Moy et al. 2008). Tepper av hurtigvoksende og opportunistiske alger erstattet de økologisk viktige sukkertareskogene (Moy et al. 2007). Gjennom Sukkertareprosjektet er sukkertarens tilstand i Sør-Norge blitt kartlagt, eksisterende kunnskap sammenstilt, tapte arealer beregnet (modellert) og feltforsøk gjennomført for å finne ut mer om årsakene til at sukkertaren forsvant. En sammenfattende oppsummering er gitt i Sluttrapport for Sukkertareprosjektet (Moy et al. 2008) og resultater er publisert internasjonalt (Moy & Christie 2012; Andersen 2011, 2013).

Resultatene fra Sukkertareprosjektet tydet på at det ikke er en enkelt faktor som kan forklare skiftet i vegetasjon, men sannsynligvis en kombinasjon av flere faktorer. Høy sommertemperatur, sommertilførsler av næringssalter, lyssvekking (pga. økt innhold av ferskvann, humus, partikler og plankton) i kystvannet og tilslamming av bunnen ble ansett

som de mest sentrale faktorene som påvirker sukkertaren negativt og kan bidra til sukkertarens bortfall.

Klimaendringer kan ha vært viktig for det observerte regimeskiftet (Moy et al. 2008). Den menneskelige aktiviteten i Skagerrak og områdene som drenerer til dette havområdet, bidrar også til næringsstoffsutslipp (og forurensninger) via havstrømmer, elver, luft og direkteutslipp. Det er også tiltagende interessekonflikter i kystsonen. Menneskelige aktiviteter som kan ha betydning for sukkertaretilstanden i det overvåkede området, inkluderer jordbruk, skogbruk, vassdragsregulering, avløp og industri, samt endringer i fiskepopulasjoner, (Syvertsen et al. 2009).

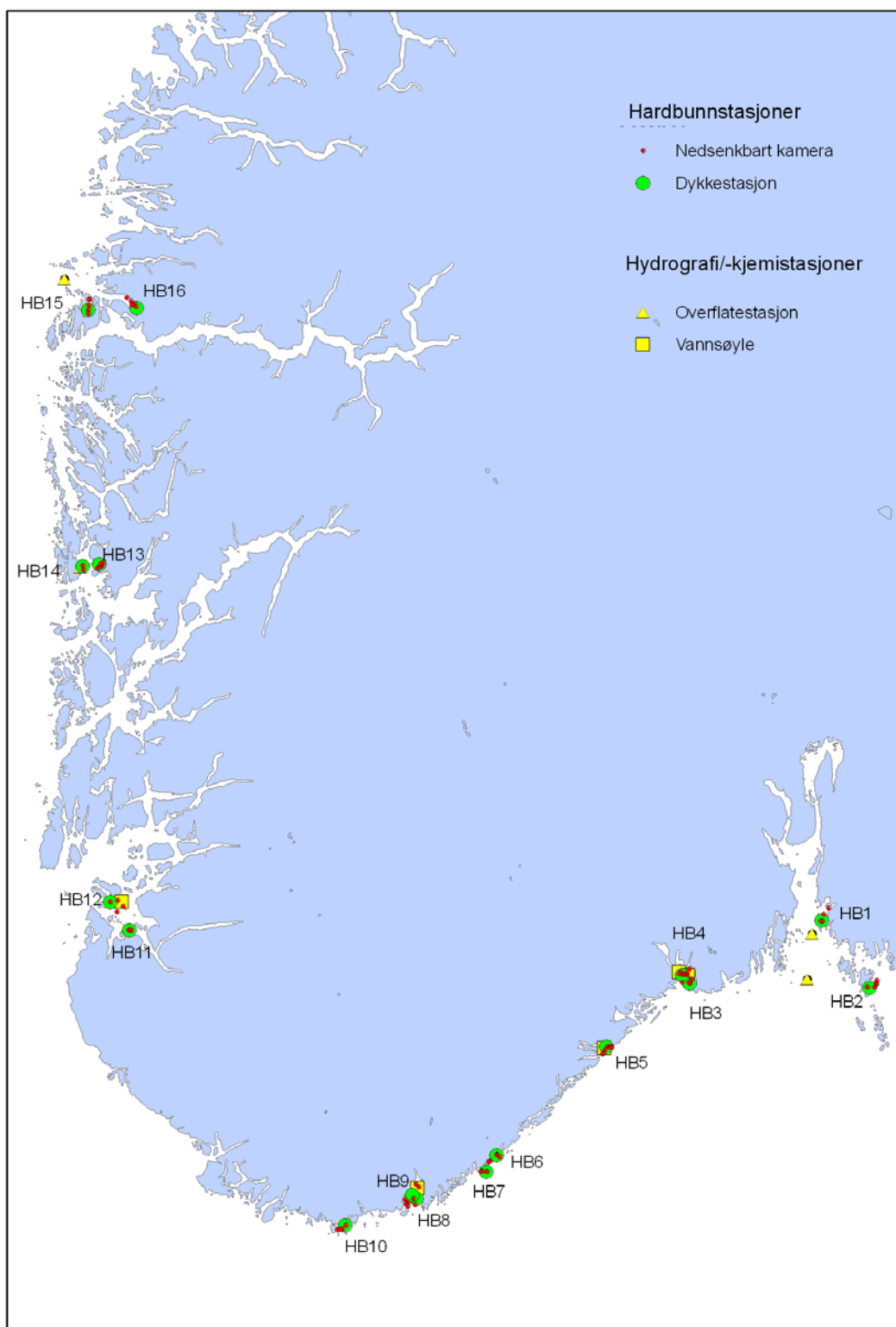
Komplekse påvirkningsforhold på indre kyst gjør at det til tross for omfattende undersøkelser som ble gjennomført i Sukkertareprosjektet, fortsatt er usikkerhet rundt årsakssammenhengene for sukkertarebortfallet. Moy et al. (2008) påpekte betydningen av lange tidsserier av overvåkingsdata for å forstå slike regimeskifter i fremtiden.

Sukkertareovervåkingsprogrammet er en viktig oppfølging av Sukkertareprosjektet, både for å overvåke miljøtilstanden på indre kyst og for bedre å forstå årsakssammenhenger i forbindelse med regimeskifter. Tareskogene er levesteder for rike samfunn av marine arter. Høy produksjon gjør tareskogene viktige for produksjon av mat i kystsonen, og de er oppvekstområder for mange arter av kystfisk (Norderhaug et al. 2005, Moy et al. 2008). En kunnskapsbasert forvaltning er nødvendig for å kunne forvalte dette viktige økosystemet og iverksette riktige og effektive tiltak. Dette er særlig viktig når klimaendringer kan komme til å motvirke tiltak for å bedre tilstanden langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet er et helhetlig overvåkingsprogram, med fokus på sukkertare, som bidrar til å kaste lys over årsakene til sukkertarens forsvinning. Programmet startet opp i 2009, og har nå blitt gjennomført i fire år. Fra 2013 ble overvåkningen lagt om og sukkertarestasjonene HB1-10 blir videreført gjennom det nye overvåkingsprogrammet ØKOKYST (se kapittel 1.3).

Den foreliggende rapporten inneholder presentasjon av overvåkingsdata om tilstanden til sukkertare i 2012, og en sammenlikning med tilstanden i 2009-2011. Hydrografi- og kjemidata fra samme periode benyttes som støtteparametere (juni 2009-november 2011). Flere av sukkertarestasjonene har også hydrografi- og kjemidata fra perioden 2005-2007, som brukes for å vurdere endringer over tid.

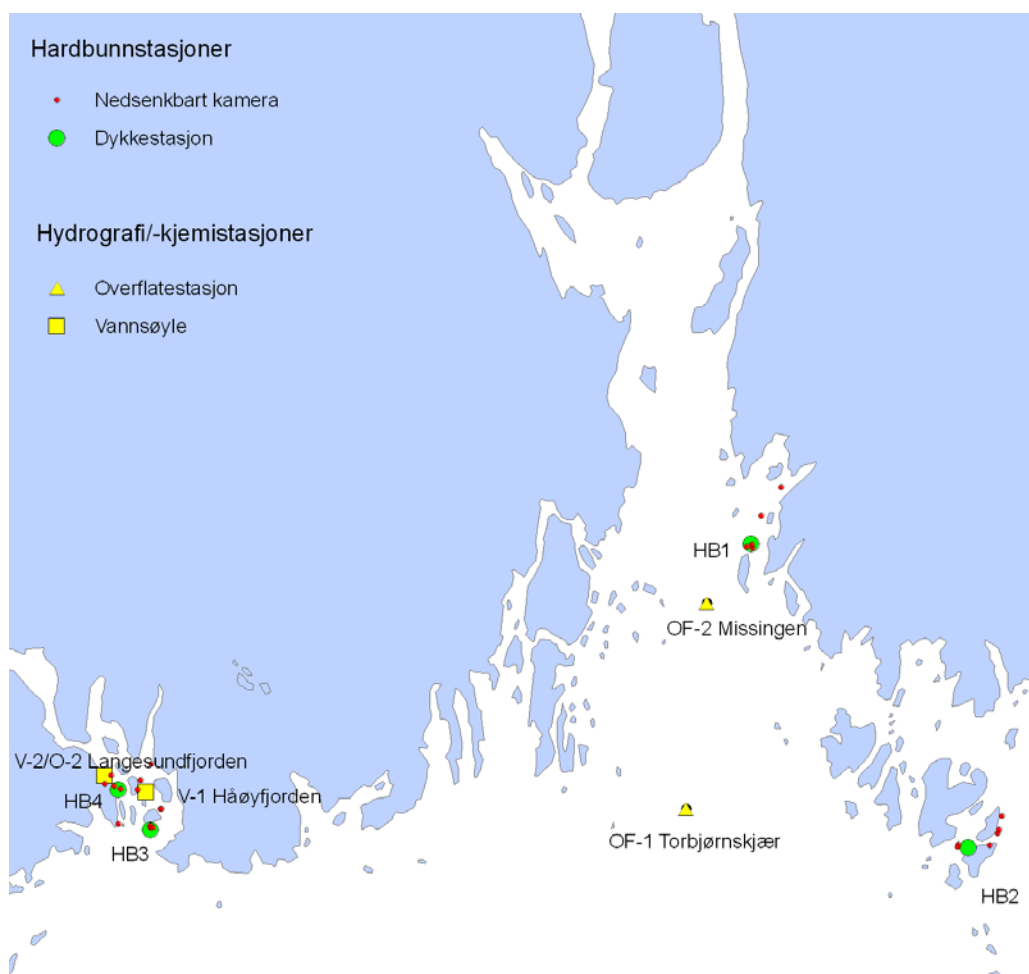
1.3 Faginnhold og stasjonsnett

Sukkertareovervåkingen er utformet som et miljøovervåkingsprogram for indre kystområder med fokus på sukkertare. Programmet dekker kysten fra svenskegrensen til Stavanger (2010-2012), men ble i 2009 gjennomført også ved Sognefjorden (Figur 1.1).

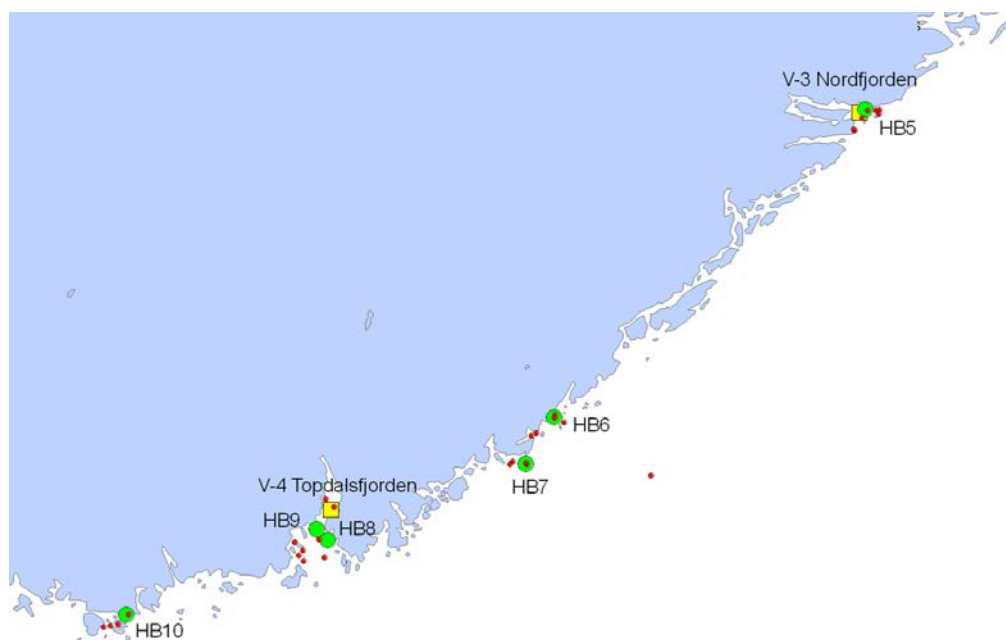


Figur 1.1. Stasjonsnettet for Sukkertareovervåkingsprogrammet. Stasjon HB13-16 og tilhørende stasjoner for nedsenkbar kamera ble kun overvåket i 2009.

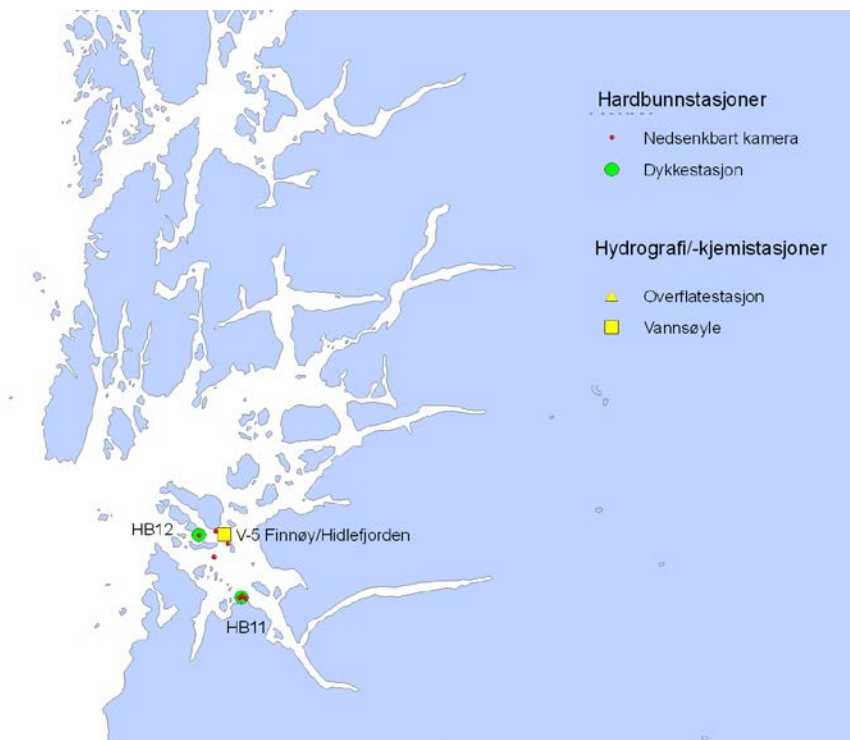
Stasjonene er presentert områdevis i Figur 1.2 - Figur 1.4.



Figur 1.2. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2012 i Ytre Oslofjord.



Figur 1.3. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2012 på Sørlandet.



Figur 1.4. Stasjoner i Sukkertareovervåkingsprogrammet i 2009-2012 på Sør-Vestlandet.

Vannprøver samles inn 12 til 22 ganger årlig, og det gjennomføres årlige dykkerundersøkelser for registrering av fastsittende alger og dyrs forekomst på steinbunn fra fjæra og ned til 30 m dyp. For å få en oversikt over tilstanden for sukkertare er stasjonsnett av dykkerstasjoner supplert med stasjoner som undersøkes med nedsenkbart kamera. Det er etablert tre slike kamerastasjoner i nærheten av hver dykkerstasjon.

Stasjoner for prøvetakningen i de frie vannmasser for kjemiske og fysiske parametere ligger i nærheten av hardbunnstasjonene. De er plassert slik at de skal kunne gi mest mulig informasjon om kjemiske og fysiske forhold som vil kunne påvirke utbredelse og tilstanden til sukkertare og det øvrige hardbunnsamfunnet. Det er gjennomført en kombinasjon av prøvetakning i overflaten og prøvetakning i standarddyp fra overflaten til bunnen (vertikale profiler).

Overflatestasjoner i Oslofjorden dekkes av Ferrybox-systemet ombord på MS Color Fantasy, og vannet tas inn fra ca. 4 m dyp. Overflateprøvetakning i Breviksfjorden er foretatt på 0 m dyp. Ved stasjoner for vertikalprofiler er det foretatt prøvetakning på ICES standarddyp fra overflaten til største dyp (0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300 m osv.). Ved disse innsamlingene er det benyttet lettboat eller FF G.M. Dannevig.

Detaljerte oversikter over hvilke parametere som måles på de ulike stasjonene, er gitt i datarapporten for 2012 (Norderhaug et al. 2013).

1.4 Metodikk

Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes; ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9424). Metodikken er fylldig beskrevet i Moy et al. (2002).

