

# Overvåking av Ytre Oslofjord i 2007-2011. 5-årsrapport



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord i 2007-2011. 5-årsrapport	Løpenr. (for bestilling) 6352-2012	Dato 23.11.12
	Prosjektnr. Undernr. 27250	Sider Pris 100
Forfatter(e) Walday, Mats; Gitmark, Janne; Naustvoll, Lars Johan (HI); Norling, Karl; Selvik, John Rune; Sørensen Kai	Fagområde Overvåking	Distribusjon Fri
	Geografisk område Ytre Oslofjord	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for Ytre Oslofjord, Klima- og forurensningsdirektoratet. Bjørn Svendsen er Fagrådets kontaktperson	Oppdragsreferanse J.nr. 0480/12
--	------------------------------------

Sammendrag Det er i 2007-2011 gjort tilførselsberegninger, vannmasse- og bunnundersøkelser på stasjoner i Ytre Oslofjord. Området har relativt store lokale og langtransporterte tilførsler av næringssalter. Høye verdier av næringssalter henger ofte sammen med stor ferskvannspåvirkning. Generelt observeres god eller meget god tilstand (best på de ytre stasjonene). Unntak er siktdyp med Mindre god tilstand. Drammensfjorden skiller seg ut med Mindre God tilstand for næringssalter og Dårlige/Meget dårlige oksygenforhold i bunnvannet. I Grenlandsfjordene er også oksygenforholdene i bunnvannet dårlige og i Tønsbergfjorden periodevis dårlige. I Hvaler er det en gradient i miljøtilstanden fra de indre områdene (Ringdalsfjorden) med Dårlig/Mindre God, til Leira med Mindre God/Meget God tilstand. Generelt har bunnforhold i de åpne delene av fjorden og randsoneområder vært Meget god/God. Drammensfjorden, Horten havn, Tønsberg, Frierfjorden og Iddefjorden er problemområder. I strandsonen er det liten grad av næringssaltpåvirkning. Økologisk tilstand for makroalger var for det meste God/Meget god. Relativt konstant dårlige bunnforhold i Horten havn, Tønsberg og Frierfjorden. Drammensfjorden, Iddefjorden og Tønsbergfjorden har vist forbedring fra Dårlig/Meget dårlig til moderat tilstand på en eller flere stasjoner i 2011. I Hvalerområdet har bunnfauna på bløtbunn vist en bedring i tilstand etter 1990.

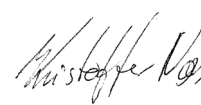
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. marin	1. marine
2. overvåking	2. monitoring
3. bentos	3. benthos
4. eutrofi	4. eutrophication



Mats Walday  
Prosjektleder



John Arthur Berge  
Forsker/kvalitetssikrer



Kristoffer Næs  
Forskningsdirektør

Overvåking av Ytre Oslofjord i 2007-2011  
5-årsrapport

## Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Havforskningsinstituttet (HI) gjennomfører, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord overvåking av det marine miljøet i Ytre Oslofjord. Den foreliggende rapport presenterer og diskuterer resultater fra overvåkingsperioden 2007-2011. Resultatene blir også vurdert opp mot andre relevante undersøkelser og annen overvåking. Rapporten gir anbefalinger for den videre overvåking i Ytre Oslofjord.

Mats Walday fra NIVA har vært prosjektleder. Bjørn Svendsen har vært kontaktperson for oppdragsgiver.

Oslo, 23. november 2012

*Mats Walday*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
1.1 Overvåkingsområdet	10
<b>2. Metodikk</b>	<b>13</b>
2.1 Tilførsler	13
2.2 Hydrografi og hydrokjemi	14
2.3 Planteplankton	15
2.4 Hardbunn – fastsittende alger og dyr	16
2.5 Bløtbunn – sedimentkvalitet og faunatilstand	17
<b>3. Tilstand og utvikling i undersøkelsesområdet</b>	<b>19</b>
3.1 Tilførsler av næringssalter fra sørlige deler av Nordsjøen	19
3.2 Kildefordelte lokale tilførsler til Ytre Oslofjord	20
3.3 Målte tilførsler via elver	21
3.4 Samlede årlige tilførsler til Ytre Oslofjord	25
3.5 Vannkvalitet i sentrale deler av fjorden	25
3.5.1 Tilstandsklassifisering	25
3.5.2 Nye og sjeldne planteplankton i Ytre Oslofjord	38
3.5.3 Bunnområdene sentralt i fjorden	39
3.6 Vannkvalitet i indre deler av fjorden	40
3.6.1 Tilstandsklassifisering	41
3.6.2 Planteplankton	42
3.6.3 Bunnområdene	43
3.7 Vannkvalitet i vestre deler av fjorden	46
3.7.1 Tilstandsklassifisering	46
3.7.2 Planteplankton	48
3.7.3 Bunnområdene	50
3.8 Vannkvalitet i Hvalerområdet	54
3.8.1 Tilstandsklassifisering	54
3.8.2 Planteplankton	56
3.8.3 Bunnområdene	57
<b>4. Fokusområder</b>	<b>62</b>
4.1 Drammensfjorden	62
4.1.1 Hydrografiske forhold	62
4.1.2 Tilstand på bunnen	65
4.2 Grenlandsfjordene	67
4.2.1 Hydrografiske forhold	67
4.2.2 Tilstand på bunnen	75
4.3 Iddefjorden	76
4.3.1 Hydrografiske forhold	76

---

4.3.2 Tilstand på bunnen	78
4.4 Tønsberg – Vestfjorden	79
4.4.1 Hydrografiske forhold	79
4.4.2 Tilstand på bunnen	81
<b>5. Dykkeregistreringene</b>	<b>83</b>
<b>6. Anbefalinger</b>	<b>91</b>
<b>7. Referanser</b>	<b>93</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>95</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>98</b>
<b>Vedlegg C.</b>	<b>100</b>

---

## Sammendrag

Det er i perioden 2007-2011 gjennomført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser og bunnundersøkelser på en rekke stasjoner i Ytre Oslofjord. Tilførselsberegninger og vannmasseundersøkelser har vært gjennomført årlig, mens bunnundersøkelser har hatt en lavere frekvens. I overvåkingsprogrammet er Ytre Oslofjord avgrenset av Drøbaksundet i nord og en linje mellom Koster og nordlige deler av Jomfruland i sør, og dekker Oslofjorden og Grenlandsfjordene.

Kyst- og fjordområdene i Skagerrak har relativt store lokale og langtransporterte tilførsler av næringssalter. Hvilke kilder som har størst betydning vil avhenge av en rekke forhold, slik som topografiske forhold i et fjordområde, mengde ferskvann og tidspunkt på året.

Det er gjennomført en klassifisering av miljøtilstand på de stasjoner hvor det finnes data som gjør dette mulig. Klassifiseringen er for det meste gjort i hht. Klifs kriterier for Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (veileder 97:03) og/eller i hht. klassifiseringsveilederen for Vannforskriften (Veileder 01.2009).

Generelt observeres god eller meget god tilstand (best på de ytre stasjonene) i Ytre Oslofjord. Unntak er siktdyp med mindre god tilstand. Drammensfjorden, Horten havn, områdene rundt Tønsberg, Frierfjorden og Iddefjorden er problemområder, særlig i forhold til oksygenforhold i bunnvannet..

### Vannmasser

Generelt har resultatene for de fleste undersøkte parametre i de åpne delene av fjorden gjennom overvåkingsperioden vist en god eller meget god tilstand, men med noe bedre tilstand på de ytre enn på de indre stasjonene. Et klart unntak er siktdyp som for det meste har tilsvart Mindre god tilstand. Nitratverdiene på de sentrale stasjonene har i perioder også vist Mindre god tilstand, men i de siste par år har tilstanden vært God eller Meget god. Vinterverdiene ved de sentrale stasjonene har blitt bedre i de siste par år, med Meget god vannkvalitet i 2011, unntatt i Breiungen hvor den var God.

Stasjonene i Drammensfjorden skiller seg betydelig fra de øvrige stasjonene, og med små forskjeller mellom den indre stasjonen ved Solumstrand og den ytre ved Svelvik. Klassifisering basert på næringssalter i sommerperioden viser at området kommer ut i tilstandsklasse Mindre God ved den indre stasjonen og Mindre God til God ved Svelvik. Sammenlignet med perioden 2001-2005 har det vært en forverring i tilstanden basert på fosfat og total-fosfor ved begge stasjonene. Sannsynligvis transporteres mye av næringssaltene ut til de utenforliggende områdene. Den pelagiske primærproduksjonen i Drammensfjorden er alene ikke stor nok til å forklare de Dårlige til Meget dårlige oksygenforholdene i fjordens bunnvann.

Sandebukta har betydelig bedre forhold enn Drammensfjorden, men noe dårligere enn Breiungen utenfor. Tilstanden ved Kippenes i den nordlige delen av Mossesundet var generelt bra. Undersøkelser som er gjennomført i Krokstadjfjorden og Kurefjorden utenom det ordinære programmet, indikerer også God til Meget god tilstand, unntak er også her siktdyp.

I likhet med stasjonene i de sentrale vannmassene er det i det vestre fjordområdet siktdyp som gir dårligst tilstandsklassifisering. Stasjonene i Vestfold har for det meste God eller Meget god tilstand på de øvrige parametre som bestemmer vannkvaliteten, med unntak av vinterverdiene av næringssalter som i noen år har gitt Mindre god tilstand. Oksygenverdiene i bunnvannet i Byfjorden/Vestfjorden ved Tønsberg har variert en del gjennom perioden. I 2011 var det Mindre god tilstand. Øvrige stasjoner i Vestfold har hatt Bra eller Meget bra oksygenforhold. I Grenlandsfjordene er situasjonen relativt lik resten av det vestre området, men oksygenforholdene i bunnvannet er dårligere.

I likhet med i Grenlandsfjordene utgjør også stasjonene i Hvaler en gradient fra sterkt ferskvannspåvirkede og lite bølgeeksponerte vannmasser til moderat eksponert kyst med saltere vann. Basert på klassifiseringer fra sommerperioden er det også en tydelig gradient fra de indre områdene (Ringdalsfjorden) med Mindre God til Dårlig tilstand til Leira der forholdene er Meget God til Mindre God.

N:P-forholdet om vinteren på 4 m dyp varierer mye fra år til år på stasjonene langs sentralaksen av fjorden, sekundært mellom stasjonene, med en viss tendens til økende verdier innover i fjorden. Forholdstallet var vesentlig høyere enn Redfield-forholdet i 2008, mens det stort sett har ligget omkring Redfield-forholdet eller litt under de andre årene. Avvikende høye verdier kan settes i sammenheng med stor ferskvannspåvirkning.

Vinteren 2009/2010 ble det registrert en massiv utskiftning av dypvannet i de ytre deler av Ytre Oslofjord. SNedsynking av Nordsjøvannmasser presset Atlantiske vannmasser oppover i vannsøylen. Denne utskiftningen kunne også registreres lenger inn i fjorden og i sidefjorder til Ytre Oslofjord. Det var også en større dypvannsfornyelse vinteren 2010/2011, noe som vil gi høyere oksygenverdier i områdets terskelfjorder.

### **Bunnområdene**

For de fleste gruntvannsstasjoner viser resultatene liten grad av næringssaltpåvirkning. Stasjonene i Larviksfjorden og i Drammensfjorden skiller seg ut med en relativt stor andel av grønnalgearter i forhold til brun- og rødalger. Dette indikerer forhøyede mengder av næringssalter i vannmassene. I de vanntyper hvor Vannforskriftens kvalitetselement makroalger kan brukes har den økologiske tilstanden i forhold til nedre voksegrense blitt beregnet for de årene som dykkeregistreringer er gjennomført. Den økologiske tilstanden var for de fleste stasjoner God eller Meget god i forhold til nedre voksegrense. Kun ved to anledninger ble det klassifisert Mindre god tilstand, en gang i Løperen og en gang sør for Moss (Fuglevik).

2007 var det første året SPI-kamera ble brukt for undersøkelser av sedimentkvalitet på bløtbunn i Ytre Oslofjord. Stasjonsutvalget i de årlige undersøkelsene har vært konsentrert til mer kystnære innenskjærs lokaler, men prøver fra de dypere delene av fjorden ble innsamlet 2008.

Generelt har bunnforholdene i de åpne delene av fjorden og flere randsoneområder vært Meget gode eller Gode på de fleste stasjoner. Større problemområder er Drammensfjorden, Horten havn, Tønsberg, Frierfjorden og Iddefjorden.

Problemområder med relativt konstant dårlige eller meget dårlige forhold over tid har vært Horten havn, Tønsberg/Vestfjorden og Frierfjorden. Drammensfjorden og Iddefjorden og Tønsberg/Vestfjorden har vist forbedring fra dårlig eller meget dårlig forhold til moderate forhold på en eller flere stasjoner i 2011.

I 2011 ble meget dårlige forhold observert i dype områder i Frierfjorden, Håøyfjorden og i Horten havn, mens det var dårlige forhold ved Glommas munningsområde sør for Fredrikstad. Moderate forhold ble observert i Drammensfjorden, noen dypere deler av sentrale Oslofjorden, Hankøundet, Iddefjorden, grunne områder nord for Krokstadleira, Breiangeren samt Vestfjorden ved Tønsberg.

I Hvalerområdet er overvåkingsresultater av bunnfauna på bløtbunn blitt sammenlignet med tidligere faunaundersøkelser, og de nye resultatene har vist at de tre undersøkelsesområdene stort sett har blitt bedre etter 1990, med en økning i antall arter og høyere indeksverdier. På 1980-tallet ble det bygget flere større kommunale renseanlegg og gjort tiltak i industrien som har hatt betydning for utviklingen i Hvalerområdet.



### **Anbefalinger**

Det anbefales en generell videreføring av hovedtrekkene i overvåkingen. Stasjonsvalg og prøvetakingsfrekvens for de enkelte delområder bør vurderes på bakgrunn av fremkomne resultater. Det anbefales en fortsatt overvåking av hele vannsøylen på sentrale stasjoner i fjorden.

Man bør sikre seg data som kan benyttes til å estimere oksygenforbruket i ulike bassenger i Ytre Oslofjord. Mulige konsekvenser av forventede klimaendringer på nitrogentilførsler, og eventuelle effekter av dette, anbefales utredet.

De mest belastede områdene bør følges opp med ved å videreføre overvåkingen. Det bør vurderes å igangsette undersøkelser som kan avklare årsaken til at enkelte områder er mer belastet enn andre og om det kan gjennomføres avbøtende tiltak for å forbedre miljøtilstanden.

Nasjonalparken Ytre Hvaler/Kosterhavet har planer om å starte opp en egen overvåking. Overvåking av nasjonalparkområdet bør koordineres med Fagrådets overvåking av Ytre Oslofjord, og eventuell annen overvåking i området.

## Summary

Title: Monitoring of the outer Oslofjord. 2007-2011.

Year: 2012.

Author: Mats Walday, Janne Gitmark, Lars Johan Naustvoll, Karl Norling, John Rune Selvik and Kai Sørensen.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6087-8

The monitoring program includes calculation of discharges of nutrients, measurements of water quality-, phytoplankton- and bottom conditions on a number of stations in the Oslofjord. Discharge estimates and water mass surveys have been conducted each year, while bottom surveys had a lower frequency.

The monitoring area stretches from the Drøbaksund in the north and a line between Koster and northern parts of Jomfruland in the south, and covers the outer Oslofjord and the Grenlandfjords.

Overall, the results for most water-quality parameters investigated in the open parts of the fjord showed a good or excellent condition through the monitoring period according to the Norwegian classification system, but with somewhat better condition on the outer stations near or in the Skagerak than on the inner more fjordlike stations. A clear exception is the secchi-depth that mostly showed less good condition. Possible reasons for this are discussed in the report.

The seawater N: P ratio in winter at 4 m depth varies considerably from year to year at the stations along the central axis of the fjord, and to a lesser degree between stations, with a slight tendency towards increasing values into the fjord. The measured ratio was significantly higher than the Redfield ratio in 2008, but mostly it has been around Redfield ratio or slightly below the other years. Anomalous high N:P ratios were often associated with large freshwater influence.

Relatively constant bad or very bad benthic conditions over time have been observed in Iddefjord, Drammensfjord, Horten harbor, Tønsberg- and Frierfjord. Drammensfjord, Iddefjord and Tønsbergfjord have however shown improvement from poor or very poor to moderate conditions at one or more stations in 2011. Deep-water winter renewals were large in the monitoring area in 2010 and 2011 and can explain these improvements.

In those water types where the water frame directive quality element 'macroalgae' has been inter-calibrated, the EQ (ecological quality) was calculated for the parameter 'lower growth limit'. The EQ were on most stations good or very good. Only at two occasions, conditions were classified as less good, once in Løperen at Hvaler and once south of Moss (Fuglevik).