2. Tilstanden til sukkertare

Sukkertarens tilstand på indre kyst i området Ytre Oslofjord til Grimstad var generelt Moderat til God i 2012. Tilstanden på indre kyst i områder fra Kristiansand til Stavanger var varierende God til Dårlig. På kontrollstasjonen i Skagerrak (ytre områder for Grimstad HB7 Homborsund) har tilstanden vært God i hele overvåkingsperioden. Utviklingen fra Grimstad og østover var uforandret til forbedret tilstand fra 2009 til 2012, mens utviklingen fra Kristiansand og vestover har variert. Fra 2011 til 2012 var tilstanden uforandret til forverret og gjenspeiler sannsynligvis dårlig rekruttering av sukkertare.

2.1 Sukkertarens biologi og utbredelse

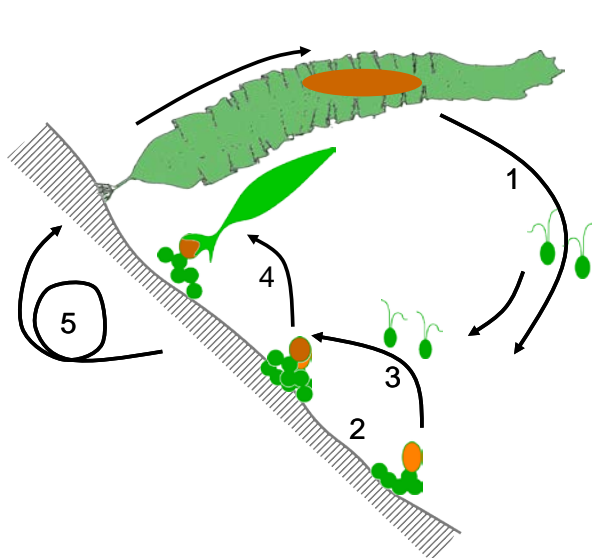
Sukkertare (*Saccharina latissima*) har vid utbredelse i den tempererte delen av den nordlige halvkule og vokser på beskyttet til moderat bølgeeksponert kyst fra ca. 1 og til ca. 30 m dyp (Moy et al. 2006). Den er flerårig, har 1-3 m langt bølget blad, en 10-40 cm lang stilk og danner tett vegetasjon hele året (Figur 2.1).



Figur 2.1. Frisk og tett sukkertareskog (bilde fra Homborsund, Moy et al. 2008).

Sukkertare vokser mest om våren (Sjøtun 1990, 1993), og et nytt blad erstatter da det gamle som felles. Om sommeren stopper veksten og plantene utvikler sporer utover høsten (Figur 2.2). Sporene slippes om høsten og vinteren og spirer til mikroskopiske planter, som etter

befruktning kan vokse opp til en ny sukkertareplante (sporofytt). Planten blir normalt fertil i andre år av livssyklusen og lever 2-5 år. Den er avhengig av stabil rekruttering og overlevelse i alle stadier for å opprettholde en tett bestand (tareskog).

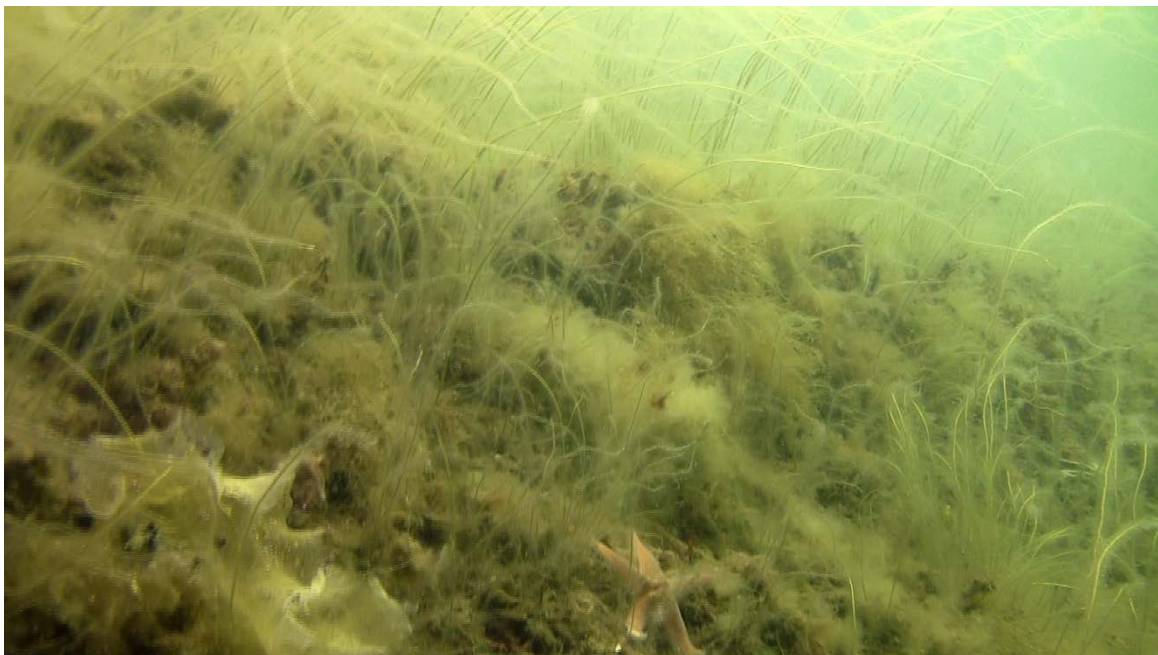


1. Sporeslipp høst og vinter.
2. Zoosporene søker ned mot sjøbunnen, fester seg til underlaget og spirer til mikroskopiske hann- og hunnplanter (gametofytter)
3. Hannplantene slipper ut en mengde små spermatozoider som skal befrukte egget på hunnplanten
4. Det befruktede egget spirer straks og en ny kimplante vokser ut av egget på hunnplanten og over hungametofytten, som blir borte.
5. Ut over våren vokser kimplanten raskt og avhengig av lys, næring og plass, kan den unge sukkertaren bli en meter lang i løpet av den første sommeren. Sukkertaren blir først fertil det andre året i syklusen

Figur 2.2. Livssyklus hos sukkertare (fra Moy et al. 2008).

Hvilke miljøfaktorer som er styrende for sukkertarens tilstand, er ikke fullt ut forstått, men noen faktorer peker seg ut som viktigere enn andre. Utbredelsen til sukkertare faller grovt sett sammen med sommerisotermen på ca. 19 °C, og algen dør ved ca. 23 °C. Skagerrak ligger i randområdet for sukkertarens utbredelse, og tidvis høye sommertemperaturer kan være dødelig for sukkertaren. I senere år er det registrert temperaturer over 19 grader i 1997, 2002 og 2006 (Moy et al. 2008). Tross kalde somre de siste årene har Sukkertareovervåkingen vist at tilstanden for sukkertare ikke har bedret seg mye siden overvåkingen startet i 2009. Høy sommertemperatur kan derfor ikke alene forklare den dårlige sukkertaretilstanden.

Andre faktorer som Moy et al. (2008) pekte på i sukkertareprosjektet som negativt for sukkertaretilstanden var tilførsler av næringssalter og begroing av påvekstalger, sedimentering på bunnen og lyssvekking. Lyssvekking skjer på grunn av økt innhold av ferskvann, humus, partikler og plankton i kystvannet. Formørkning i kystvann har økt verden over de siste 50 år, og reduserer dybdeutbredelsen til sukkertare og andre alger. Tilsvarende endringer er registrert langs skagerrakkysten, med en markant økning i mengden partikler i kyststrømmen tidlig på 2000 tallet (Frigstad et al 2013). Tilførsler av partikler fra elver styres i stor grad av nedbørmengder og temperatur (fryse- og tineperioder) og slike tilførsler kan føre til tilslamming av bunnen (Moy et al. 2008, Syvertsen et al. 2009). Smelteperioder med avrenning fra land tidlig på året kan føre til nedslamming av bunnen som hindrer sukkertare fra å feste seg og spire. Fordi livssyklusen til sukkertaren omfatter ulike stadier, med ulik grad av sårbarhet, er det et komplekst forhold mellom endringer i miljøfaktorene og sukkertarens tilstand. Eksempel på bortfall av sukkertare og trådalgevekst er vist i Figur 2.3.



Figur 2.3. Bilde fra 6 m dyp på Sukkertareovervåkingsstasjon HB5 Robbesvik utenfor Risør i 2012. Bunnen er dominert av trådformede alger og mye sediment. En enkelt sukkertareplante kan sees i bilde (nede til venstre). I 2011 ble sukkertare for første gang registrert på denne stasjonen siden overvåkningsprogrammet startet i 2009, og tilstanden var forbedret litt også i 2012.

2.2 Tilstand for sukkertare i områdene rundt dykkestasjonene

Helt siden regimeskiftet på 1990-tallet, med en endring fra sukkertaredominert bunn til trådalge- og sedimentdominert bunn, har tilstanden for sukkertare generelt sett vært dårlig på indre kyst i Skagerrak og deler av Vestlandskysten (Trannum et al. 2012).

Etter en dårlig periode for sukkertare 2004-05 (Moy et al. 2006) ble tilstanden generelt noe forbedret de siste årene av Sukkertareprosjektet (Tabell 2.1., frem mot 2008, Moy et al. (2008)). Tilstanden bedret seg også totalt sett noe i de første årene av Sukkertareovervåkingen 2009-2011. I området Ytre Oslofjord til Grimstad (HB1-7) var sukkertarens tilstand også bedret eller uforandret fra 2011 til 2012. Dette kan gjenspeile at det ble registrert rekruttering av sukkertare i 2011. Dermed fortsetter den positive utviklingen på de overvåkede stasjonene i Ytre Oslofjord og på denne delen av Sørlandet som tidligere hadde svært dårlig tilstand uten sukkertare (HB4 til HB6). I 2012 ble det også registrert rekruttering av sukkertare på stasjonen ved Risør HB5 som gir grunn til å håpe på videre positiv utvikling. Tilstanden er nå generelt God til Moderat i hele dette området.

Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2012

Tabell 2.1. Tilstand for sukkertare i 2005-2012 i overvåkingsområdet bestemt iht. Moy et al. (2008). Undersøkelser 2005-2008 er fra Sukkertareprosjektet (Moy et al. 2006, 2007, 2008). Fargene viser tilstand for sukkertare. Grønn: God tilstand, sukkertare vanlig. Gul: Moderat tilstand, sukkertare spredt. Orange: Dårlig tilstand sukkertare enkeltfunn. Rødt: Svært dårlig tilstand, sukkertare fraværende. Hvit: Ikke undersøkt. Tilstanden er basert på gjennomsnitt av forekomst/tetthet av sukkertare på 5-6 m dyp (på dykkerstasjoner HB1-16) og stasjoner for nedsenkbar kamera (3 stasjoner i nærheten av hver dykkerstasjon). Totalt 48 stasjoner er undersøkt. Stasjon HB13-16 ble bare overvåket i 2009. I 2009 ble overvåkingen gjennomført i august, mens fra 2010 ble den gjennomført i juni. Det forventes en dårligere tilstand senere på sommeren fordi tepper av trådformede algesamfunn utvikles utover sommeren, og overgror sukkertaren og "kveler" andre arter (Moy et al. 2008). Se for øvrig Kap. 4.2 for beskrivelse av sesongvariasjon og Figur 1.1 - Figur 1.4 for stasjonsbeskrivelser.

	Fredrikstad	Hvaler	Helgeroa	Brevik	Risør	Grimstad	Homborsund	Kristiansand	Kristiansand	Eigebrekk	Stavanger	Stavanger	Fana fjorden	Raunefjorden	Dumbefjorden	Sogn og Fjordane
	Veslekalven	Brattøy	Store Arøya	Risøyodden	Robbesviken	Tvillingholmen	Homborøy	Korsvikfjorden	Bertilsbukta	Tregde	Tingsholmen	Rossøy	Haugneset	Langøya	Geitevik	Åfjorden
	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5	HB6	HB7	HB8	HB9	HB10	HB11	HB12	HB13	HB14	HB15	HB16
2005																
2006																
2007																
2008																
2009																
2010																
2011																
2012																

I Kristiansandområdet var tilstanden dårlig og uforandret i 2012 (dykkestasjon HB8 og HB9), og har hatt dårlig tilstand siden overvåkingen startet. I området rundt Eigebrekk (HB10) var tilstanden god og uforandret i 2012. I Stavangerområdet har tilstanden forverret seg fra 2011 til 2012 etter en periode med bedring 2007-2011. Stasjonene med dårligst tilstand ble i 2012 dermed funnet i området Kristiansand til Stavanger. Dårlig tilstand i HB11-området kan skyldes dårlig rekruttering. I 2011 ble det funnet noen tarerekrutter på HB12, men ingen på HB11. I 2012 ble det registrert noe rekruttering på både stasjon HB11 og HB12. Dette kan bety at tilstanden vil bedres til 2013. Bilder fra gjenbesøk på HB12 senere i 2012 viste imidlertid sukkertare som ble overgrodd og svekket utover sensommer og høst (se Kap. 4.2). Overvåkingen i 2013 vil vise om rekruttene fra 2012 ble «kvalt» av påvekstalger på høsten.



Figur 2.4. Frisk sukkertareskog og patruljerende berggyllt observert på 9 m dyp på stasjon HB7 Homborøy i 2012. Denne stasjonen ligger langt ut i skjærgården og har hatt god tilstand gjennom hele overvåkingsperioden.

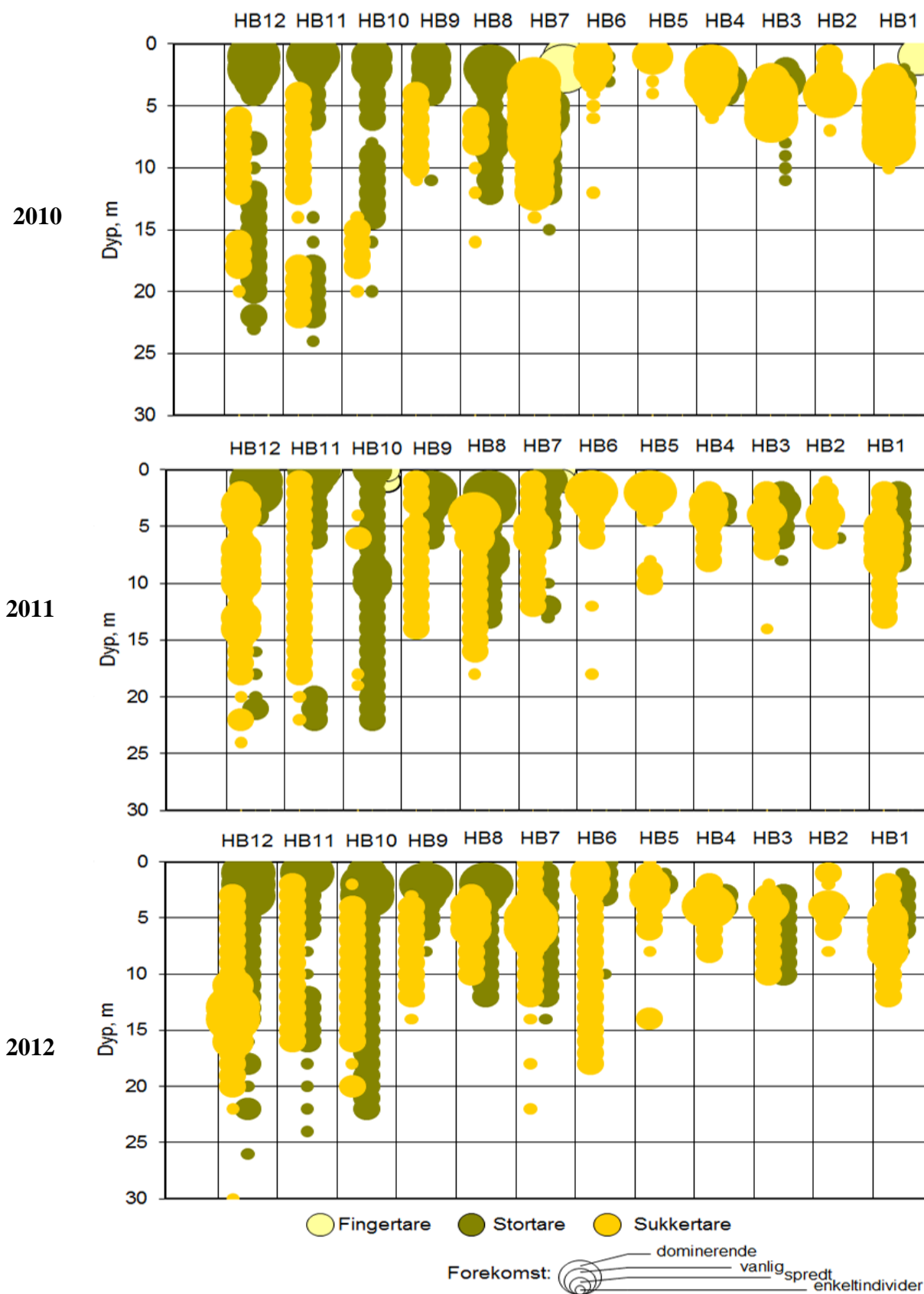
2.3 Dybdeutbredelse av sukkertare

Den totale utbredelsen av sukkertare på dykkerstasjonene i overvåkingsområdet endret seg lite fra 2011 til 2012, men har blitt noe forbedret og økt litt siden sukkertareovervåkingen startet i 2009. Figur 2.5 antyder to biogeografiske områder når det gjelder dybdeutbredelse for tare, det ene fra Fredrikstad til Kristiansand og det andre fra Tregde til Stavanger. Tarens dybdeutbredelse er generelt større på Sørvest- og Vestlandet enn i Skagerrak.