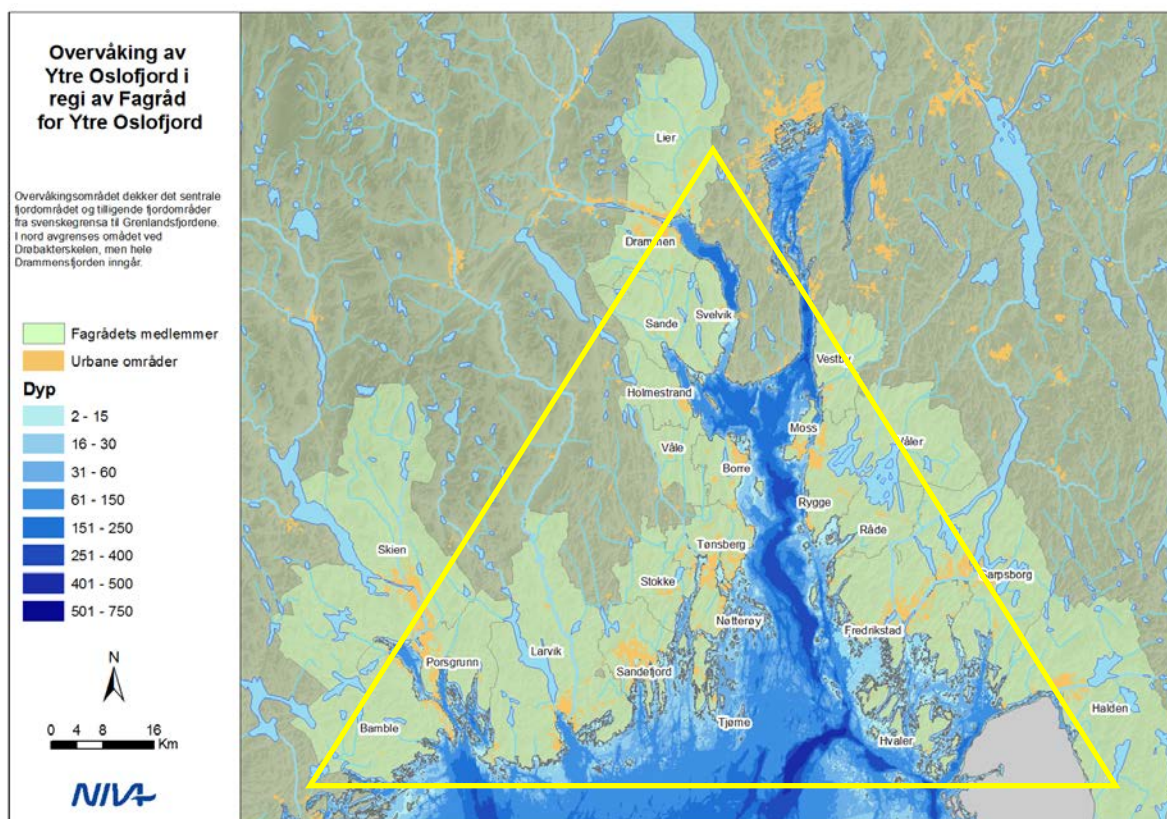
# 1. Innledning

Overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord skal fremskaffe informasjon tilførsler til fjordområdet og om miljøtilstanden hos bunnsamfunn og i vannmasser, med fokus på eutrofiering. I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til krav i EU's vanddirektiv og Klif's klassifisering av miljøkvalitet er benyttet.

Det er produsert årlige fagrapporter for delundersøkelsene. Rapporteringen er holdt i en enkel form med presentasjon av metodikk, omfang av prøvetaking og resultater. I tillegg er det for hvert år laget en årsrapport som vurderer årets resultater og setter dem inn i en større sammenheng. Presentasjon og vurderingen av resultatene for perioden 2007-2011 er gjort i denne rapporten. Det lages derfor ingen egen årsrapport for undersøkelsene i 2011.

## 1.1 Overvåkingsområdet

I overvåkingsprogrammet er Ytre Oslofjord avgrenset av Drøbaksundet i nord og en linje mellom Koster og nordlige deler av Jomfruland i sør, og vil dekke den egentlige Oslofjorden og Grenlandsfjorden (Figur 1). Dette er et område med et sjøareal på ca 2000 km<sup>2</sup>. De topografiske forhold i fjordsystemet gjør at området er oppdelt i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. En overvåkning i alle disse områdene er ikke økonomisk mulig i dagens situasjon.



Figur 1. Oslofjorden. Overvåkingsområdet omfatter fjordområdene innenfor den gule trekanten.

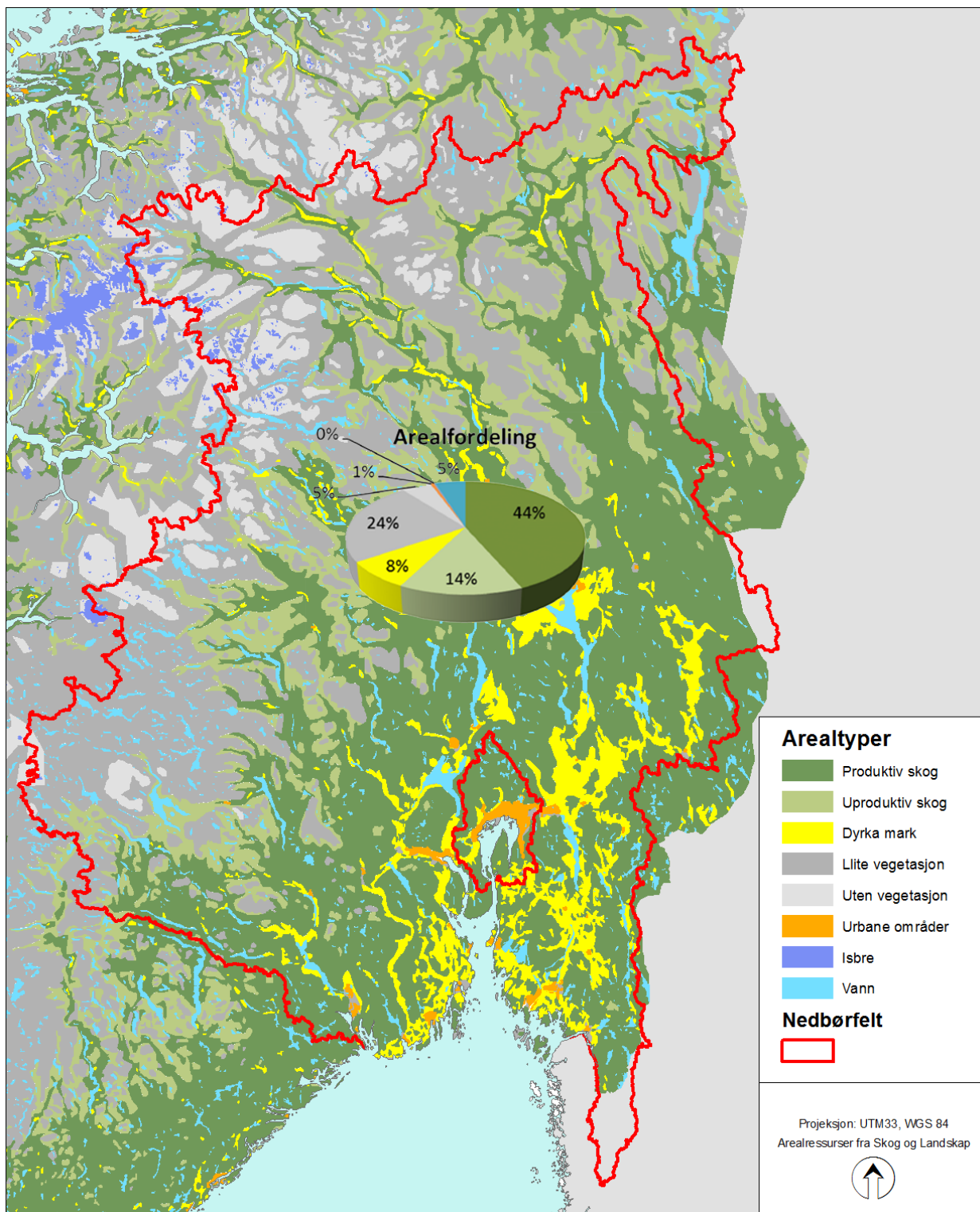
Stasjonsnettet har tatt utgangspunkt i tidligere benyttede stasjoner, influensområde for større vassdrag, andre overvåkningsprogrammer i området og tilgjengelig kunnskap. Grovt sett er stasjonene delt inn i stasjoner som dekker de ”sentrale” delene av hovedfjorden og stasjoner som gir en dekning i ”randsonen” av fjorden. Overvåkning av stasjoner i de sentrale delene av fjorden vil fremskaffe nødvendig informasjon om tilførsel av næringssalter fra utenforliggende områder, samt til en viss grad ferskvannstilførsel. Stasjonene i randsonen er viktige for å se på lokale forhold og tilførsler fra de ulike vassdragene.

Ytre Oslofjord er et sjøområde som er betydelig påvirket fra land, både gjennom tilførsler av ferskvann og forurensende stoffer som følger vannveiene eller tilføres fjorden gjennom direkte tilførsler fra punktkildene langs fjorden. Oppstrømsarealet dekker en stor del av det sørøstlige Norge. Flere av landets største elver munner ut i fjordområdet og drenerer både høyfjellsområder, store skogarealer og de produktive jordbruksarealene under «marin grense». Områdene rundt Oslofjorden omfatter også landets største befolkingskonsentrasjoner og viktige industrianlegg.

Ytre Oslofjord er et svært dynamisk og åpen fjordsystem. De topografiske forhold medfører en stor grad av vanntransport mellom ytre Oslofjord og Skagerrak og Nordsjøen, med tilførsel av vannmasser fra Skagerrak og Nordsjøen i intermediære vannlag. Overflatelagene i ytre Oslofjord vil i stor grad påvirkes av tilførsel av ferskvann fra de store vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva.

Energien for å drive strømmen i Ytre Oslofjords overflatelag kommer fra lokal vindpåvirkning, tidevann, strømforholdene i Skagerrak og lokale ferskvannskilder (Skjoldal et al. 1996). En nordgående overflatestrøm går langs den svenske vestkyst og inn i norske områder. Modellering har vist at det under normalt skiftende vindforhold ofte forekommer en stor strømvirvel i nordøstlige Skagerrak som vanligvis roterer med urviseren. Styrken og plasseringen av den Baltiske strøm er imidlertid en meget viktig faktor for om vanntransporten foregår med eller mot urviseren i svensk norsk grensefarvann (Berge et al. 1991). Overflatevannet går normalt i nordvestlig retning, men kan også gå sydover (Berge et al. 1991) og føre Glommavann nedover svenskekysten. Strømforholdene i de mellomliggende og dypere deler av planområdet er lite kjent. Undervannstopografi modifierer havstrømmene.

Dypvannsfornyelser i de dypere områdene styres av topografien og den hydrografiske variasjonen i Skagerrak. Terskeldypene til de ulike bassenger er bestemmende for hvilke vanntyper som kan opptre fordi vannmassene under terskeldyp i et basseng i hovedsak får tilført vann fra terskeldyp i utenforliggende vannmasser.



Figur 2. Arealklasser i nedbørfeltet til Ytre Oslofjord.

## 2. Metodikk

Her gis en overordnet beskrivelse av metodene som er brukt i overvåkingen i Ytre Oslofjord i perioden 2007-2011. Detaljer om metodikken finnes i Vedlegg og i Fagrapportene.

### 2.1 Tilførsler

Modellerte tilførsler til Ytre Oslofjord er basert på resultater fra TEOTIL-modellen (Selvik et al. 2011 & Selvik et al. 2007). Modellen benyttes hvert år for å kvantifisere tilførsler til ulike deler av Norskekysten på oppdrag fra Klif. Modellen bruker kilde spesifikke data fra de nasjonale databasene:

- «Befolkning» - avløp fra renseanlegg og spredt bebyggelse basert på anleggseiernes årlige rapportering via «KOSTRA»
- «Industri» - industrianlegg med egne utslipp utenom offentlig nett. Basert på bedriftenes egenrapportering til Klifs system «Forurensning»
- «Jordbruk» – tapskoeffisienter, basert på målinger av stofftap til vann i «JOVÅ-feltene» som oppdateres årlig ved hjelp av landbruksstatistikk og endringer i jordbrukspraksis
- «Akvakultur» – kilden er av marginal betydning i Oslofjorden, men er basert på næringens innrapportering av driftsparametere gjennom «ALTINN» og NIVAs beregning av tap av nitrogen og fosfor til vann
- «Natur» – tapskoeffisienter for områder uten særlig menneskelig påvirkning basert på NIVAs målinger i sjøer og bekker i Norge gjennom mange år

De kilde spesifikke data tilordnes små nedbørfelt («regime-enheter») som utgjør byggeklossene i NVEs vassdragsregister. Tilførslene akkumuleres nedover i vassdragene for til slutt å ende i sjøen. I modellen beregnes en tilbakeholdelse av næringssalter i innsjøer. Denne retensjonen utgjøres av en utsynking av organisk partikulært materiale. Sjøer med lang oppholdstid vil ha større retensjon enn små grunne sjøer. Det følger at den andelen av et utslipp som når fram til fjorden er langt mindre for et utslipp langt oppe i et vassdrag enn utslipp som ligger nær utløpet til fjorden.

Koeffisienter for den naturlige avrenning foreligger som konsentrasjonsdata og de samlede tilførsler justeres årlig ut i fra vannføringen i avrenningsåret. For de andre kildekategoriene legges ikke inn noen variasjon i forhold til klimavariabel. Total tilførsel til sjøområdene vil normalt være i riktig størrelsesorden med denne metoden, men vil avvike fra det som måles direkte i vassdragene. De modellerte tilførslene angir en fordeling mellom de ulike kildene. Dette er informasjon som kan brukes til å planlegge avbøtende tiltak i for sjøområder der en har avvikende miljøtilstand.

På nasjonalt nivå er det benyttet to tilnærmelser for å kvantifisere tilførsler av næringssalter til norske sjøområder. Den ene tilnærmelsen er basert på et forurensningsregnskap med utgangspunkt i norske registre over restutslipp fra punktkildene, avrenningskoeffisienter for jordbruket og koeffisienter for avrenning fra norsk natur. Det benyttes en modell (Teotil) for å sammenstille utslippsdata og beregne hvor stor andel av utslippene som når kysten (Tjomsland et al. 2010). Den andre tilnærmelsen er basert på kjemisk analyse av prøver fra de 10 største elvene (månedlige prøver) og 4 årlige prøver i 36 mindre elver (Elvetilførselsprogrammet, også kalt RID) (Skarbøvik et al. 2011). Stoffkonsentrasjonene benyttes sammen med vannføringsdata i beregning av tilførsler til sjøen. Begge metoder har sine styrker og svakheter.

Teotil-modellen har sin styrke i å reflektere kildefordelingen, dvs. hvilke kilder bidrar mest til det samlede utslippet og hvordan utslippet fra ulike kilder utvikler seg over tid. Teotilmodellen reflekterer i mindre grad mellomårslige forskjeller som skyldes klimatiske forhold.

Elvetilførselsprogrammet gir et godt bilde av tilførslene i de hyppigst målte vassdragene og viser også variasjoner i stofftransporten gjennom året. De hyppig målte elvene utgjør imidlertid ikke hele nedbørfeltet til Ytre Oslofjord og det er vanlig å kombinere ovennevnte metoder for å estimere de samlede tilførsler til Ytre Oslofjord.

## 2.2 Hydrografi og hydrokjemi

Overvåkningsprogrammet for de frie vannmasser skal fremskaffe informasjon om miljøtilstanden og tilførsel med fokus på næringsalter (eutrofiering). Observasjonene skal danne grunnlag for senere å kunne validere modeller for området.

### Stasjoner for prøvetakning

Ved valg av stasjonsnett ble det tatt utgangspunkt i tidligere benyttede stasjoner, influensområde for større vassdrag, andre overvåkningsprogrammer i området, spesifikke ønsker fra oppdragsgiver og tilgjengelig kunnskap. Stasjonene kan deles inn i de som dekker de *sentrale* delene av hovedfjorden og stasjoner som gir en dekning i *randsonen*. Stasjonene i Grenland er inkludert som *sentrale* stasjoner. (Figur 9).

### Prøvetakningsdyp

Ved de sentrale stasjonene har det vært gjennomført prøvetakning for kjemiske analyser i hele den vertikale profilen (ICES standarddyp) på våren, sommeren og høsten i perioden 2007-2010. I 2011 ble prøvetakningsdypene ved de sentrale stasjonene redusert til kun å dekke 2m, 20m og største dyp. Unntaket er Grenland der vertikale profiler er videreført i samarbeid med Sukkertareovervåkingen (Håøyfjorden og Breviksfjorden) i regi av Klif. I vinter- og sommerperioden har prøvetakningen vært foretatt med Ferrybox systemet i 4-5 m dyp i hele overvåkningsperioden ved OF stasjonene 1, 2, 4, 7. I randsonen er det prøvetatt for kjemiske analyser på 2 og 20m dyp, mens prøvetakningen for oksygen har vært fra største dyp. For fysiske parametre (se nedenfor) har man benyttet sonde som dekker hele vannsøylen fra overflaten til største dyp.

*FerryBox-systemet.* NIVAs Ferrybox har vært operativ i Oslofjorden i 10 år. Color Line har vært operatør av linjen og fartøyene Color Festival, Prinsesse Ragnhild og nå Color Fantasy har operert linjen. Systemet består av ett gjennomstrømningssystem med vanninntak på 4 m hvor det er plassert sensorer for temperatur, salinitet og klorofyll-a fluorescens og turbiditet. Målingene gjøres hvert minutt tilsvarende ca hver 500 m og er tilgjengelige i sann tid. I tillegg finnes en viktig prøvetagningsenhet hvor vannprøver kan utløses på posisjoner, i dette programmet ved OF 1, 2, og 7 stasjonene. Prøver samlet inn med denne enheten har vært benyttet til kjemiske (næringsalter) og biologiske analyser

### Parametre

Man kan dele de ulike parameterne i tre hovedkomponenter: fysiske, kjemiske og biologiske. I overvåkningsperioden 2007-2011 er parameterlisten fra forrige overvåkningsperiode (x-y) opprettholdt. Denne har i stor grad vært identisk med andre overvåkningsprogrammer og muliggjør sammenligning på tvers av programmene.