Dybdeutbredelsen forteller noe om lysforholdene i vannet over tid og hvor dypt det er lys nok for sukkertaren til å vokse. Sammenlignet med historiske data, har dybdeutbredelsen av sukkertare blitt redusert mye de siste 60 år, i Ytre Oslofjord ble den redusert fra ca. 25 til 15 m dyp fra årene 1947-1951 og til 1989 (Rueness & Fredriksen 1991). På overvåkingstasjonene i området Hvaler til Kristiansand har nedre voksedyp for sukkertare blitt registrert på mellom 5 til 15 m dyp i årene 2009-2012. Spesielt liten dybdeutbredelse (grunnere enn 5 m) har blitt registrert på indre kyst på Sørlandet i området Risør-Grimstad gjennom overvåkingsperioden. Sukkertare finnes sammen med, og konkurrerer med, andre tarearter. I bølgeeksponerte områder dominerer stortare (*Laminaria hyperborea*). Stasjon HB7 Hombursund ligger langt ut og her finnes i tillegg til tett sukkertareskog også gode forekomster av stortare, ned til 15 meters dyp. Fingertare (*Laminaria digitata*) er en annen tareart som opptrer på grunt vann.

Ytre Oslofjord

I Ytre Oslofjord (Figur 1.2) har voksedypet for sukkertare blitt litt forbedret gjennom overvåkingsperioden og var litt dypere i årene 2011-2012 enn 2009-2010. Her har dybdeutbredelsen til sukkertare vært grunn (begrenset til ca. 10 m dyp) gjennom hele overvåkingsperioden .



Figur 2.5. Forekomst og vertikalutbredelse av fingertare, stortare og sukkertare 2010-2012. Bredden på søylene indikerer mengden av tare (enkeltfunn, sjelden, vanlig, dominerende). HB1: Veslekalven Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Helgeroa, HB4: Risøyodden, Brevik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger.

Sørlandet

På Sørlandet (særlig stasjonene HB5 i Risør og HB6 i Grimstad) har tilstanden for sukkertare vært den dårligste som er observert (Svært dårlig på HB5 fra 2005 og, 2008-2010). Mot slutten av Sukkertareprosjektet ble det observert rekruttering på grunt vann, som kan ha bidratt til at noe bedre tilstand er observert i overvåkingen 2009-2012. Dygdeutbredelsen for sukkertare på HB5 og HB6 har også økt gjennom overvåkingsperioden. I ytre områder på Sørlandet har tilstanden vært God gjennom hele overvåkingsperioden, med god rekruttering og tett tareskog ned mot 15 m dyp (HB7 Homborøy, kontrollstasjon).

I Mandalsområdet var tilstanden varierende Dårlig til God i 2006, og det ble observert overgroing av grønnalger og naken bunn under 5-6 m dyp. Både i 2009 og 2010 var tilstanden fortsatt dårlig (Tregde HB10), og det ble registrert mye trådformede alger (Figur 5.9). I 2010 ble det imidlertid registrert mye kimplanter ned mot 20 m dyp (Norderhaug et al. 2011). I 2011 var tilstanden vesentlig forbedret, og ble klassifisert som God. Tilstanden var fortsatt God i 2012 og dybdeutbredelsen for sukkertare fortsatte å øke 2011 til 2012.

Sørvestlandet

På Sørvestlandet (HB11 og HB12 i Stavangerområdet) var tilstanden forbedret de første årene med overvåking (2009 og 2010) i forhold til tilstanden som ble registrert i Sukkertareprosjektet. Generasjonsskiftet som ble registrert på HB12 i 2010 (dominansskifte fra store planter til juvenile fra 2009 til 2010, Norderhaug et al. 2011), tydet på relativt god rekruttering av sukkertare. Tilstanden på Sørvestlandet var bedret til God i 2011. Fra 2011 til 2012 ble tilstanden igjen noe dårligere og dybdeutbredelsen for sukkertare ble litt redusert på HB11 og HB12.

2.4 Nedre voksegrense for indikatorialger

Makroalgene er avhengig av en minimum mengde lys for å overleve og artene har ulike grenseverdier. Ved å bruke flerårige arter, reflekterer nedre voksegrense vannets klarhet akkumulert over tid. Nedre voksegrense er brukt i Kystovervåkingsprogrammet siden 1990 og i sukkertareovervåkingsprogrammet. Dette prinsippet er lagt til grunn for å bruke nedre voksegrense til ni makroalgerarter som mål for vannkvalitet i Vannforskriften. I Veileder 01:2009 står det: "Det er i stor grad lystilgangen som bestemmer den nedre grensen hvor en art kan vokse og være formeringsdyktig. Denne grensen er forskjellig for forskjellige arter. Ved dårligere lysgjennomgang vil derfor nedre voksegrense skyves oppover mot overflaten. Reduksjon i lysgjennomtrengelighet og dermed nedre voksegrense for alger har en klar sammenheng med graden av overgjødning. Basert på historiske data, innsamlet informasjon fra forurensete områder og ekspertvurderinger, er det satt grenseverdier for vannkvalitet basert på nedre voksegrenser for 9 utvalgte opprette alger for 3 vanntyper i Skagerrak". I sukkertareovervåkingsprogrammet er nedre voksegrense for disse ni indikatorialger registrert på alle stasjonene, og tilstandsklasser er bestemt for de stasjoner som ligger i vanntyper det er etablert klasseinndelinger for i Vannforskriften (tre Skagerrakvanntyper). Resultatene viser tilstandsklasse God til Meget god på alle stasjoner (Tabell 2.2). Tilstanden i henhold til denne indikatoren har også bedret seg litt over tid, 5 stasjoner hadde bedre tilstand i 2012 enn 2009, mens på HB7 Homborsund var tilstanden dårligere i 2012 enn 2011 og på HB10 Tregde har tilstanden vært uforandret og Meget god gjennom hele overvåkingsperioden.

Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2012

Tabell 2.2. Tilstandsklasse for nedre voksegrense for ni algearter i henhold til vannforskriften. Krusflik (*Chondrus crispus*), Svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), Skolmetang (*Halidrys siliquosa*), Sukkertare (*Saccharina latissima*), Krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*), Hummerblekke (*Coccotylus truncata*), Teinebusk (*Rhodomela confervoides*), Fagerving (*Delesseria sanguinea*) og Eikeving (*Phycodrus rubens*). Svarte ruter viser stasjoner som ligger i vanntyper det ikke er etablert klasseinndeling for.

Stasjon	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5	HB6	HB7	HB8	HB9	HB10	HB11	HB12
Vann-nett	Moderat eksponert kyst	Beskyttet kyst/fjord	Moderat eksponert kyst	Beskyttet kyst/fjord			Åpen eksponert kyst	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet kyst/fjord	Beskyttet kyst/fjord		
Vanntype	S2	S3	S2	S3			S1	S3	S3	S3		
2009	God	God	Meget god	God			God	Meget god	God	Meget god		
2010	God	God	God	God			God	God	Meget god	Meget god		
2011	Meget god	God	Meget god	God			Meget god	Meget god	Meget god	Meget god		
2012	Meget god	God	Meget god	Meget god			God	Meget god	Meget god	Meget god		

3. Miljøfaktorer

Miljøfaktorer måles for å overvåke og forstå endringer i vannmassene som kan være med å forklare endringer i sukkertaretilstanden. Noen faktorer mener vi er viktige for sukkertaren, som vanntemperatur og næringssalter, mens andre er viktige for å forstå tilførsler og vannutskiftning i fjordbassenger.

Vintertemperaturen 2012 var høyere enn tidligere i overvåkningsperioden. Sommeren i Skagerrak var kjølig og omtrent som de siste årene. For stasjonene i indre del av Skagerrak ble det målt høyere nitrogenkonsentrasjoner vinteren 2012 sammenlignet med tidligere i overvåkningsperioden. Det er generelt en gradient i mengden nitrogen fra Skagerrak, med de høyeste konsentrasjonene, til Hidlefjorden i Rogaland med de laveste. Sommerkonsentrasjon av nitrogen var lavere enn tidligere år ved de fleste stasjonene i Skagerrak med unntak av OF 1 og 2 i Oslofjorden. Ved begge disse stasjonene ble det målt betydelig høyere nitrogenkonsentrasjoner sensommeren 2012 enn normalt. Dette skyldes sannsynligvis stor tilførsel av ferskvann fra land. Våroppblomstring fant sted i februar – mars langs Skagerrakkysten og i mars i Hidlefjorden. I begge områder er dette innenfor den normale perioden for våroppblomstring, men litt senere enn registrert de siste årene. Generelt måles det høyere planteplanktonbiomasse i Skagerrak enn i Rogaland.

I Håøyfjorden og Nordfjorden var oksygenforholdene i bunnvannet dårligere i 2012 enn i 2011. For Topdalsfjorden og Breviksfjorden er forholdene omtrent som observert de senere årene, med en liten forverring i Breviksfjorden. Ingen større utskiftninger av bunnvannet i Skagerraks fjorder ble observert i 2012.

Elveovervåkingen viste at tilførsler av ferskvann, næringssalter og partikler via elver var relativt store i 2011 på grunn av mye nedbør. I Skagerrak gikk tilførslene ned sommeren og høsten 2012, og i 2012 var også siktdypet noe bedre ved flere av stasjonene enn tidligere i overvåkningsperioden. POC-konsentrasjonene var lavere ved enkelte stasjoner i 2012 i forhold til 2011, mens andre stasjoner viste omtrent som tidligere eller noe større mengder. I Hidlefjorden var det noe høyere konsentrasjoner av TSM og POC i 2012 sammenlignet med tidligere år. I dette området ble det også registrert mer sediment på bunnen på dykkestasjonene enn tidligere i overvåkningsperioden.

3.1 Tilstandsklassifisering

Det er foretatt en klassifisering av hydrografilokalitetene i henhold til SFTs veileder 97:03 for kjemiske og biologiske (klorofyll a) parametere (Tabell 3.1 og 3.2). Klassifiseringen basert på næringssalter i sommerperioden viser at Hidlefjorden (sukkertarestasjoner HB11 og 12), Topdalsfjorden (sukkertarestasjoner HB8 og 9), Nordfjorden (sukkertarestasjon HB5) og Håøyfjorden (sukkertarestasjoner HB3 og 4), generelt kom ut i tilstandsklasse I (Meget god). Klassifisering med hensyn på total nitrogen i Topdalsfjorden ble redusert til God, mens nitrat ble forbedret til Meget god. Breviksfjorden kom ut i klasse II (God). Meget god og God vanntilstand indikerer at næringssaltforholdene skulle være gode også for sukkertare (som klarer seg best i næringsfattig sommervann). For stasjonene OF 1 og 2 (ytre Oslofjord, sukkertarestasjon HB1) er tilstandsklassen endret fra I (Meget god) i 2011 til III (Mindre god) i 2012 på grunn av forhøyede konsentrasjoner av nitrogen. Gjennom overvåkningsperioden har stasjonene på indre kyst generelt ligget i klasse Meget god for fosfat og ammonium, og periodevis (hyppigere østover) økte konsentrasjoner av total nitrogen, fosfor og nitrat.

Tilstandsvurdering basert på sommerverdier for klorofyll a viser at stasjonene øst i overvåkingsområdet (Ytre Oslofjord, Breviksfjorden og Håøyfjorden) kommer i klasse II (God) til III (Mindre god), mens stasjonene lengre vest (Nordfjorden, Topdalsfjorden og Hidlefjorden) ble klassifisert som I (Meget god).

Tabell 3.1. Klassifisering av vannkvaliteten i henhold til SFT veileder 97:03 basert på sommerverdier ($\mu\text{g/l}$, juni – august), mens oksygenforhold (mg/l) er basert på høstverdier (september – november). Klassifiseringen er foretatt på overflatevannet (0-10 meter), med unntak av OF-1 og OF-2 der data fra 4 meter er benyttet. Det er tatt hensyn til saltholdighet i henhold til veilederen. Året er delt inn i 3 perioder, vinter, sommer og høst. Fargekode: blå = meget god, grønn = god, gul = moderat, orange = dårlig, rød = meget dårlig.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun - aug)						Høst (sept-nov)		
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N	Chl a	Sikt	Oksygen	O ₂ metning
OF2	2009	2	10	7		157	1			
	2010	1	10	9		195	2			
	2011	4	12	6		223	2			
	2012	3	15	29		260	3			
OF1	2009	1	11	8		173	1			
	2010	2	12	8		190	1			
	2012	3	20	29		260	3			
Breviksfjorden	2009	3	9	39	16	253	3	4	3,5	53
	2010	3	13	33	18	223	3	4	4	57
	2011	3	11	39	18	231	1	5	4,0	58
	2012	3	12	13	9	192	4	5	3,3	49
Håøyfjorden	2009	3	14	10	12	278	2	5	0,3	4
	2010	3	13	7	10	206	2	6	3,1	47
	2011	3	11	12	12	222	2	4	1,2	18,0
	2012	3	9	6	8	186	3	6	0,4	5,3
Nordfjorden	2009	2	14	2	6	251	2	7	3,2	45
	2010	2	13	2	7	170	1	7	1,1	15
	2011	3	13	5	12	260	1	7	0,3	5
	2012	2	11	3	7	211	2	6	0,0	1
Topdalsfjorden	2009	2	11	13	18	211	1	8	2,6	38
	2010	2	11	2	7	172	1	5	1,5	22
	2011	3	11	24	19	232	1	3	2,8	39
	2012	3	12	8	12	267	2	7	2,6	38
Hidlefjorden	2009								3,8	56
	2010	3	11	3		161	1	7	3,5	49
	2011	2	10	4		173	1	10		
	2012	2	9	3		186	1	7		

Siktdyp reflekterer vannets klarhet og hvor dypt lyset trenger, som blant annet avhenger av økt innhold av ferskvann, humus, konsentrasjonen av partikler og plankton i kystvannet. Klassifisering av siktdyp varierer fra tilstandsklasse III (mindre god, Nordfjorden og Breviksfjorden) til I (god, øvrige stasjoner) i 2012. For Hidlefjorden og Nordfjorden var det en reduksjon i tilstandsklasse fra 2011 til 2012, i Topdalsfjorden en forbedring.

Oksygenklassifiseringen viser omtrent samme tilstand i 2012 som i 2011. Unntaket er Breviksfjorden der tilstandsklassen i 2012 var forverret til Mindre god. Målingene viser organisk belastning på alle overvåkingsområder og til dels dårlige oksygenforhold på dypt vann. Oksygenforholdene er avhengige av vannutskiftning og den totale (naturlige og menneskelig tilførte) organiske belastningen for et område. Lengre perioder med dårlige oksygenforhold virker negativt på bunndyrsamfunn, men vil ikke direkte påvirke på organismer over terskeldyp (f eks. suk kertaresamfunn). I forbindelse med vannutskiftning kan imidlertid også dyr på grunnere dyp bli eksponert for vann med lavt oksygennivå når nytt vann presser det gamle bunnvannet oppover.

Klassifisering basert på data fra vinterperioden gav tilstandsklasse Mindre god (III) for stasjonene OF 2, OF 1, Breviksfjorden og Håøyfjorden. Årsaken var høyere nitrogenkonsentrasjoner i 2012 enn 2011. Alle stasjonene ble klassifisert i tilstandsklasse I i 2011. I Hidlefjorden og Nordfjorden viste alle kjemiske parametre en reduksjon til tilstandsklasse God i 2012.

Tabell 3.2. Klassifisering av vannkvaliteten i henhold til SFT veileder 97:03 basert på vinterverdier (desember – februar). Det er foretatt korrigering for saltholdighet.

Klassifisering vinterverdier (des - feb)						
Stasjon	År	Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N
OF2	2009/2010	3	17	28		195
	2010/2011	12	19	67		235
	2011/2012	11	23	166		278
OF1	2009/2010	13	19	61		225
	2011/2012	11	23	166		278
Breviksfjorden	2009/2010	12	18	90	28	278
	2010/11	9	18	66	16	228
	2011/12	13	20	138	8	259
Håøyfjorden	2009/2010	12	18	77	20	234
	2010/2011	11	19	71	17	255
	2011/2012	13	20	129	19	263
Nordfjorden	2009/2010	10	24	61	36	314
	2010/2011	9	18	51	13	230
	2011/2012	16	24	102	15	371
Topdalsfjorden	2009/2010	9	15	66	14	259
	2010/2011	13	21	102	25	298
	2011/2012	15	21	97	6	253
Hidlefjorden	2009/2010	11	20	59		210
	2010/2011	13	20	93		222
	2011/2012	16	21	96		223

I. Meget god
II. God
III. Mindre god
IV. Dårlig
V. Meget dårlig

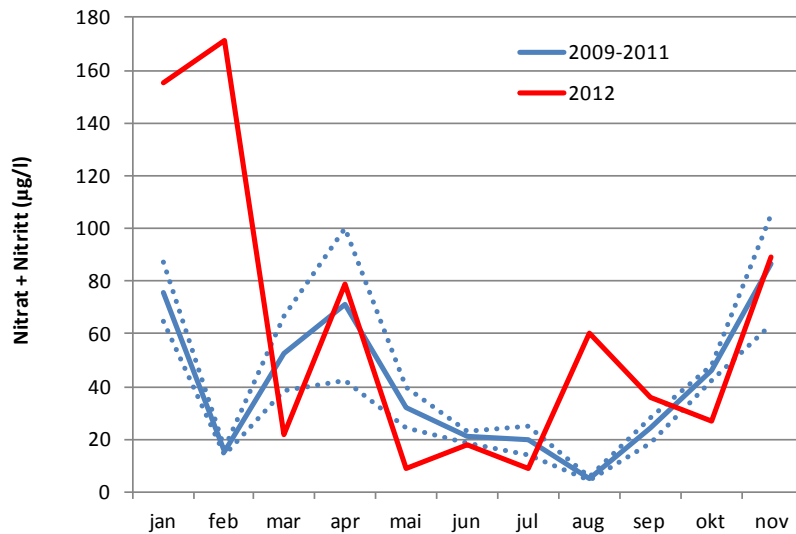
3.2 Næringsalter

Alle alger, inklusiv sukkertare, er avhengig av næringsalter for å vokse. Næringsalter er derfor viktig for primærproduksjonen i havet. Sukkertare, som andre tarearter, tar opp og lagrer næringsalter om vinteren til vekst ut over vår og sommer. Om vinteren er havet naturlig næringsrikt og sukkertarens strategi gjør den mindre avhengig av direkte næringsstilførsler i den viktige vekstfasen om vår og sommer. Sammenliknet med hurtigvoksende trådformede alger, har sukkertaren et langsomt opptak som ikke klarer å utnytte høye konsentrasjoner. Høye sommerkonsentrasjoner vil derfor favorisere disse hurtigvoksende trådformede algene framfor sukkertaren.