*Fysiske parametere* (saltholdighet, temperatur, siktdyp). Prøvetakning av de fysiske parametere ble foretatt på alle stasjoner. Ved stasjoner hvor det tas prøver i flere dyp vil disse parametrene samles inn som full vertikal profil. På stasjoner hvor kun ett dyp inngår (Ferrybox) vil disse parameteren kun forligge for ett dyp (ca 5m). Ved innsamling benyttes det kalibrerte CTD-sonder (måler saltholdighet, tetthet og temperatur). Ved bruk av mindre fartøy er dataene fremskaffet med bruk av en mini-STD (måler saltholdighet, tetthet og temperatur). Siktdyp ble målt ved alle stasjoner ved bruk av Secchi-skive, med unntak av Ferrybox-stasjonene.

*Kjemiske parametere* (nitrat, nitritt, fosfat, silikat, total nitrogen, total fosfor og oksygen). Vannprøver for kjemiske data ble samlet inn i standarddyp (ICES) som gir en vertikal profil, eller i ett eller et fåtall

utvalgte dyp. Innsamlingsstrategi varierer mellom stasjonene og dekningstidspunkt. Vannprøvene samles inn ved hjelp av vannhentere eller ved bruk av Ferrybox-systemet. Oksygen analyseres ikke fra Ferrybox-prøver.

*Biologiske parametere.* (klorofyll-a, klorofyll-a fluorescens og kvalitative og kvantitative prøver for planteplankton). I forbindelse med innsamling av fysiske parameter ved hjelp av CTD-sonde blir også klorofyll-a fluorescens målt kontinuerlig. Fluorescensdata gir informasjon om den relative fordelingen av fotosyntetiserende planteplankton. For at disse dataene skal benyttes for å estimere klorofyll-a mengden må sondenes fluorescensdata kalibreres mot faktiske målinger av klorofyll-a. Prøver for bestemmelse av klorofyll-a ble samlet inn fra de samme dydene som kjemiske parametere ned til 30 m. Mengden klorofyll-a bestemmes fluorometrisk basert på metoder beskrevet i Holm-Hansen *et. al* (1965). For randstasjonene, Grenland og enkelte deknings av OF stasjonene ble analysene foretatt av Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium i Flødevigen. NIVA's kjemilaboratorium var ansvarlig for analysene av prøver fra FerryBox systemet og ekstra sommerdekning i Hvaler. I overvåkingen av planteplankton ble det i sommerperioden samlet inn materiale for kvalitative og kvantitative analyser. De kvalitative prøvene benyttes for å gi en oversikt over tilstedeværelsen av ulike arter eller slekter.

*Miljøklassifisering* (tilstandsklassifisering). Det er foretatt en miljøklassifisering av de ulike stasjonene i overvåkningsprogrammet i henhold til veileder SFT 1997:03 (Molvær 1997). For perioden 2007-2011 er det benyttet data fra 5 meters dyp for OF stasjonene og i Grenland, mens 2 meters dyp er benyttet i randsonen. Dette er gjort for å kunne sammenligne mellom stasjoner og data fra ulike overvåkningsplattformer. Det er foretatt klassifisering i henhold til vinter- og sommersituasjon for de kjemiske parameterne. Vinterverdien vil si noe om konstante tilførsler til en stasjon, mens sommerverdiene sier noe om mer lokale tilførsler og inkluderer biologiske prosesser og parametere. Klassifiseringen av oksygen er basert på data fra bunnvannet om høsten/ tidlig vinter, da dette er tidspunktet hvor en forventer ha de laveste konsentrasjoner. I klassifiseringen for perioden 2007-2011 er det korrigert for ulike saltholdigheter i henhold til Molvær (1997). Klassifisering for perioden 2001-2005 er hentet fra Femårsrapporten for 2001-2005 (DNV 2006). DNVs klassifisering er ikke korrigert for saltholdighet, og det er her gitt én samlet klassifisering for perioden 2001-2005.

## 2.3 Planteplankton

Planteplankton er mikroskopiske encellede planter som svever fritt i vannmassene og utnytter tilgjengelige næringsalter og lys til sin vekst. I og med at de fleste utfører fotosyntese er de avhengige av lys for å vokse. Planteplankton er av den grunn primært knyttet til de øvre vannlagene. Hvor dypt planktonproduksjonen vil finne sted avhenger av en rekke prosesser knyttet til svekning av lyset og lysets mulighet til å trenge ned i vannet. Planteplanktonproduksjonen i seg selv vil også kunne påvirke (eks oppblomstringer og missfarging av vannet) lysregimet i de enkelte dyp. I områder med stor tilførsel av humus, gjennom ferskvannstilførsel, vil lysforholdene ofte være dårlig og det registreres lave til moderate mengder av planteplankton i den nære påvirkningssonen.

Planteplanktonvekst, og biomasseøkning, vil også kunne styres av de fysiske forholdene, først og fremst stabilitet i vannsøylen. Stabiliteten er i de kystnære områdene styrt av ferskvannstilførsel. Tilførsel av ferskvann medfører etableringen av et stabilt overflatelag hvor planteplanktonbiomassen kan øke dersom øvrige forhold ligger til rette for vekst. Næringsalter er helt nødvendig for planteplankton produksjon. Ulike funksjonelle grupper i planteplanktonet vil ha ulike behov for næringsalter, og i perioder av året vil konkurransen om næringsstoffer være stor. Alle grupper av planteplankton er avhengig av nitrogen og fosfat, mens gruppen "kiselalger" i tillegg må ha tilgang til silikat. Næringsalter er naturlige komponenter av sjøvann og viser i likhet med planteplankton betydelige sesongmessige variasjoner, styrt av tilførsler, forbruk og regenerering. Hvilke tilførselprosesser som er viktigst vil variere mellom områdene i Ytre Oslofjord og tid på året. I de åpne områdene vil omrøring av vannmassene, spesielt på vinteren og våren, føre med seg balanserte mengder av alle næringsalterene. Utover våren og sommeren vil omrøringen avta og tilførsel til overflatelaget fra omkringliggende områder vil være viktigere kilder. I



områder påvirket av avrenning fra større vassdrag vil ferskvannstilførsel bidra med næringssalter, først og fremst silikat og nitrogen, og et stabilt overflatelag som kan gi gode betingelser for økt algevekst.

Mange av de samme faktorene som styrer biomassen vil også kunne påvirke sammensetningen av arter i planteplankton. Det er f.eks en rekke arter som defineres som ”brakkvannsalger” og som kun registreres i vannforekomster med tilførsel av ferskvann. I slike områder vil man kunne observere gradienter, der disse artene er mer tallrike i de indre ferskvannspåvirkede delene med avtagende mengder utover. På den andre siden har man arter som har lav toleranse for ferskvann (brakkvann), som primært registreres i de ytre og åpne delen av fjordområdet. Sammensetningen av næringssalter vil også kunne være styrende. Kiselalger dominerer ofte områder med jevn tilførsel eller høye konsentrasjoner av silikat.

#### Bruk av planteplankton som indikator

Planteplanktonproduksjon (biomasse) i Oslofjorden har vært studert en rekke ganger. Studier fra 30-tallet og 60-tallet viste at det var en sammenheng mellom mengden næringssalter tilført, primært knyttet til kloakkutslipp, og forekomsten av planteplankton (Braarud & Bursa 1939, Braarud og Nygaard 1967, Tangen 1985). Oppblomstringer av *Skeletonema costatum* og større dinoflagellater i sommerperioden ble trukket frem som indikasjon på overgjødning i deler av Oslofjorden. I senere tid har man ikke benyttet disse, eller andre, som indikatorer for eutrofiering. Vurderinger av planteplanktonets sammensetning og forhold har svært liten grad blitt benyttet til tilstandsvurdering, til tross for at OSPAR i lengre tid har hatt en liste med potensielle indikatorarter for eutrofiering. Årsaken til dette er flere, blant annet har det vært mye diskusjon omkring utvalgte arter på OSPAR’s liste, men også økologiske og metodiske utfordringer ved innsamling og tolkning av slike data. Planteplanktonets vekstdynamikk med raske endringer i biomasse og sammensetning, utpreget flekkvis fordeling og stor påvirkning fra fysiske og kjemiske forhold medfører et behov for høy frekvens i prøvetakingen for i sikre tilstrekkelig utsagnskraft i dataene. I dag foreligger det ingen klare vurderingskriterier for indikatorarter eller algesamfunn, verken hos OSPAR, Klif eller i forbindelse med EU’ rammedirektiv for vann. Inntil det foreligger gode vurderingskriterier vil tilstandsvurderingen basert på planteplankton knyttes til mengde klorofyll-a (et mål for planteplanktonbiomasse) og klassifiseres i hht Molvær (1997). I denne rapporten er vurderingen av planteplanktonets sammensetning og -mengde basert på faglig skjønn og med fokus på å beskrive forskjeller og ulikheter mellom ulike områder i Ytre Oslofjord. I denne rapporten er det valgt å fokusere på plankton i sommerperioden. Dette er den perioden av året med minst naturlig variasjon og da lokale forhold vil ha størst betydning, og den perioden som overvåkningsprogrammet har mest systematiske data fra.

## **2.4 Hardbunn – fastsittende alger og dyr**

Dyr og alger i fjæra er utsatt for store svingninger i temperatur og saltholdighet, samtidig som de tørres ut i lavvannsperioder. Fjell og større stabile stein i fjæresonen har vanligvis et stort utvalg av tang, småvokste alger og fastsittende fjæredyr. Utvalg og mengde av de ulike artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Naturlige faktorer som påvirker artssammensetningen lokalt er bølge/strøm-eksponeringsgrad, ferskvannspåvirkning, substrattypen og himmelretning.

Sammenhengen mellom observerte endringer i samfunnsammensetning og årsaken til disse er ofte uklar. En vet at svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på organismesamfunnet i fjæra ved at artsrikdommen øker (gjødningseffekt). Ved høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil de negative effektene dominere. Noen få tolerante arter blir begunstiget og øker i mengde på bekostning av artsrikheten. Det er særlig små blad- og trådformete grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter.

En endring av algesammensetningen vil også påvirke den assosierte fauna siden mange av dyreartene i fjæra er avhengige av et godt utviklet tangbelte.

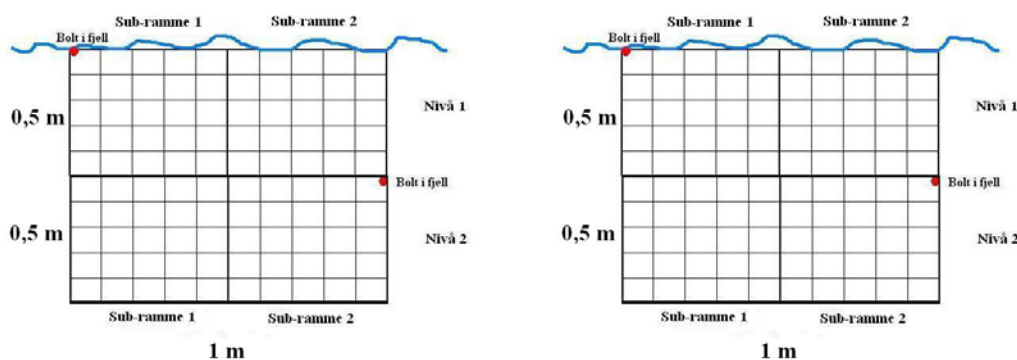
Det er i hovedsak brukt to ulike metoder for overvåkingen av dyr og alger på hardt substrat (fjell og stein); rammeregistreringer på grunt vann og dykkeregistreringer (transekt). Begge metodene undersøker

forekomsten av fastsittende og langsomt bevegelige (f.eks. krabber, snegl) organismer. I alt ble det foretatt rammeregistreringer på 25 stasjoner og dykkeregistreringer på 12 stasjoner (Tabell 1). I Hvalerområdet er det i tillegg gjennomført enklere strandsonundersøkelser på noen få stasjoner i 2009-2011. Disse undersøkelsene ble utført ved snorkling langs en strandlinje på ca. 20 meter, i en tidsbegrenset periode på ca. 15 minutter.

Tabell 1. Antall stasjoner på hardbunn som er undersøkt i overvåkingsperioden. Strandsonestasjonene ligger i Hvalerområdet og har vært en ekstrabestilling fra Borregaard AS.

	2007	2008	2009	2010	2011
Rammer	25		10	24	
Transekt	12			11	
Strandsone			3	3	4

Rammeregistreringene foregikk på to nivåer. Nivå 1 var plassert i øvre del av rurbeltet og strakk seg 0,5 m ned. Nivå 2 var plassert like under nivå 1. Det ble foretatt registreringer i 2 rammer på hvert nivå (Figur 3).



Figur 3. Skjematisk tegning av rammene og deres plassering i fjæra. Se tekst for nærmere beskrivelse.

Ved transektundersøkelser registreres forekomst av fastsittende alger og fastsittende eller lite mobile dyr langs en linje fra nedre voksegrense for alger, eller maksimum 30 m dyp, og opp til overflaten ved hjelp av dykking. Registreringen blir foretatt annenhver dybdemeter opp til 4 meters dyp, hvor det så blir foretatt registreringer hver dybdemeter. Artsregistreringen er semi-kvantitativ ved at artens forekomst blir angitt etter en 4-delt subjektiv skala: enkeltindivider, sjelden, vanlig eller dominerende.

## 2.5 Bløtbunn – sedimentkvalitet og faunatilstand

I marine områder har bunnens dyreliv, og særlig bløtbunnsamfunnene, i mange tiår blitt brukt som indikatorer på miljøtilstand og har vist seg å være et nyttig verktøy for å beskrive den økologiske status på lokalitetene. Det har samtidig foregått en kontinuerlig utvikling og forbedring av metodene som brukes til å beskrive og klassifisere tilstanden i bløtbunnsamfunn.

Bløtbunnsamfunn er rike på arter. Endringer i strukturen i bløtbunnsamfunn (bl.a. antall arter, antall individer og diversitet) gjenspeiler derfor den sammenlagte respons hos mange arter og forsterker på den måten signalet fra forurensningspåvirkninger eller andre forstyrrelser. Disse stedbundne organismesamfunnene er representative for den lokale miljøtilstand og fanger opp svingninger i leveforholdene over tid.

En kan anta at de kommunale utslippene potensielt påvirker bløtbunnsfaunaen gjennom organisk belastning, enten direkte ved utslipp av organisk materiale eller sekundært via å tilføre næring til plankton som senere sedimenterer. Hvis vannutskiftningen er begrenset, kan også oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet bli lav som følge av at nedbrytning av det organiske materialet forbraker oksygen. Det kan i forbindelse med kommunale utslipp også være noe utslipp av metaller og organiske miljøgifter. I deler av resipientområdene er sedimentene forurenset av miljøgifter, vesentlig som følge av industrielle utslipp. Hvis konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene er høye, f.eks. av kobber eller PAH, kan det også påvirke faunaen.

Prøvene av kvantitativ bunnfauna (infauna) ble innsamlet med 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bunngrabb. På hver stasjon ble det tatt tre parallelle prøver. Identifiseringen er i hovedsak utført til artsnivå og bunnfaunaen i prøvene karakteriseres ved totalt antall arter, antall individer av hver av artene og sum antall individer, artsmangfold (=diversitet) og artssammensetning.

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sedimenter og bløtbunnsfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste desimeter av sedimentet. Et digitalt kamera med blitz er montert i et vannrett hus på en rigg med tre ben. Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ca. 20 cm ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil hvilket til sammen utgjør prismet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Resultatet blir digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet. På hver stasjon er det blitt tatt tre parallelle SPI-bilder.

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunagang og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. Indeksen varierer på en skala mellom 0 og 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson og Rosenbergs klassiske modell for faunaens suksessjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (Rosenberg m. fl. 2004):

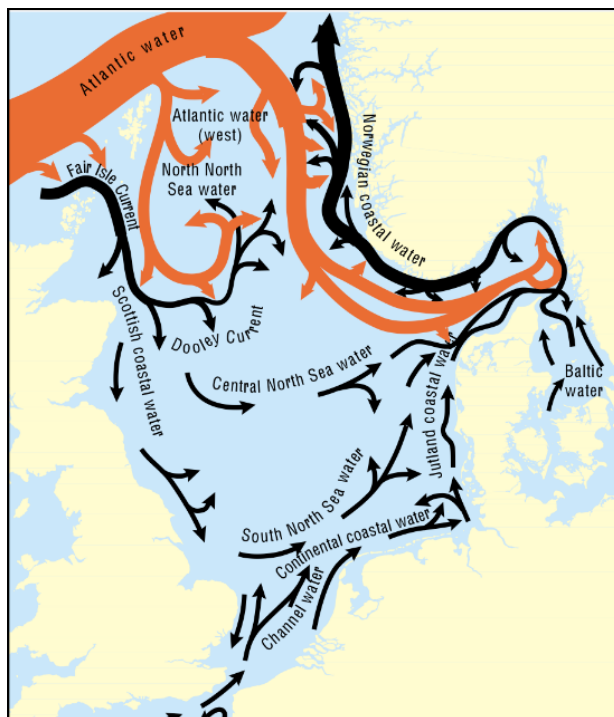
Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
-----------	-----	------------	--------	--------------

Metoden inngår per i dag ikke som en ordinær parameter under Vanddirektivet ved klassifisering av økologisk tilstand hos bunnfauna.

### 3. Tilstand og utvikling i undersøkelsesområdet

#### 3.1 Tilførsler av næringsalter fra sørlige deler av Nordsjøen

Strømmønsteret i Nordsjøen (Figur 4) har en stor betydning for hvordan næringsalter transporteres til norske kystområder.



Figur 4. Skjematiske strømmønster i Nordsjøen. Pilens tykkelse indikerer volumtransporten. Røde piler indikerer atlantisk vann. Etter Turrell et al. 1992.