Ytre Oslofjord

På OF 2 ble det i 2012 målt betydelig høyere nitrogenkonsentrasjoner i vinterperioden og i august enn normalt (figur 3.1). I sommermånedene juni og juli var konsentrasjonene litt lavere enn normalt. Økningen i august fant sted samtidig med en reduksjon i saltholdigheten og økt avrenning fra land. For fosfat var det ingen store forskjeller i målingene i 2012

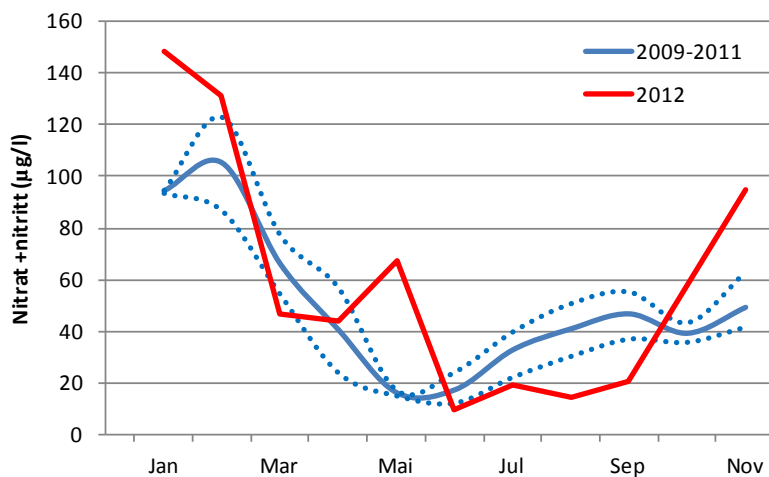
sammenlignet med perioden 2009-2011. For total fosfat var konsentrasjonene høyere enn normalt i august. Dette var sannsynligvis i likhet med nitrogen knyttet til stor avrenning.



Figur 3.1. Nitrat + Nitritt konsentrasjon ($\mu\text{g/l}$) i 4m dyp ved OF-2 Missingen. Blå heltrukket linje er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, blå stiplet linje angir 75 og 25 persentil. Rød linje angir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

Grenland

I Breviksfjorden ble det vinteren 2012 målt relativt høye nitrogenkonsentrasjoner sammenlignet med 2009-2011 (Figur 3.2). Økningen i nitrogen i april var knyttet til avrenning fra land, lav saltholdighet og høye silikatverdier. I sommerperioden ble det målt lavere nitrogenkonsentrasjoner enn for sommeren 2009-2011. For fosfat var forholdene i 2012 ganske like forholdene 2009-2011.

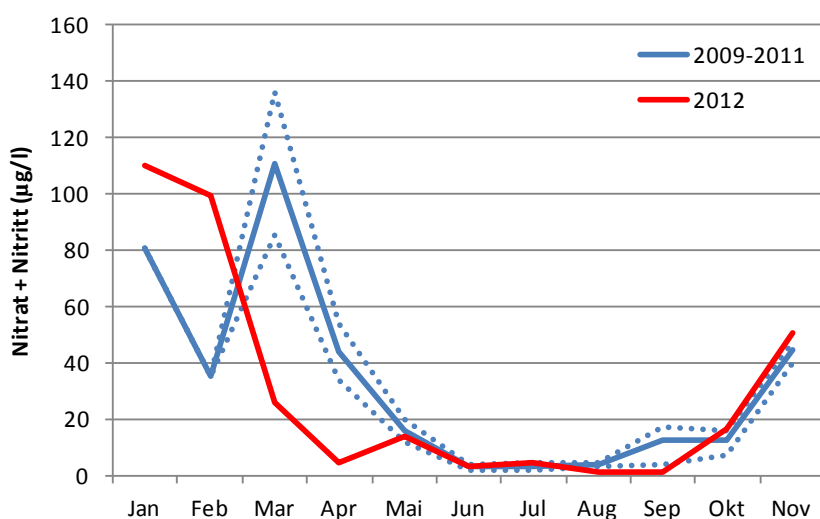


Figur 3.2. Nitrat + Nitritt konsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) i 0-10m dyp i Breviksfjorden. Blå heltrukket linje er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, blå stiplet linje angir 75 og 25 persentil. Rød linje angir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

Forholdene i Håøyfjorden og Breviksfjorden var omtrent like med økte nitrogenkonsentrasjoner om vinteren og kraftig reduksjon når våroppblomstringen startet. I Håøyfjorden ble det imidlertid ikke registret stor ferskvannstilførsel og høye nitrogenverdier i mai slik som i Breviksfjorden. For fosfat var forholdene i 2012 omtrent som normalt for dette området.

Sørlandskysten Risør-Grimstad (målepunkt i Nordfjorden)

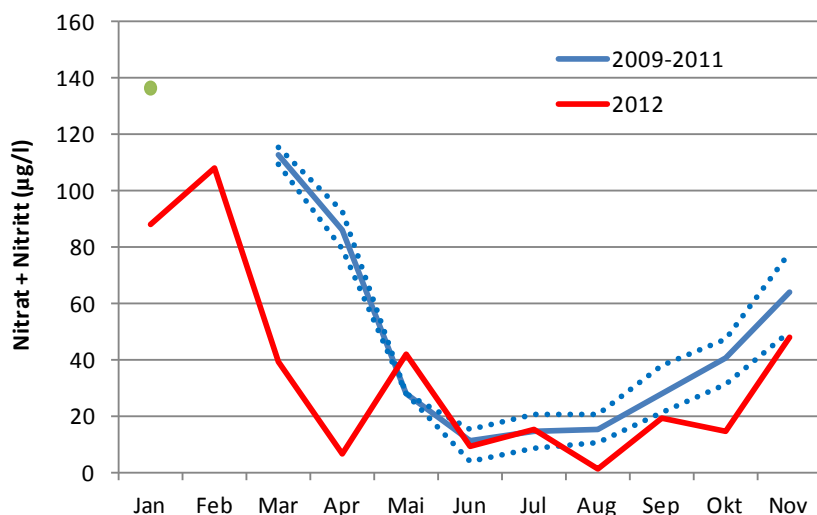
Nitrogenkonsentrasjonene som ble målt i Nordfjorden var relativt høye vinteren 2012 sammenlignet med de tidligere årene (Figur 3.3). Utover sommeren sank konsentrasjonene og var omtrent som normale. Sammenlignet med de øvrige stasjonene i sukkertareprogrammet har denne lokaliteten liten ferskvannspåvirkning og dermed mer stabile og lave nitrogen- og silikatkonsentrasjoner om sommeren. Fosfatkonsentrasjonene i Nordfjorden var noe høyere vinteren 2012 enn tidligere år. Etter at mesteparten av fosfaten ble brukt under våroppblomstringen ble det målt lave fosfatkonsentrasjoner utover sommeren og høsten.



Figur 3.3. Nitrat + Nitritt konsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) i 0-10m dyp i Nordfjorden, Risør. Blå heltrukket er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, blå stiplet linje angir 75 og 25 persentil. Rød linje angir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

Kristiansand – Topdalsfjorden

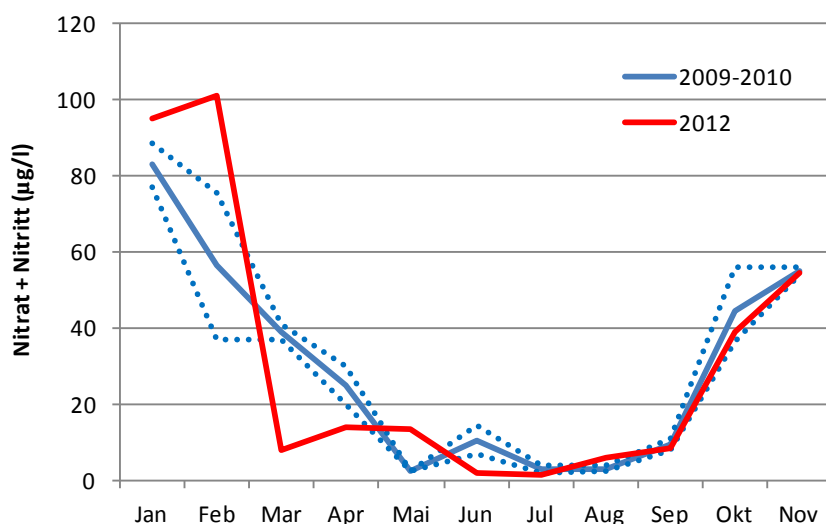
I motsetning til stasjonene på indre deler av Skagerrakkysten ble det i Topdalsfjorden målt lavere nitrogenkonsentrasjoner vinteren 2012 sammenlignet med 2011 (Figur 3.4). Det ble registrert økning i nitrogen i mai, mest sannsynlig på grunn av innstrømmende vannmasser og innblanding av nitrogenrikt vann i overflatelaget. Sommerperioden 2012 var omtrent som normalt, men det ble målt lavere nitrogenkonsentrasjoner utover høsten enn i perioden 2009-2011. Overflatelaget (0-5 meter) i Topdalsfjorden er generelt mye påvirket av ferskvann fra land, noe som gjenspeiles i saltholdighet- og silikatkonsentrasjonene. Sommeren 2012 var fosfatkonsentrasjon lav og omtrent på samme nivå som tidligere år, men lavere utover høsten sammenlignet med 2009-2011.



Figur 3.4. Nitrat + Nitritt konsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) i 0-10m dyp i Topdalsfjorden, Kristiansand. Blå heltrukket er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, blå stiplet linje angir 75 og 25 perzentil. Grønn prikk er vinterdekning 2011. Rød linje angir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

Hidlefjorden – Rogaland

Stasjonen i Rogaland har tidligere skilt seg ut fra de øvrige ved generelt å ha betydelig lavere nitrogen- og fosfatkonsentrasjoner (Figur 3.5), men vinteren 2012 var det liten forskjell i de nitrogenkonsentrasjoner som ble målt i Topdalsfjorden og Hidlefjorden. I Hidlefjorden ble det målt betydelig høyere nitrogenkonsentrasjoner i januar – februar sammenlignet med tidligere år. For resten av året var forholdene omtrent som tidligere i perioden 2009-2011. Fosfatkonsentrasjonene var også høyere enn normalt vinterstid, men utover sommeren og høsten var konsentrasjonene av fosfat lavere enn gjennomsnittlig for perioden 2009-2011.



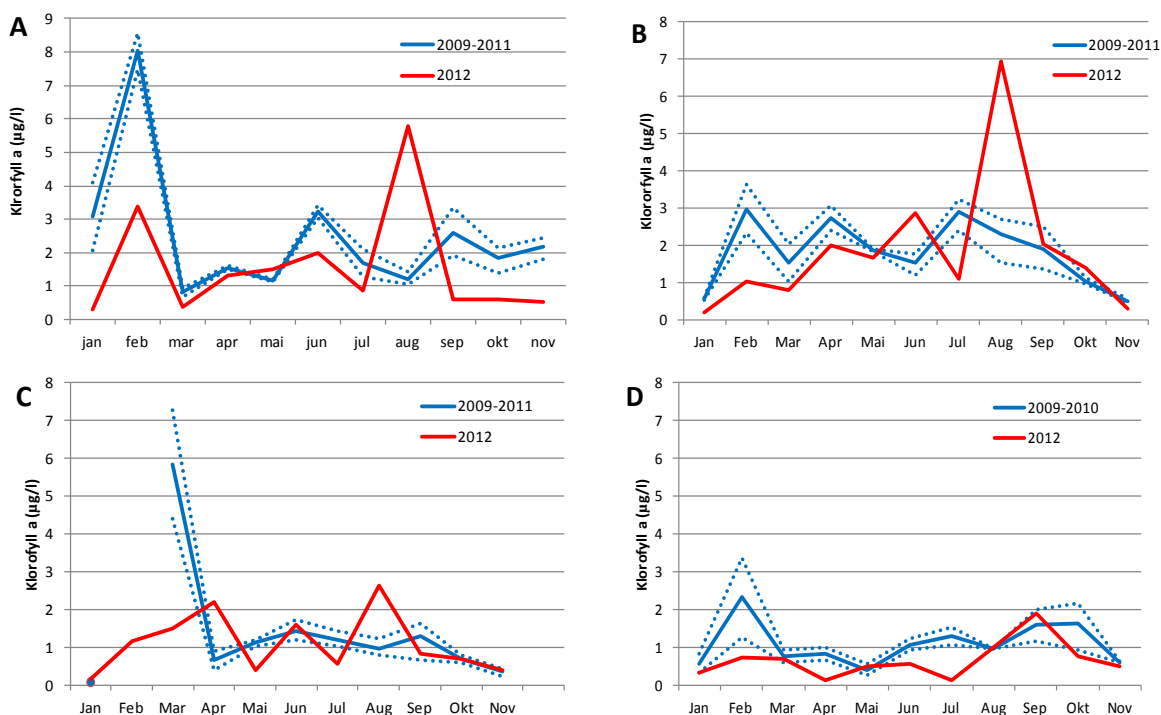
Figur 3.5. Nitrat + Nitritt konsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) i 0-10m dyp i Hidlefjord, Rogaland. Blå heltrukket er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2010, blå stiplet linje gir 75 og 25 perzentil. Rød linje gir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

3.3 Planteplanktonbiomasse – klorofyll a

Våroppblomstringen av planteplankton er en normal og essensiell start på produksjonen i havet. Høye planteplanktonkonsentrasjoner utover sommeren indikerer imidlertid tilførsler av næringssalter og kan gi grumsete vann. Dette kan føre til dårligere forhold for sukkertare gjennom dårligere lysforhold, redusert dyptbredelse og økt tilslamming av bunnen.

I Skagerrak fant våroppblomstringen i 2012 sted i månedsskiftet februar – mars (Figur 3.6A-C). Dette er innenfor normalperioden for våroppblomstringene i de kystnære delene av Skagerrakkysten, men litt senere enn 2009-2011. I Grenland- og Topdalsfjorden ble det også registrert en sekundær oppblomstring i april. I Hidlefjorden fant oppblomstringen sted i mars. Dette er samme tidspunkt som i 2011 men senere enn i 2010. Mengden klorofyll a om sommeren var omtrent som tidligere år i Hidlefjorden, Topdalsfjorden, Nordfjorden og Håøyfjorden. Langs Skagerrakkysten ble det registrert en høstopplomstring i august. For stasjonene Breviksfjorden og OF 1 og 2 var høstopplomstringen såpass kraftig at den forårsaket en betydelig økning i gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a. I Hidlefjorden var høstopplomstringen mindre markant og noe senere enn i Skagerrak.

Tidspunktet for våroppblomstring bestemmes først og fremst av tidspunktet for stabilisering av øvre vannlag på våren, mens mengden næringssalter er den viktigste faktoren for størrelsen på oppblomstringen. Det er normalt med stor variasjon i planteplanktonproduksjon fra år til år og mellom områder. For å overvåke våroppblomstringen er man derfor avhengig av høy frekvens i prøvetakingen. Selv månedlige målinger vil kunne være for sjeldent til at oppblomstringen fanges opp.

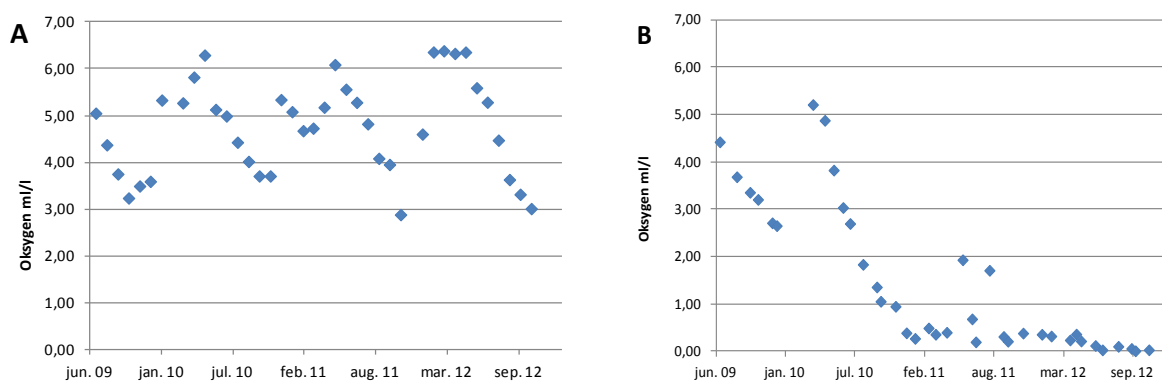


Figur 3.6. Utviklingen i planteplanktonbiomasse, uttrykt som klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) ved ulike stasjoner. A) OF 2 Missingen, B) Breviksfjorden, C) Topdalsfjorden og D) Hidlefjorden. Blå heltrukket er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, blå stiplet linje gir 75 og 25 persentil. Rød linje gir nitrogenkonsentrasjon målt i 2012.