Mengden næringsalter i sjøen påvirkes av flere forhold. De viktigste er tilførsler og biologiske prosesser (planteplanktonets forbruk). Langtransporterte tilførsler av næringsalter til den norske kyststrømmen fra sørlige deler av Nordsjøen er redusert i perioden 2000-2007 (Aure et al. 2010; Norderhaug et al. 2010). Årsaken er nedgang i næringsaltutslipp til Tyskebukta og mindre transport av vann fra sørlige Nordsjøen til vår kyst. Etter 1995 ble midlere nitratverdier i Tyskebukta i vinter-vår perioden redusert med ca. 40 %. Dette førte til at midlere nitratverdier i kystvannet i indre Skagerrak og i Ytre Oslofjord (5-30 m) i samme periode ble redusert med 25-30 %, mens nitratverdiene i 0-5m i ytre Oslofjord ble redusert med ca. 15 %. Aure et al. (2010) har beregnet hvor stort bidrag langtransporterte næringsalter utgjør i ulike deler av Ytre Oslofjord i sommer- og vinterhalvåret (Tabell 2):

**5-30m dyp:** For perioden fra desember til april (vinterhalvåret) 1996-2006 bidrog Tyskebukt vann i middel med ca. 60 % nitrat i ytre del og med ca. 45 % i den indre del av Ytre Oslofjord, mens det lokale bidraget var ca. 12 % i ytre del og 30 % i indre del. I perioden fra mai til november var de midlere langtransporterte nitrat- og fosfatverdiene betydelig lavere, mens det lokale bidraget økte til henholdsvis ca. 30 og 75 % i ytre og indre deler. For fosfat var bidraget fra lokale kilder i samme periode 20 - 50 %.

**0-5m dyp:** I overflatevannet (1996-2006) var det i perioden desember til februar et midlere lokalt bidrag av nitrat og fosfat til Ytre Oslofjord på henholdsvis ca. 40 og 20 %, mens resten ble blandet inn fra dypere

vannlag. I middel for perioden fra juni til august var lokale tilførsler dominerende med bidrag på ca. 80 % for nitrat og ca. 65 % for fosfat.

Tabell 2. Næringsstofftilførsler til Ytre Oslofjord; fordeling (%) mellom lokale kilder og vann fra Tyskebukta/kystvann. Se også tekst ovenfor. Data fra Aure et al. 2010.

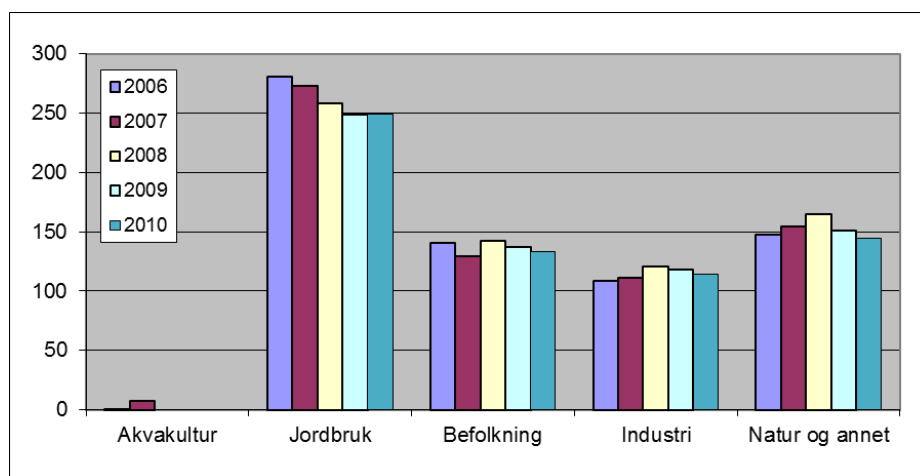
Ytre Oslofjord	ytre del		indre del	
5-30m	Tyskebukt vann	Lokale kilder	Tyskebukt vann	Lokale kilder
Nitratbidrag sommerhalvår	lavt	30	lavt	75
Nitratbidrag vinterhalvår	60	12	45	30
0-5m*	Kystvann	Lokale kilder		
Nitratbidrag sommerhalvår	10	80		
Nitratbidrag vinterhalvår	30**	40		
Fosfatbidrag sommerhalvår	25	65		
Fosfatbidrag vinterhalvår		20		

\*gjelder for både indre og ytre del av Ytre Oslofjord, \*\*Tyskebukt vann

I løpet av vinteren vil vannmassene blandes, slik at næringsalter føres fra dypere vannmasser opp til overflaten. Man vil da ha relativt homogene forhold fra overflaten til bunnen. Så snart det skjer en stabilisering av vannmassene (endring i saltholdighet) ligger forholdene til rette for en økt produksjon av planteplankton. Planteplanktonet utnytter tilgjengelige næringsalter, sollys og karbondioksid for å bygge biomasse. Økt produksjon av planteplankton vil føre til en kraftig reduksjon i mengden næringsalter, noe som er spesielt tydelig i forbindelse med våroppblomstringen. Etter at våroppblomstringen har utnyttet de "naturlige" mengdene næringsalter vil konsentrasjonen være lav i et upåvirket område. Dersom man registrerer økninger i næringsstoffkonsentrasjonen i løpet av sen vår og sommer er dette et resultat av tilførsel fra utenforliggende områder eller ved avrenning fra land.

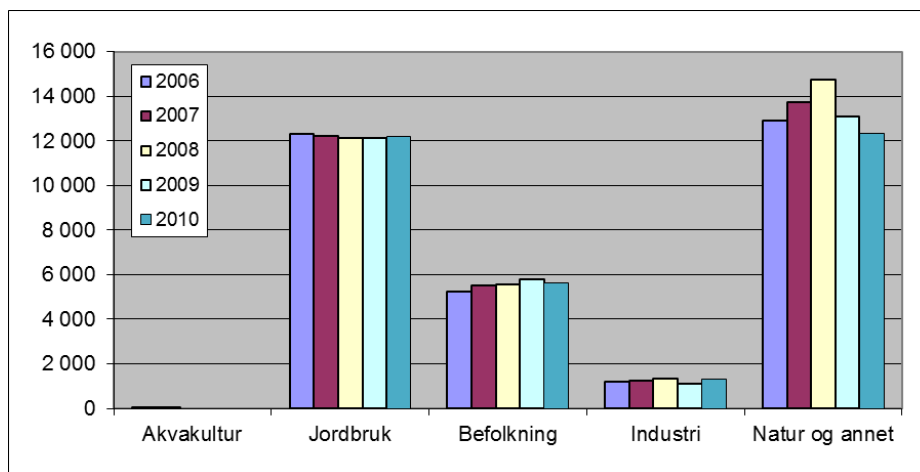
### 3.2 Kildefordelte lokale tilførsler til Ytre Oslofjord

De årlige kildefordelte tilførslene til hele Ytre Oslofjord fremgår av Figur 5 og Figur 6. Når det gjelder tilførsler av fosfor (Figur 5) er jordbruket den største kilden. Befolkning (rensesanlegg og spredt bosetting), Industri og bakgrunnsavrenning («natur og annet») er forholdsvis like. Det kan se ut som det har vært en liten reduksjon i fosfortilførsler fra jordbruket i perioden. For punktkildene befolkning industri og befolkning er det noe usikkerhet i grunnlagsmaterialet og vi har ikke informasjon som tyder på vesentlige endringer i tilførslene fra disse gjennom de siste fem år.



Figur 5. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden.

Når det gjelder nitrogen (Figur 6) ligger tilførslene fra jordbruket på samme nivå som bakgrunnsavrenningen. Industrien er den desidert minste kilden til tilførsler av nitrogen. Tilførsler av nitrogen fra befolkningen ligger på omtrent halve nivået av hhv. Jorbruket og bakgrunnsavrenningen. Det er ingen påviselige trender i utviklingen av tilførsler av nitrogen fra de menneskeskapte kildene.



Figur 6. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av nitrogen (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Inkluderer avløpsanlegg og industrianlegg med direkte utslipp til fjorden.

### 3.3 Målte tilførsler via elver

Områdene rundt ytre Oslofjord drenerer store deler av Østlandet. De fire store elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva inngår i det statlige elvetilførselsprogrammet der konsentrasjoner av næringsalter og utvalgte miljøgifter måles en gang pr. måned eller hyppigere i flomperioder. Dette kombineres med vannføringsdata og det lages årlige stofftransporter for disse fire vassdragene. I regi av elvetilførselsprogrammet tas det også prøver i andre vassdrag, men med en vesentlig lavere frekvens. Det forekommer også elveovervåking av andre aktører (f.eks. Enningdalselva, Haldenvassdraget og Mosseelva), men dette presenteres ikke her.

Elvetilførselsprogrammet har pågått siden 1990 og i Tabell 3 er det angitt hva som er tendensen i materialet fra de ulike vassdragene. Når det gjelder nitrogen er det få tydelige trender i stofftransporten i vassdragene. Basert på det foreliggende prøvetakingsprogrammet har 20 år med målinger i vassdragene vist at Skienselva trolig har en signifikant reduksjon i transport av nitrogen i perioden, mens Numedalslågen trolig viser en økning. Øvrige vassdrag viser ingen endring i stofftransporten gjennom disse årene. Når det gjelder fosfor er det ikke angitt noen signifikant endring i samme periode.