3.4 Oksygen i dypvannet

Oksygenforholdene i bunnvannet forteller om både organisk belastning (oksygenforbruk) og vannutskiftning (tilførsler av oksygenrikt vann). Disse forhold er ikke direkte avgjørende for sukkertaren, men er viktige for å forstå både belastning og dynamikken i vannmassene i fjorden hvor sukkertaren overvåkes.

Oksygenforholdene i bunnvannet er i stor grad styrt av topografiske forhold og forholdet mellom tettheten av vannmassene på utsiden og inne i fjordene. Flere fjordsystemer langs Skagerrakkysten har topografiske forhold som enten fører til naturlig oksygenfattige forhold eller som lett får en organisk belastning som gir oksygenreduksjon. Stasjonene i Sukkertareovervåkingsprogrammet er en blanding av stasjoner med forholdsvis regelmessig utskiftning av dypvannet og stasjoner med stagnerende vannmasser (Figur 3.7). I Breviksfjorden (Figur 3.7A) registreres vanligvis utskiftninger i dypvannet i løpet av vinteren, med reduksjon i oksygenmengden utover året ettersom oksygenet forbrukes. Dette var tilfellet også i 2012, med gode forhold tidlig på året og mindre gode tidlig på høsten. Laveste oksygenkonsentrasjon i 2012 var omtrent på samme nivå som tidligere år. Håøyfjorden er naturlig oksygenfattig og utskiftninger i dypvannet skjer sjelden. Siste registrerte utskiftning skjedde i februar 2010 (Norderhaug et al. 2011). Oksygenkonsentrasjonene har siden blitt gradvis redusert. I 2012 fortsatte reduksjonen i oksygenkonsentrasjon og nærmet seg så lave nivåer at H₂S begynner å dannes i bunnvannet. Lave oksygenkonsentrasjoner (<1 ml/l) høyere opp i vannsøylen ble også observert i 2012. Nordfjorden har uregelmessige utskiftninger av bunnvannet, men med høyere frekvens enn i Håøyfjorden. I 2012 fant det ikke sted noen utskiftning i bunnvannet og forholdene i dypet har forverret seg fra 2011 (Figur 3.7B). I Nordfjorden ble det ved en anledning registrert H₂S i bunnvannet. Topdalsfjorden har vanligvis en årlig utskiftning og i 2012 fant det sted utskiftning i løpet av vinteren/våren. Oksygenmengden ble redusert i løpet av året og forholdene i bunnvannet i 2012 var omtrent som i 2011. Sammenlignet med 2009 og 2010 har de to siste årene hatt litt bedre oksygenforhold i bunnvannet.



Figur 3.7. Utviklingen i oksygenkonsentrasjon (ml/l) ved største dyp ved stasjon Brevik (A) og Nordfjorden (B).

3.5 Vannmasser og sjøtemperatur

Studier har vist at sukkertare har redusert overlevelse når temperaturer overstiger 19-23 °C over lengre perioder. Vi fokuserer her på de temperaturmålingene som foretas på utvalgte dykkerstasjoner, samt 2 vannsøylestasjoner. Temperatur i vannsøylen brukes, sammen med saltholdighet, i tillegg til å vurdere endringer (tilførsler, utskiftninger etc) i vannmassene. Stasjonene i Sukkertareovervåkingsprogrammet ligger på indre kyst og det er betydelig variasjon mellom stasjonene når det gjelder grad av eksponering, oppholdstid, topografi, terskeldyp og ferskvannstilførsel.

I 2012 var det forholdsvis store nedbørmengder fra sommeren og utover høsten. Dette medførte lavere saltholdigheter i kystvannet enn normalt siste halvdel av 2012. I august ble det registrert ganske stor tilførsel av ferskvann til de ytre delene av Oslofjorden. Grenland er et område som har forholdsvis jevn tilførsel av ferskvann til overflatelaget. 2012 var ikke noe unntak, men det var kun en kortere periode i april-mai hvor tilførsel var betydelig og resulterte i vesentlig saltholdighetsreduksjon nedover i vannsøylen.

Oslofjorden

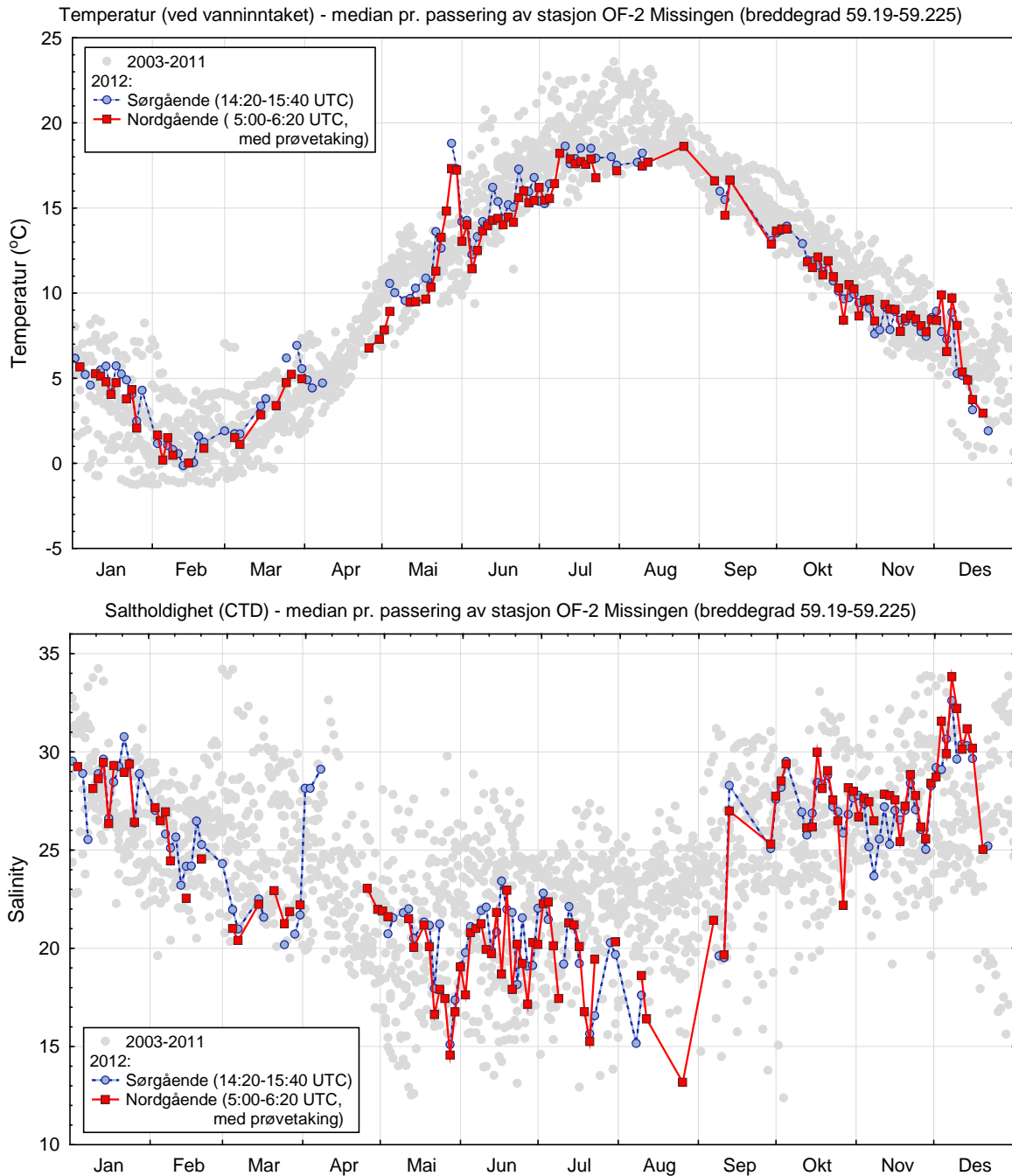
Vinteren 2012 var temperaturene ganske normale i Ytre Oslofjord, med en kort periode med ca. 0 °C i februar. Spesielt stort ferskvannspåvirkning med redusert saltholdighet ble målt i fjorden i forbindelse med vårfloem i slutten av mai; da var også temperaturen høyere enn normalt. Saltholdigheten var jevnt over nokså lav utover våren og sommeren, spesielt i august. Temperaturen var relativt lav for årstiden gjennom sommeren og høsten til og med oktober; ingen målinger viste mer enn 19 °C. Fra og med midten av september varierte saltholdigheten stort sett innenfor øvre del av det normale. Første del av desember var preget av høy saltholdighet og høye temperaturer for årstiden.

Grenland

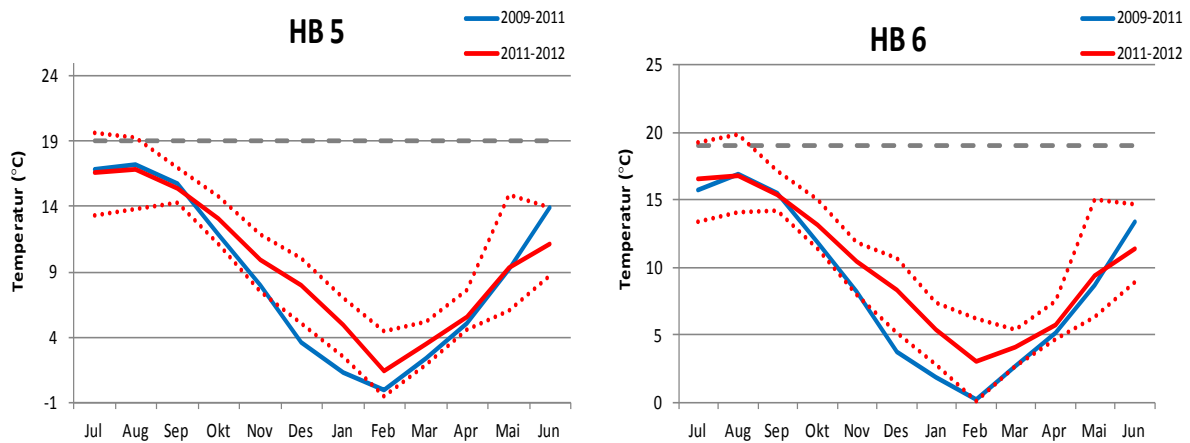
Vinteren 2012 var det høyere temperatur enn i 2009-2011, mens sommeren var kald og omtrent som de siste årene. I Breviksfjorden var maksimum sommertemperatur i 2012 litt over 18°C. Håøyfjorden ligger i et beskyttet fjordsystem med lang oppholdstid for vannet og liten kontakt med utenforliggende vannmasser noe som resulterer i noe høyere overflate temperaturer. I 2012 ble det i en kort periode i august registrert temperaturer over 19 °C i overflaten (øvre 5 meter).

Sørlandskysten: Risør – Grimstad

Ved dykkestasjon i Robbevik, Risør var temperaturen i 2011/2012 (juli til juni) omtrent som gjennomsnittlig for overvåkingsperioden (Figur 3.9). Vinterperioden var noe varmere enn tidligere år. I 2011 var maksimumstemperaturen like over 19 °C (i juli), mens det i juni 2012 ble registrert litt lavere temperaturer enn tidligere år. Omtrent de samme forholdene ble registrert ved Grimstad, med maksimumstemperaturer så vidt over 19 °C i august og juli 2011.

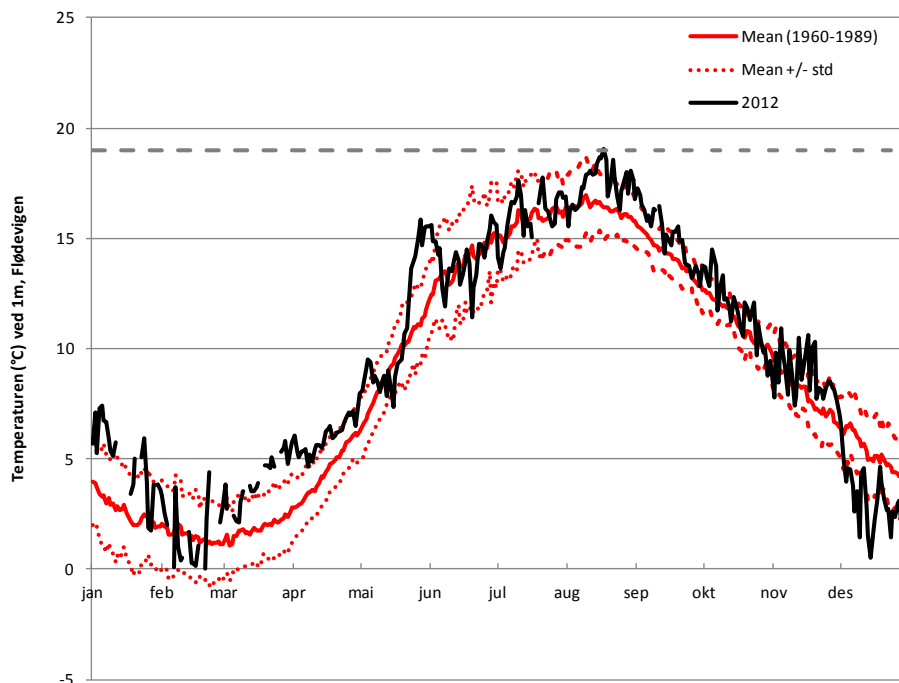


Figur 3.8. Temperatur og saltholdighet for Ferrybox-stasjon OF-2 Missingen gjennom 2012. Det er skilt mellom målinger på nordgående passering tidlig om morgenen, og sørgående om ettermiddagen. Figurene viser medianverdi pr. passering av målinger mellom breddegrad 59.19 og 59.225 (Missingen-Rauer), og bygger bare på målinger som er gjort mer enn 10 minutter etter siste start av pumping gjennom målesystemet, og temperaturmålingene bekrefter at det har vært god vanngjennomstrømning. Perioder med driftsforstyrrelser er luket ut slik at det ikke blir kontinuerlige serier.



Figur 3.9. Temperaturen fra juli 2011 til juni 2012 ved dykkestasjon ”Robbevik, Risør” (HB5) og ”Tvillingholmen, Grimstad” (HB6). Blå heltrukket linje er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, Rød linje angir temperaturen målt i 2011-2012 og rød stiplet linje angir maks og minimum temperatur i 2011-2012. Grå linje viser 19 °C. Lange perioder over 19°C kan være kritisk for sukkertare.

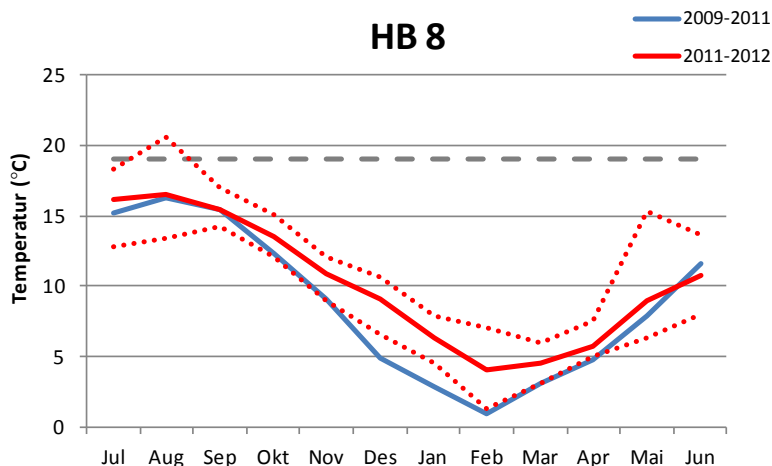
Figur 3.10 viser temperaturen på 1 m dyp i Flødevigen utenfor Arendal i 2012. Som i andre områder var det en mild vinter i 2012. Sommertemperaturen juni til august var omtrent som normalt, mens temperaturen var litt over det normale i slutten av august. Det ble kun registrert mer enn 19 °C en dag i slutten av august. Høsten 2012 var normal, med synkende temperatur.



Figur 3.10. Temperaturen på 1m dyp i Flødevigen utenfor Arendal. Rød heltrukket angir gjennomsnittlig temperatur, rød stiplet linje standardavvik for perioden 1960-1989 (meteorologisk normal). Sort linje angir temperaturen i 2012.

Kristiansand

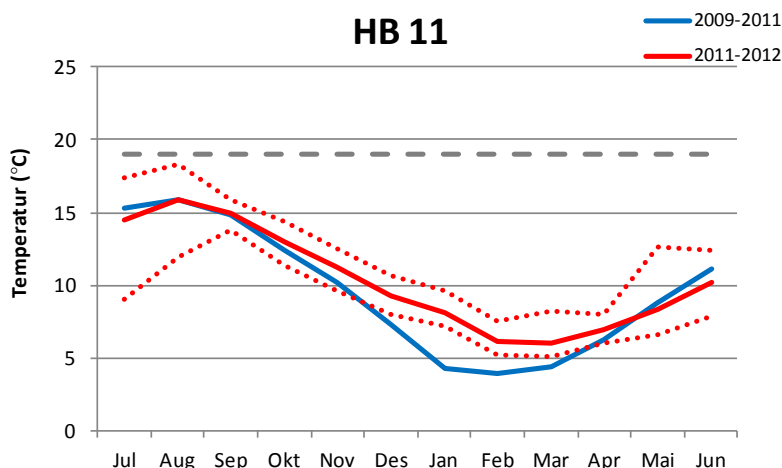
Temperaturen i Korsvikfjorden og Topdalsfjorden viser omtrent samme forløp som de øvrige stasjonene langs sørlandskysten. I juli 2011 var temperaturen omtrent som tidligere år med en kort periode over 19 °C. Vinteren var mildere enn tidligere år (Figur 3.11). I Topdalsfjorden ble det ikke registrert temperaturer over 19 °C i 2011 eller 2012.



Figur 3.11. Temperaturen fra juli 2011 til juni 2012 ved dykkerstasjon ”Korsvikfjorden, Kristiansand” (HB8) . Blå heltrukket linje er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, Rød linje angir temperaturen målt i 2011-2012 og rød stiplet linje angir maks og minimum temperatur i 2011-2012. Grå linje viser 19 °C. Lange perioder over 19°C kan være kritisk for sukkertare.

Hidlefjorden og Tingsholmen – Rogaland

I Rogaland er vintertemperaturen normalt noe høyere og sommertemperaturen noe lavere enn i Skagerrak. På målestasjonen i Rogaland var mønsteret langt på vei som ved stasjonene i Skagerrak, men i motsetning til Skagerrak ble det ikke registrert temperaturer over 19 °C i perioden juli 2011 til juni 2012. Målinger i Hidlefjorden viste at en maksimum temperatur like over 16 °C i august 2012. Sommeren 2012 var noe kjøligere enn sommeren 2011 i Hidlefjorden, mens vinteren var 2-3 °C varmere i 2012 enn 2011.



Figur 3.12. Temperaturen fra juli 2011 til juni 2012 ved dykkerstasjon ”Tingsholmen, Rogaland” (HB11). Blå heltrukket er månedlig gjennomsnittsverdi for perioden 2009-2011, Rød linje angir temperaturen målt i 2011-2012 og rød stiplet linje angir maks og minimum temperatur i 2011-2012. Grå linje viser 19 °C. Lange perioder over 19° C kan være kritisk for sukkertare.

I tillegg til den lokale påvirkningen fra land er Skagerrakkysten også påvirket av vannmasser fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat som føres med havstrømmer mot den norske Skagerrakkysten. Denne transporten er vindavhengig, og størst i år med sterke sørlige vinder. Avhengig av vindforholdene presses kyststrømmen i mer eller mindre grad inn i fjordene på Skagerrakkysten, spesielt på strekningen Jomfruland til Kristiansand, som for eksempel Nordfjorden ved Risør, mens vannkvaliteten i kyststrømmen måles i programmet i ytre Oslofjord (OF1) og utenfor Arendal (A2). Det er beregnet at overflatekystvannet (0-30 m) utenfor Arendal er en blanding av vann fra sørlige og sentrale deler av Nordsjøen (ca. 57 %), overflatevann fra Kattegat (ca. 26 %) og vann fra Tyskebukta (ca. 17 %, Aure og Magnusson 2008). Selv om mengden vann fra Tyskebukta er mindre i forhold til andre kilder, er dette vannets bidrag til nitrogenkonsentrasjonen i kystvannet betydelig. Estimer viser at så mye som 70-75 % av nitraten i vann utenfor Arendal om vinteren og våren har sin opprinnelse i Tyskebukta. Tilførselen av fosfat er mer jevn fordelt mellom ulike vannmasser, med ca. 30-40 % fra Tyskebukta (Aure og Magnusson 2008). Beregninger av langtransporterte næringssalter (nitrat) til kystvannet i indre Skagerrak viser at det har vært en reduksjon på 25-30% i 5-30 meters dyp siden midten av 1990-tallet. I de øvre meterne (0-5 meter) er reduksjonen på ca 15 % (Aure et al 2010). I fjordsystemene vil bidraget fra lokale avrenning være størst i overflaten og i de indre delene av fjordsystemet. Utenforliggende vannmasser vil primært transporteres inn og ut av fjordsystemene i de intermediære vannlagene og i mange tilfeller ikke være tilgjengelig for planteplanktonproduksjon. Estimer for fjordområder indikerer at det er en betydelig variasjon gjennom sesongen hvilke kilder som bidrar med næringssalter i ulike deler av en fjord. Tilførsel fra sørlige områder er størst på vinter og våren med en topp i april. Utover sommeren vil innstrømmingen reduseres og prosentuellt vil bidraget fra lokale kilder øke, spesielt i de indre kyst og fjordområdene (Aure et al 2010).

Elver fører med seg partikler og næringssalter som skylles ut i kystvannet (bl.a. fra jord- og skogbruk, Syvertsen et al. 2009). Renseanlegg og industri er også betydelige lokale kilder til næringssalter og partikler. Omfattende rensing av avløp har redusert utslippene av nitrogen fra byer til Skagerrakkysten.

Overvåkning av elvetilførsler (RID programmet, Skarbøvik et al. 2012) viser at vannføringen var høyere enn normalt i mange vassdrag i Sør-Norge i 2011 på grunn av mye nedbør. Dette førte til at tilførsler av næringsstoffer og sediment var høyere i 2011 enn i 2010. Trendanalyser for tilførsler fra ni hovedelver perioden 1990-2011 tyder på en generell nedgang i elvetilførsler når det gjelder næringsstoffer, med ett unntak, nemlig økning i tilførsler av total nitrogen i Numedalslågen. Signifikante nedadgående trender for tilførsler av næringsstoffer er funnet i flere vassdrag, som Skienselva (nitrogen) og Vefsna (nitrogen, ammonium, ortofosfat og totalfosfor), i Glomma (ammonium), Orrelva (ammonium), og i Otra (ortofosfat).

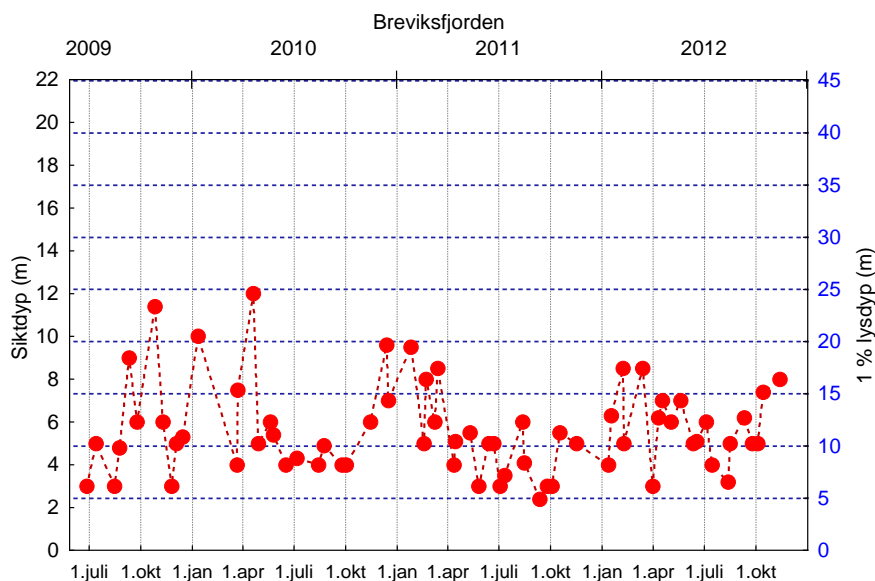
3.6 Lysforhold i vannet

I denne rapporten har vi valgt å vise data fra stasjonene ”Breviksfjorden” (Grenland, sterkt påvirket av ferskvann) og ”Nordfjorden” (Risør, lite elvepåvirkning). Data fra øvrige stasjoner er gitt i datarapporten (Norderhaug et al. 2013). Se tabell 3.1 for tilstandsklassifisering.

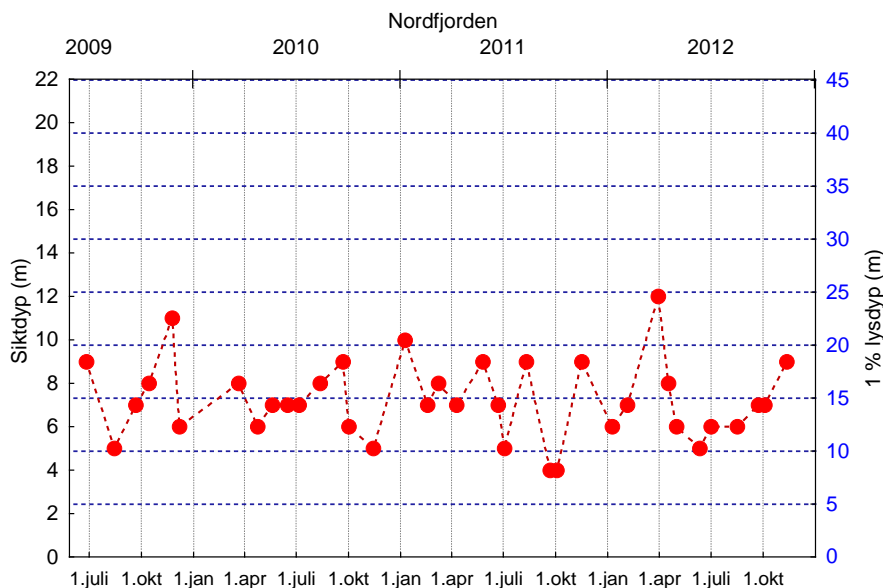
Det er normalt betydelig variasjon i siktdypet over tid. Lysforholdene er i stor grad styrt av lokale tilførsler og produksjonsforhold, og vil endre seg på kort tid. For Breviksfjord var det gjennomsnittlige siktdypet i 2012 omtrent som i 2011, men om sommeren og utover høsten var det bedre sikt i 2012 enn i 2011 (Figur 3.13).

I 2011 var det større variasjon i siktdypet i Nordfjorden enn i 2012, sannsynligvis på grunn av mer nedbør i 2011. Lysforholdene var bedre i juli 2012 sammenlignet med juli 2011, med ca. 1 meter bedre sikt. I august var derimot siktdypet betydelig mindre i 2012 enn i 2011.

I Topdalsfjorden var det generelt noe større siktdyp i 2012 enn i 2011. 1 % lysdyp var ca. 13 m sommeren 2012 men bare ca. 8 m i 2011.) Denne forbedringen hang sannsynligvis sammen med mindre tilførsel av ferskvann. For Hidlefjorden var lysforholdene og siktdyp bedre enn i Skagerrak. Siktdypet var imidlertid mindre om sommeren og høsten 2012 sammenlignet med 2011.



Figur 3.13. Siktdyp (m) og beregnet 1 % lysdyp (m) fra Breviksfjorden (stasjon O-2 og V-2). Høyre akse i figurene viser siktdyp skalert til 1 % lysdyp. Lysdypet indikerer hvor dypt alger kan vokse og er definert som det dypet hvor 1 % lyset når ned fra overflaten (det er satt til 2,05 x siktdypet ut fra en empirisk sammenheng).



Figur 3.15. Siktdepth (m) og beregnet 1 % lysdyp (m) fra Nordfjorden. Høyre akse i figurene viser siktdepth skalert til 1 % lysdyp. Lysdypet indikerer hvor dypt alger kan vokse og er definert som det dypet hvor 1 % lyset når ned fra overflaten (det er satt til 2,05 x siktdepth ut fra en empirisk sammenheng).

3.7 Partikler i vannet

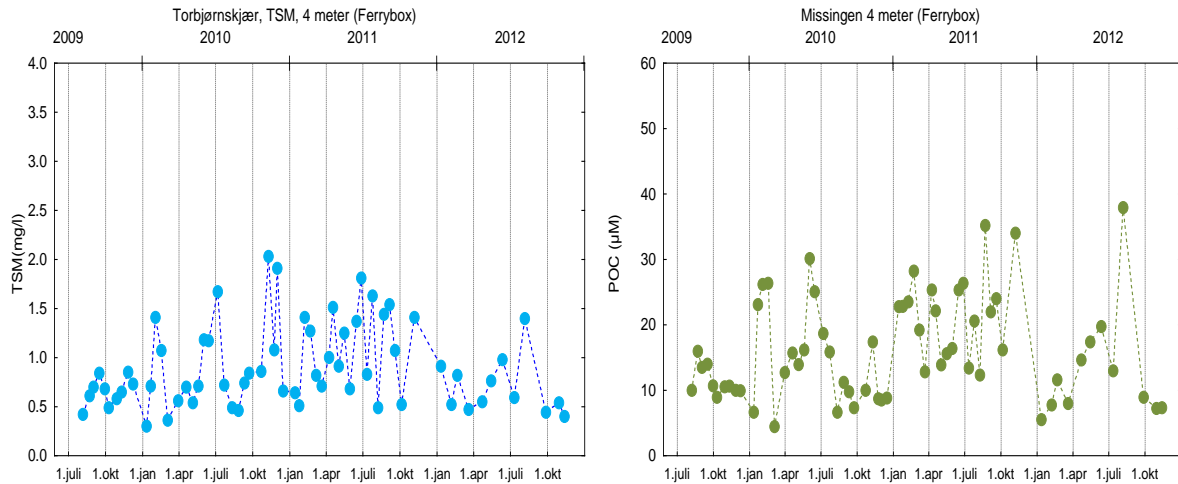
Partikler i vannet er målt som TSM (Totalt suspendert materiale) og POC (partikulært organisk karbon). Partikkelmengden påvirker sikt- og lysdyp, tilslamming og sedimentasjon på bunnen og organisk belastning. Denne belastningen gir negativ effekt spesielt på rekrutteringsfasen til suk kertaren, i det sporene ikke finner tilfredsstillende substrat (jfr Figur 2.2). Partiklene kan komme fra land gjennom avrenning eller fra marin produksjon, og vil naturlig variere med nedbør, havstrømmer og sesong. Det er valgt å fokusere på partikkelmengden i overflatelaget (øvre 10 meter). I denne rapporten er figurer fra Missingen (OF2, påvirket av Glomma og kyststrømmen) og Breviksfjorden (Grenland, påvirket av Skienselva). Data fra de øvrige stasjonene er presentert i datarapporten (Norderhaug et al. 2013).

Ved OF 2 var POC-konsentrasjonene lave i 2012, sammenlignet med 2011 (Figur 3.16). Unntaket var august da det ble målt høye konsentrasjoner av POC og klorfyll a. Også når det gjelder TSM var konsentrasjonene lavere i 2012 i forhold til 2011. Mindre avrenning fra land i 2012 enn i 2011 er mest sannsynlig årsaken til lavere mengder TSM og POC. Økte konsentrasjoner i august hang sannsynligvis sammen med økt planktonproduksjon.

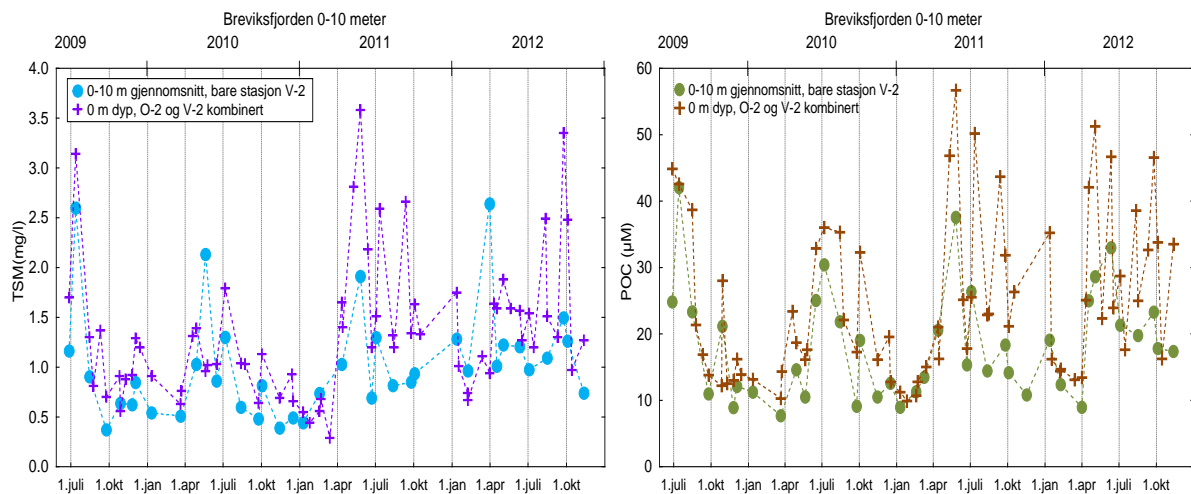
Det ble målt liten variasjon i TSM-konsentrasjonen om sommeren 2012 sammenlignet med 2011 og liten forskjell mellom 0m dyp og gjennomsnittet for 0-10m (Figur 3.17). Dette tyder på betydelig mindre ferskvannstilførsel til Breviksfjorden sommeren 2012 enn 2011. I 2012 ble den høyeste konsentrasjonen av TSM registrert på høsten. Sammenlignet med 2011 var det høyere konsentrasjoner av POC i 2012.

I Håøyfjorden, Topdalsfjorden og Nordfjorden var TSM-konsentrasjonene omtrent på samme nivå i 2012 som i 2011. I Håøyfjorden ble de høyeste konsentrasjonene målt om vinteren. Sett hele året over er det litt høyere konsentrasjoner av TSM i 2012 enn i 2011. POC

konsentrasjonene i Topdalsfjorden var omtrent de samme i 2012 som i 2011. Unntaket var en markant økning i juni 2012. I Nordfjorden var konsentrasjonene i 2012 omtrent som i tidligere år. For Håøyfjorden var det stor variasjon i POC-konsentrasjon fra høsten 2011 til februar 2012. Om våren og sommeren 2012 var det noe høyere POC-mengder i 2012 sammenlignet med 2011.



Figur 3.16. TSM-målinger (mg/l) og POC (μM) fra Missingen OF-2 i 4 meters dyp (Ferrybox).



Figur 3.17. TSM-målinger (mg/l) og POC (μM) fra Breviksfjorden som gjennomsnitt 0-10 meter (stasjon V-2) og for overflaten som kombinert serie av målinger fra O-2 og V-2 (som har samme posisjon, se Figur 1.2).

3.8 Sediment på bunnen

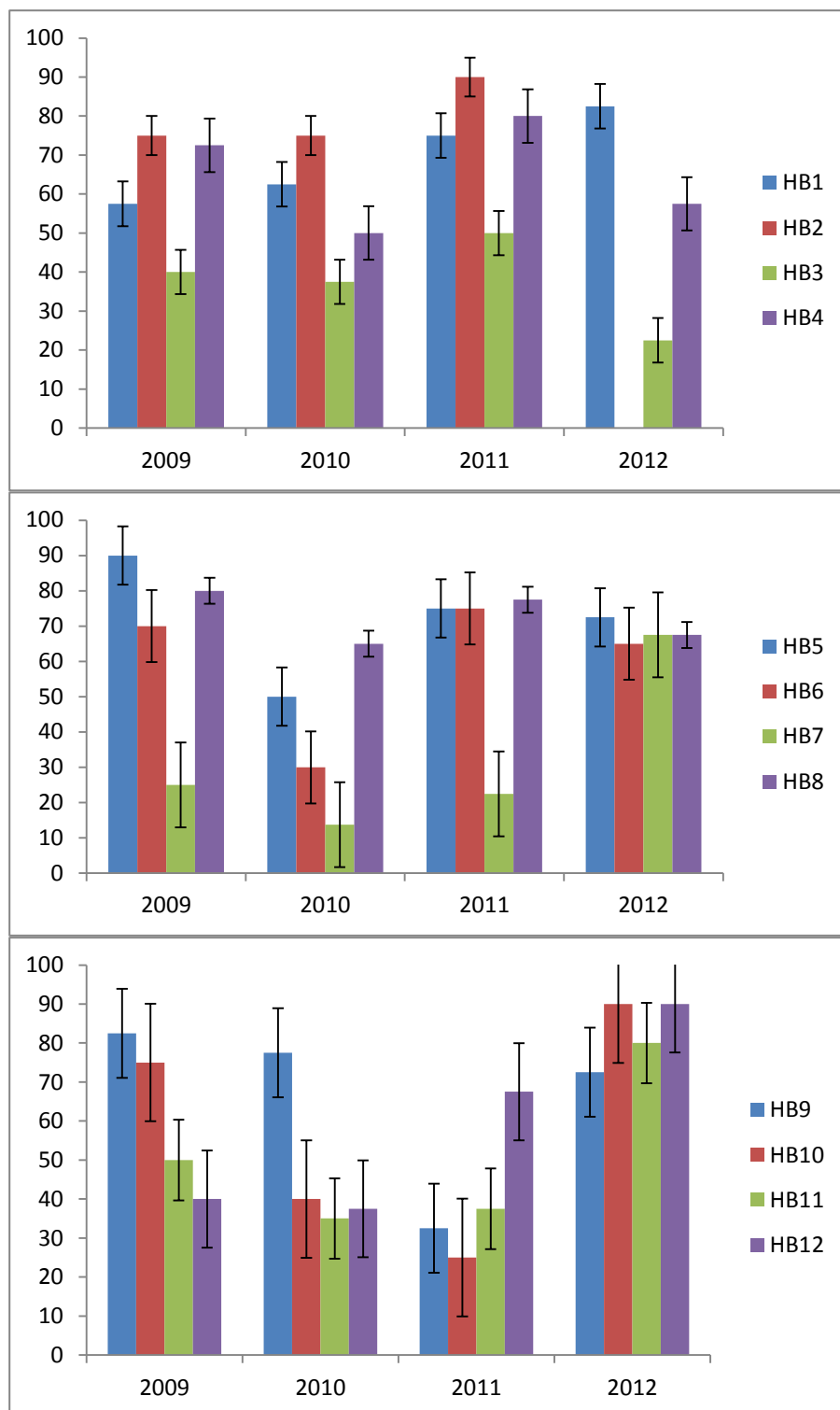
Sediment som dekker hardbunnen, kan hindre tare i å bunnslå og spire (Moy et al. 2008), og kan også virke negativt på en rekke andre organismer tilpasset hardbunn. Mengde sediment som ble registrert i ruter på dykkestasjonene, er vist i Figur 3.18. Mengden sediment som akkumulerer på bunnen, bestemmes både av tilførsler og vannbevegelse på bunnen. Både akkumulasjonen og vannbevegelsen på bunnen varierer mye med årstid og værforhold. Registreringene viser sedimentdekket når dykkerundersøkelsene ble gjennomført, og

representerer dermed et «øyeblikksbilde». Resultatene må derfor tolkes med varsomhet, men noen generelle trender peker seg likevel ut.

I 2012 ble det registrert mer sediment på bunnen på stasjonene på sørvestlandet enn 2009-2011 (i Stavangerområdet HB11 og HB12). Også registrert siktdyp var mindre i 2012 enn 2011 (Tabell 3.1). Mengden sediment i de øvrige områdene har variert mye fra år til år uten noen klar trend (særlig HB6 og HB10, hhv Grimstad og Tregde uten direkte elvetilførsler), men det har generelt vært registrert mer sediment på bunnen i Skagerrak enn på Sørvestlandet. Det er vanskelig å forklare hvorfor det er slik, men det skyldes mest sannsynlig kombinasjon av tilførsler og vannutskifting. Med økningen i sediment på bunnen på HB11 og HB12 (Stavangerområdet) i 2012, er det ikke lengre noen klar forskjell i sedimentmengde på bunnen på stasjonene i Skagerrak og på stasjonene på Sørvestlandet.

Tilførslene kommer både fra land og fra marin produksjon i fjorder og langs kysten. Undersøkelser i sukkertareprosjektet av sediment (fanget i feller) og på bunnen vist stor bredde i tilførsler, men anslagsvis var 75 % marint produsert materiale og 25 % terrestrisk/limnisk materiale, med unntak for de mest elvepåvirkede stasjoner med tydelig ferskvannsbidrag (Moy et al 2006). Leiremineralene i slammet stammet overveiende fra lokale kilder, men de vestlige kyststrekningene mottar relativt sett mer langtransportert materiale enn de østlige (Moy et al 2008).

Det blir generelt registrert mer sediment på stasjoner som ligger bølgebeskyttet på indre kyst (HB2, HB4, HB5, HB8, HB9 og HB11) enn de som ligger mer bølgeeksponert med bedre vannbevegelse. På HB7 Homborsund ble det imidlertid registrert mye sediment på bunnen i 2012. Denne stasjonen ligger langt ut og her har forholdene for øvrig vært stabilt gode gjennom overvåkingsperioden med lite sediment (kontrollstasjon).



Figur 3.18. Registrert mengde sediment på HB1- HB4 (øverst), HB5- HB8 (midten) og HB9- HB12 (nederst), som prosent dekningsgrad, i ruter på 7-8 m dyp på dykkerstasjonene i perioden 2009-2012(\pm standardavvik). I 2012 ble sediment ikke registrert på HB2. HB1: Veslekalven, Fredrikstad, HB2: Brattøy Hvaler, HB3: Store Arøy, Langesund, HB4: Risøyodden, Larvik, HB5: Robbesvik, Risør, HB6: Tvillingholmen, Grimstad, HB7: Homborøy, Homborsund, HB8: Korsvikfjorden Kristiansand, HB9: Bertilsbukta, Kristiansand, HB10: Eigebekk, Tregde, HB11: Tingsholmen, Stavanger, HB12: Rossøy, Stavanger, HB13: Haugsneset, Fanafjorden, HB14: Langøya N, Raunefjorden, HB15: Geitevik, Dumbefjorden, HB16: Åfjorden Sogn og Fjordane. HB13-16 ble bare overvåket i 2009. Sediment ble ikke registrert på HB2 i 2012.

4. Diskusjon

4.1 Sukkertare og miljøfaktorer

Fra 2011 til 2012 var sukkertaretilstanden langs indre deler av Skagerrakkysten og på Sør-Vestlandet generelt uendret, men med litt forbedring i området rundt Risør og litt forverring i området rundt Stavanger. Overvåkning av det øvrige samfunnet viser at parallelt med disse forandringene minker mengden trådformede alger som kan overgro sukkertaren på Sørlandet, mens den øker i Stavangerområdet.

2012 var et år der temperaturen ikke var kritisk høy i lengre perioder for sukkertaren på noen av de overvåkede dykkestasjonene og dette forventes å ha virket positivt for sukkertaren. Partikkelbelastning og lysforhold påvirkes blant annet av produksjonen i de frie vannmasser og tilførsler fra elver og registreres både gjennom siktdypsmålinger, klassifisering av nedre voksegrense for alger (iht Vannforskriften) og mengden sediment på bunnen. Mye nedbør i 2011 førte til relativt store tilførsler av næringsalter og partikler via elver til kystvannet i Skagerrak (Skarbøvik et al. 2012). Det ble også målt høyere nitrogenkonsentrasjoner vinteren 2011-2012 sammenlignet med tidligere i overvåkingsperioden i området Ytre Oslofjord til Nordfjorden (flere stasjoner fikk tilstandsklasse Mindre god), og i Håøyfjorden og Nordfjordfjorden ble oksygenforholdene i dypvannet forverret.

Sukkertaretilstanden har vært god på stasjon HB7 Homborsund utenfor Grimstad i alle overvåkingsår (siden 2005). Denne stasjonen ligger på en øy, relativt bølgeeksponert og på en kyststrekning langt fra elver og befolkningssentra. Lokaliteten har derfor i liten grad blitt berørt av til tider store nedbørsmengder. Liten belastning, god vannutskiftning og nærhet til mer bølgeeksponerte områder med god økologisk tilstand (Kystovervåkingsstasjon B10, Prestholmen), er kvaliteter som bidrar til gode sukkertareforhold. I 2012 ble det imidlertid registrert relativt mye sediment på bunnen. Det er første gang siden overvåkingen startet at mye sediment er registrert på bunnen i ytre områder. Det ble likevel registrert et høyt antall kimplanter på denne stasjonen (Trannum et al. 2012) og overvåkingen i 2013 vil vise om sedimentdekket har redusert rekrutteringen av sukkertare.

I Ytre Oslofjord (områdene rundt HB1-4) var sukkertaretilstanden i 2012 moderat og uendret sammenlignet med 2011, med unntak av området HB1 Veslekalven der forbedret tilstand ble registrert. Relativt kaldt vann sommerstid kan ha virket positivt. Næringssaltkonsentrasjonene i Ytre Oslofjord viste litt forverret tilstand både om vinteren og sommeren, men dette ser ikke ut til å ha virket vesentlig inn på sukkertaretilstanden. Sedimentmengden som blir registrert på bunnen har variert mye i dette området og Ytre Oslofjord er generelt et område der forholdene varierer mye.

I Risørområdet (området rundt HB5) ble sukkertaretilstanden noe forbedret fra 2011 til 2012, og mengden trådformede alger som ble registrert i juni, og som kan overgro sukkertare, har vært mindre 2011-2012 enn i 2010 (se figur 3.1.4 i Datarapporten TA 3032). Liten vekst av trådformede alger tyder på lavere næringskonsentrasjoner og/eller kaldere vann på sommeren enn tidligere og er positivt for sukkertaren. Dette kan ha vært forårsaket av at sommerkonsentrasjonene av næringsalter ble redusert i Nordfjorden fra 2011 til 2012.

I området ved Grimstad var tilstanden uendret og klassifisert som Moderat (området rundt HB6 Tvillingholmen), men vertikalutbredelsen av sukkertare hadde økt fra 5-6 m til 18 m dyp

i 2012. Området har ingen elvetilførsler, men i 2012 ble det likevel registrert relativt mye sediment på bunnen.

I området rundt Kristiansand var tilstanden uendret og Dårlig i 2012. Dette kan ha vært forårsaket av manglende rekruttering i 2011 (Trannum et al. 2012). Nitratkonsentrasjonene var uendret vinterstid i Topdalsfjorden fra 2011 til 2012 og var høyere de to siste årene i forhold til tidligere, mens total nitrogen har blitt litt lavere. Sommerstid viste målingene litt forbedret tilstand når det gjelder løst nitrat og litt forverret når det gjelder total nitrogen. Økte næringsalkonsentrasjoner forventes først og fremst å være negativt for sukkertaren om sommeren (Moy et al. 2008). Sukkertare tar opp næringsalter om vinteren. Om sommeren når trådformede alger kan blomstre opp forventes økte konsentrasjoner imidlertid å være negativt for sukkertaren fordi det kan føre til endret konkurranseforhold med trådformede alger som vokser raskt under gunstige forhold på denne årstiden.

Ved Mandal (dykkestasjon HB10 Tregde) har det blitt registrert rekrutter av tare hvert år siden 2010 og tilstanden i området ble forbedret fra moderat til god i 2011 (Norderhaug et al. 2011, Trannum et al. 2012). I 2012 var tilstanden fortsatt god. På dykkestasjonen er det blitt registrert lite sediment på bunnen 2010 og 2011 sammenlignet med 2009, og dette kan tyde på at tarerekrutter lettere har kunnet etablere seg. I 2012 var det imidlertid igjen mye sediment på bunnen og overvåkingen 2013 vil kunne gi svar på om dette får konsekvenser for rekrutteringen.

Sukkertaretilstanden forverret seg litt i Stavangerområdet (HB11 Tingsholmen og HB12 Rossøy) fra 2011 til 2012 og indre kyst langs kyststrekningen Kristiansand til Stavanger har nå dårligst sukkertaretilstand i hele overvåkingsområdet. På de overvåkede stasjonene var sommertemperaturen aldri over 19 grader hverken i 2011 eller 2012. Klassifiseringen av konsentrasjoner av næringsalter om vinteren i Hidlefjorden viste en reduksjon fra tilstandsklasse Meget god i 2011 til klasse God i 2012, mens sommermålingene ikke viste noen endring og tilstanden er fortsatt Meget god. Den delen av overvåkingen som fokuserer på partikkelbelastning og lysforhold viste ikke entydige resultater. Siktningene viste reduserte og Moderate forhold mens nedre voksegrense for alger viste uendrete og Meget gode forhold. I 2011 og 2012 ble det registrert stor grad av tildekking av bunnen av sediment og mer sediment på disse dykkerstasjonene enn tidligere. Likevel ble det registrert noe rekruttering og i likhet med på HB7 og HB10 vil overvåkingen i 2013 vise om dette får negative konsekvenser for rekrutteringen av sukkertaren (Norderhaug et al. 2011, Trannum et al. 2012).

4.2 Sesongvariasjon i sukkertaretilstand

Sukkertarens tilstand kan endres mye gjennom året og dette er det viktig å ta hensyn til. Videobilder tatt i ulike måneder på HB12 viser overgroing på sukkertaren av påvekstalger som ser ut til å svekke sukkertaren utover sensommeren og høsten. I 2012 besøkte NIVA og HI en rekke stasjoner som ble undersøkt i Sukkertareprosjektet. En av disse var HB12 Rossøy (Gundersen et al. 2012) som ble undersøkt i juli og september. Både i juni, juli og september ble det her registrert enkeltplanter av sukkertare helt ned mot 15 m, men den tette tareskogen som ble registrert på 6 m dyp i juni var forsvunnet og skoggrensen hadde trukket seg opp til grunnere vann utover høsten. Graden av overgroing av påvekstalger økte fra juni til juli og sukkertareskogen var redusert og i stor grad erstattet av trådformede alger i september (Fig. 2.6). I tillegg til høy sommertemperatur krever stor vekst av påvekstalger god tilgang på

næringssalter. Sommertilførsler av næringssalter var den enkeltfaktor Moy et al. (2008) pekte på som den viktigste faktoren for opprettholdelse av trådalgevegetasjon på Sør- og Vestlandet.

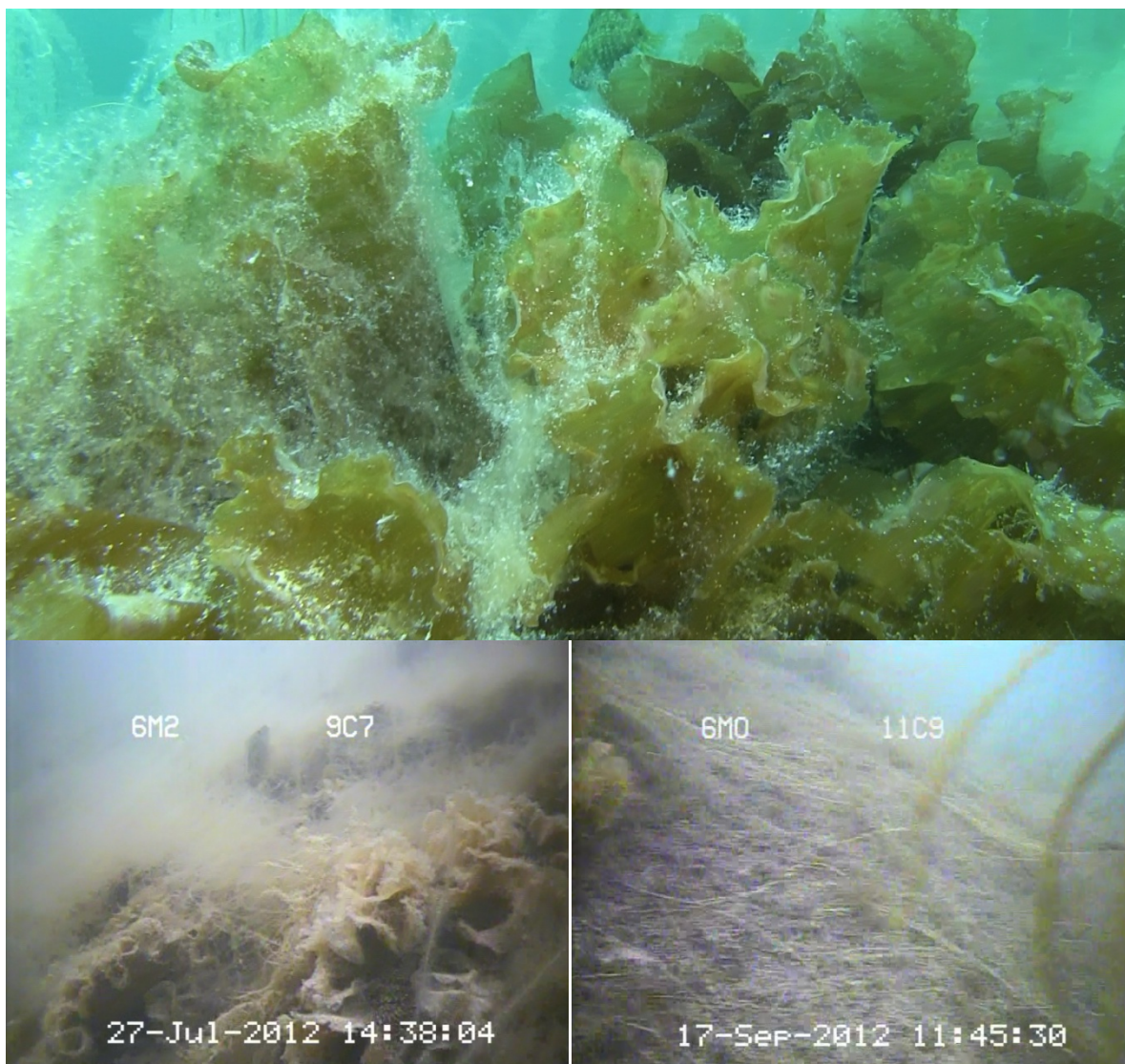


Fig. 2.6. Bilder tatt på 6 m dyp på stasjon HB12 Rossøy i juni (øverst), i slutten av juli og i september 2012 (bildet fra juni er tatt med HD undervannsvideo (Sukkertareovervåkingen, Foto: NIVA), mens bildene fra juli og september er tatt med nedsenkbar kamera og bildekvaliteten er derfor dårligere (Saccraf prosjektet, Foto: NIVA/HI)).

At sukkertaren overgros av påvekststalger utover sensommeren kan forklare hvorfor sukkertaretilstanden ikke har forbedret seg mer de siste årene til tross for at det ikke har vært kritisk høy sommertemperatur siden 2006. Undersøkelsene viser også at den tilstanden som registreres, avhenger av når på året undersøkelsene gjennomføres, og at god tilstand tidlig på sommeren kan forverres mye utover høsten. Dette kan forklare ulik tilstand som er funnet i ulike undersøkelser gjennomført i dette området etter at Sukkertareprosjektet ble avsluttet (f.eks. Helland 2011, Trannum et al. 2012, Gundersen et al 2012). Slik sesongvariasjon kan påvirke tilstandsklassifiseringen, men i et overvåkingsprogram er ikke denne variasjonen kritisk så lenge den foregår på samme tidspunkt hvert år, fordi tilstanden vurderes i forhold til samme stasjon på samme tid tidligere. I tillegg vil aldersstrukturen i sukkertaresamfunnet gi informasjon om hvordan sukkertaren har klart seg gjennom året.

4.3 Hva viser overvåkingsprogrammet?

Et viktig formål med overvåkingsprogrammet er å knytte årsaker (miljø- og kjemiske forhold) til endringer i sukkertarens tilstand. Kunnskapsgrunnlaget, som hovedsakelig består av kartlegging gjennom Sukkertareprosjektet (2005-2008, Moy et al. 2006, 2007, 2008), Kystovervåkingsprogrammet (Trannum et al. 2012) og Sukkertareovervåkingsprogrammet (Norderhaug et al. 2011, Trannum et al. 2012) representerer foreløpig et begrenset grunnlag for å gjøre slike vurderinger, men kan gi indikasjoner på viktige sammenhenger.

Data fra Sukkertareprosjektet og fire år med overvåkning viser generelt litt bedring i tilstanden for sukkertare siden Sukkertareprosjektet ble avsluttet i 2008 og overvåkningen startet året etter, men også at tilstanden fortsatt er moderat og dårlig mange steder langs kysten. Det har ikke vært lange perioder med kritisk høy vanntemperatur i overvåkingsområdet siden 2006 og temperatur alene kan dermed ikke forklare at sukkertaren ikke har kommet tilbake mange flere steder enn den har gjort. Det er heller ingen annen enkeltfaktor som kan forklare tilstanden. Så langt støtter dermed overvåkningen konklusjonene fra Sukkertareprosjektet: den dårlige tilstanden for sukkertare skyldes sannsynligvis en kombinasjon av faktorer, og det er sannsynligvis forskjellige faktorer som medførte at sukkertaren forsvant og at den ikke har kommet tilbake. Forskningsprosjekter på årsakssammenhenger peker på komplekse sammenhenger hvor temperatur og påvekst av både alger og dyr (kanskje som følge av gode næringstilførsler) gir dårlige forhold for sukkertaren (Andersen et al 2011, 2013). Flere faktorer er undersøkt og resultater kan forventes publisert de nærmeste årene.

Det er sannsynlig at temperatur var en viktig (den viktigste) faktoren for å forklare at sukkertaren forsvant rundt 2000 (Moy et al. 2008). Det er også mest sannsynlig andre faktorer som forklarer hvorfor den ikke har reetablert seg i større grad enn den har. Både god tilgang på næringssalter om sommeren, som utnyttes av trådformede alger og etablering av sedimenttepper på bunnen som hindrer ny sukkertare å feste seg og å spire, har sannsynligvis vært viktige faktorer. Dette støttes av forskningsresultater fra SACCHARINA (NFR prosjekt 178681, 2009-2013) som viser at økte næringsalttilførsler øker overgroing fra trådformede alger på grunt vann, og at økt partikkelmengde i vannet reduserer voksedypet til sukkertaren. Når sukkertaren på sommeren utsettes for høy temperatur, økte tilførsler av næringsalter (som gir økt konkurranse med trådformede alger som skygger) og partikler, smalner «dybdeinduet» den kan vokse i både fra dypet og fra overflaten.

Eutrofibelastningen som hindrer sukkertare å reetablere seg er sannsynligvis i stor grad lokal (fra Norge, Syvertsen et al. 2009) fordi tilstanden i hardbunnsamfunnene på ytre kyst generelt har vært god og i bedring siden midten av 1990-tallet, sannsynligvis på grunn av de reduserte tilførsler av næringsalter fra sørlige deler av Nordsjøen (Trannum et al. 2012).

Det er imidlertid flere indikatorer som ikke peker samme vei. Indikatoren for nedre voksegrense for alger (iht. Vannforskriften) tyder på god vannklarhet i hele overvåkingsperioden og i hele det overvåkede område, mens siktdypmålinger (secchi-skive) tyder på dårligere vannklarhet. Av disse to tror vi nedre voksegrense er den mest pålitelige indikatoren fordi den gjenspeiler lysforholdene som algene vokser i over tid. Secchi-målinger gir et øyeblikksbilde fra tidspunktet når målingen foretas og dette kan endres raskt. Nedre voksegrense for flerårige arter gjenspeiler et "middel" over flere år. Sedimentregistreringer på bunnen gir også et øyeblikksbilde, men det er verdt å merke seg at mye sediment har vært registrert på bunnen på mange stasjoner. Overvåkningen av tilførsler fra elver viser generelt

nedgang for næringsalter og sediment fra elvene i overvåkingsområdet med unntak av Numedalslågen der tilførslene har økt (Skarbøvik et al 2012). Annen forskning har også vist at formørkning av kystvannet er et problem både i Norge og globalt og at mengden partikler i kystvannet økte markant i den perioden sukkertaren forsvant (Aksnes et al. 2009, Frigstad et al 2013).

Næringsaltklassifiseringen tyder på god vannkvalitet med relativt lave næringsalkonsentrasjoner, mens oksygenmålinger fra dypt vann tyder på at alle de overvåkede fjordene har organisk belastning. Begge disse indikatorene må imidlertid ikke brukes ukritisk. De overvåkede fjordene har lange perioder mellom dypvannsutskiftning med tilførsler av oksygenrikt vann. Mellom hver dypvannsutskiftning vil oksygenivåene naturlig synke. Dette er normalt for fjordsystemer med grunne terskler og stor ferskvannstilførsel og er derfor systemer som er sensitive for endringer i organisk belastning.

Det er utfordrende å få en fullstendig oversikt over næringsaltmengdene i sommerperioden fordi de tas opp og omsettes raskt i planteplankton. Men programmet fanger opp større endringer i næringsalkonsentrasjon, slik som oppstrømminger og tilførsler fra lokale eller utenforliggende kilder. Om vinteren når planteplanktonmengden er liten representerer ikke næringsalter noe problem for sukkertaren, men det er derimot på denne årstiden sukkertare tar opp næringsalter. Trådalger som overgror sukkertaren vokser først og fremst om sommeren når vannet er varmt og når det er vanskelig å gjøre gode målinger av næringsalkonsentrasjoner i vannet. Generelt viser overvåkningen av andre organismer en økning i mengden trådformede alger i Stavangerområdet og reduksjon på Sørlandet og dette kan være med på å forklare dårligere sukkertaretilstand i Stavangerområdet og bedret tilstand i området rundt Risør (Datarapporten TA-3032). Parallelt med den lille bedringen i tilstanden for sukkertare som er registrert siden 2009 øker det totale artsmangfoldet av andre arter. I Ytre Oslofjordområdet øker både mangfoldet av alger og dyr, mens på Sør- og Sør-Vestlandet øker mangfoldet av dyr mens det totale mangfoldet av alger går noe ned. Det ser dermed ut at bedring av sukkertaretilstanden sammenfaller med økt biomangfold på indre kyst.

Overvåkningen som videreføres gjennom ØKOKYST vil i årene fremover kunne vise om tendensen til bedring i sukkertaretilstanden fortsetter og belyse hvilke(n) av årsakene diskutert over som er årsaken(e) til at sukkertaretilstanden ikke har bedret seg mer enn den har siden oppstart i 2009. Samtidig er det viktig at arbeidet med utvikling av gode indikatorer og riktige klassegrenser fortsetter for å gi et mest mulig riktig bilde av hydrofysisk, -kjemisk og biologisk tilstand i våre kystområder.

5. Referanser

- Aksnes, D. L., N. Dupont, A. Staby, Fiksen, D S. Kaartvedt, and J. Aure. 2009. Coastal Water Darkening and Implications for Mesopelagic Regime Shifts in Norwegian Fjords. *Marine Ecology Progress Series* 387:39-49.
- Andersen GS; Steen H, Christie H, Fredriksen S & Moy FE. 2011. Seasonal Patterns of Sporophyte Growth, Fertility, Fouling, and Mortality of *Saccharina latissima* in Skagerrak, Norway: Implications for Forest Recovery. *Journal of Marine Biology*. doi: 10.1155/2011/690375
- Andersen GS, Pedersen MF, Nielsen SL. 2013. 2013 Temperature acclimation and heat tolerance of photosynthesis in Norwegian *Saccharina latissima* (Laminariales, Phaeophyceae). *Journal of Phycology* DOI: 10.1111/jpy.12077
- Aure, J., Magnusson, J., 2008. Mindre tilførsel av næringsalter til Skagerrak. *Kyst og havbruk 2008*. s 28-30.
- Aure, J., Danielssen, D., Magnusson, J., 2010. Langtransporterte tilførsler av næringsalter til Ytre Oslofjord i 1996-2006. *Fisken og Havet* nr. 4.
- Frigstad, H., Andersen, T., Hessen, D. O., Jeansson, E., Skogen, M., Naustvoll, L. J., Miles, M., Johannessen, T. & Bellerby, R. G. J. 2013. Long-term trends in carbon, nutrients and stoichiometry in Norwegian coastal waters: evidence of a regime shift. *Prog Ocean* 111:113-124.
- Direktoratsgruppa. Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann. 181 s.
- Gundersen, H., Bekkby, T., Christie, H., Moy, F.E. og Tveiten, L.A. 2012. Videreutvikling av indikator for sukkertare i Norsk naturindeks – modellering av referansetilstand for arealutbredelse. NIVA rapport nr. 6438-2012. 21 s.
- Helland, E. 2011. Marin Overvåking Rogaland – mai 2010 til august 2011. *Blue Planet rapport*. 66 s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. 10-årsrapport 1990-1999. SFT-rapport 848/02 TA-1883/2002 NIVA rapport 4543-2002. 136 s. Moy, F., Alve, E., Bogen, J., Christie, H., Green, N., Helland, A., Steen, H., Skarbøvik, E., Stålnacke, P., 2006. Sukkertareprosjektet Statusrapport 1. SFT-rapport 961/2006, TA-2193/2006. NIVA rapport 5265. 36 s.
- Moy, F., Alve, E., Bogen, J., Christie, H., Helland, A., Magnusson, J., Steen, H., Tveiten, L., Åsen, P.A., 2007. Sukkertareprosjektet. Statusrapport nr. 2. SFT-rapport 978/2007, TA-2232/2007. NIVA rapport 5344. 60 s.
- Moy, F., Christie, H., Alve, E., Steen, H., 2008. Sukkertareprosjektet. Statusrapport nr. 3. SFT-rapport 1020/2008, TA-2398/2008. NIVA rapport 5585. 74 s.
- Moy, F., Christie, H., Steen, H., Stålnacke, P., Aksnes, D., Alve, E., Aure, J., Bekkby, T., Fredriksen, S., Gitmark, J., Hackett, B., Magnusson, J., Pengerud, A., Sjøtun, K., Sørensen, K., Tveiten, L., Øygarden, L., Åsen, P.A., 2008. Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet 2005-2008. Final report from the Sugar Kelp Project 2005-2008. SFT-rapport 1043/2008, TA-2467/2008. NIVA-rapport 5709. 131 s.

- Moy, F., Christie, H., 2012. Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research*, 8:4, 309-321.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., Fosså, J.H., Fredriksen, S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *J. Mar. Biol. Ass. UK*. 85:1279-1286.
- Norderhaug, K., Naustvoll, L., Ledang, A., Bjerkeng, B., Gitmark, J., 2011. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet 2009-2010. Årsrapport for 2009 og 2010. Klif-rapport 2776/2011, TA-2776/2011. NIVA-rapport 6135. 80 s.
- Norderhaug, K., Tveiten, L., Trannum, H., Naustvoll, L., Bjerkeng, B., Sørensen, K., Gitmark, J., Brkljacic, M. 2013. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet. Datarapport for 2012. Klif-rapport 1142/2013, TA-3032/2013. NIVA-rapport 6478. 84 s.
- Rueness, J. & S. Fredriksen 1991. An assessment of possible pollution effects on benthic algae of the outer Oslofjord, Norway. - *Oebalia* 17 (suppl.): 223-235.
- SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Forfattere: Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. SFT-veiledning nr. 97:03, TA 1467/97. 36 s.
- Sjøtun, K., 1990. Undersøkingar av tare og tareskog, med særlig vekt på årssyklus hos sukkertare (*Laminaria saccharina*) frå Vestlandet. *Blyttia* 48:39-44.
- Sjøtun, K., 1993. Seasonal lamina growth in two age groups of *Laminaria saccharina* (L.) Lamour in western Norway. *Botanica marina* 36:433-441.
- Skarbøvik E., Stålnacke, P., Austnes, K., Selvik, J.R. Aakerøy P.A., Tjomsland, T., Høgåsen, T., Beldring, S. 2012. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2011. Klif rapport 1134/2012, TA-2986. NIVA rapport 6439. 66 pp.
- Syvertsen, E.E., Gabestad, H., Bysveen, I., et al., 2009. Vurdering av tiltak mot bortfall av sukkertare. Klif rapport 2585, 96 s.
- Trannum, H.C., Norderhaug, K.M., Falkenhaus, T., Johnsen, T.M., Lømsland, E., Omli, L., 2012. Faktaark for Kystovervåkingen, nr. 2105-2012, 4 s.
- Trannum, H.C., Norderhaug, K.M., Naustvoll, L., Bjerkeng, B., Gitmark, J.K., Moy, F., 2012. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2011. Klif rapport 1118/2012, TA-2903/2012, 60 s.



Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.