Stadig nedbør fra september til november 2000 førte til storflom både på Sør- og Østlandet. Når det gjelder år 2000 skriver bl.a. Glommens og Laagens brukseierforening:

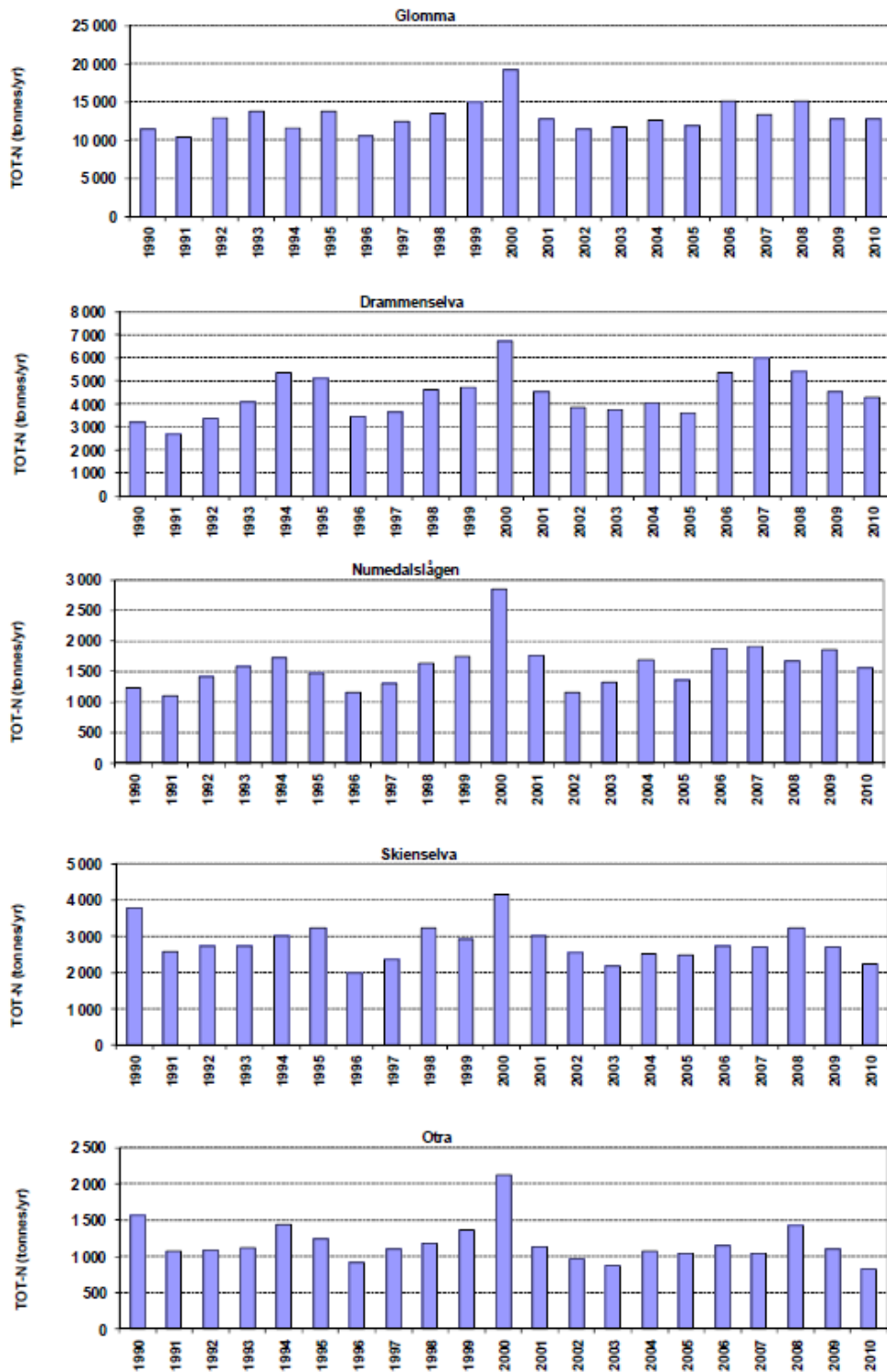
"De ekstreme nedbørmengdene over Østlandet i oktober og spesielt november er for mange lokaliteter de høyeste som noen gang er målt. Også temperaturen var unormalt høy til langt ut i desember. Årsaken til de unormale forholdene var et kraftig og stabilt høytrykk over Russland mens lavtrykkene kom inn over England."

Utviklingen i vassdragene rundt Oslofjorden er ikke vesentlig forskjellig fra andre vassdrag. I Figur 7 og Figur 8 vises utviklingen i Otra som et eksempel på dette.

Tabell 3. Beregnede trender for 9 norske elver mht. vannføring, næringsalter og partikulært materiale for perioden 1990 til 2010. Fargen angir hvor tydelig trenden er (Skarbøvik et al. 2011).

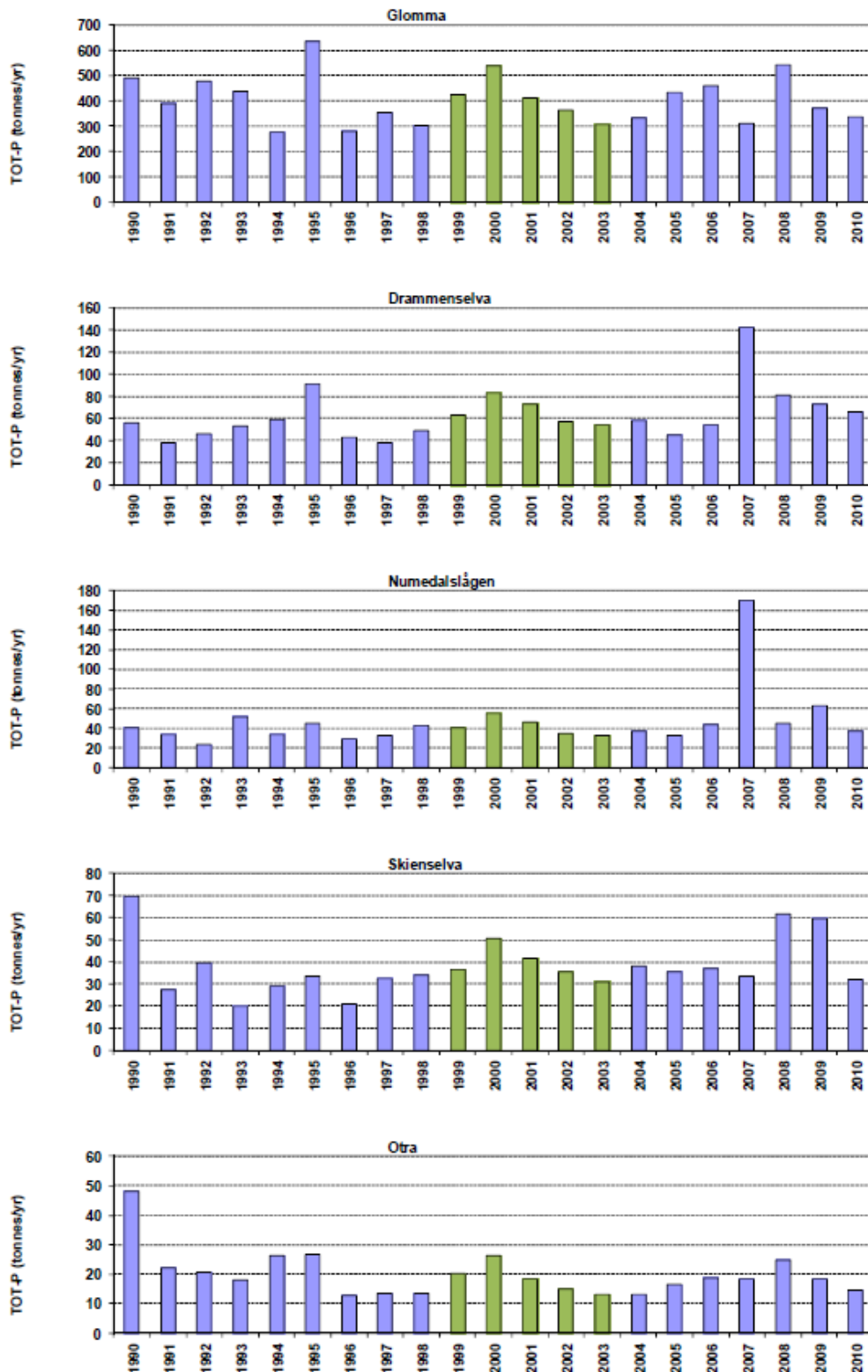
River	Water discharge	SPM	PO <sub>4</sub> -P	TOT-P	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TOT-N
		(k tonnes/yr)	(tonnes/yr)				
Drammenselva	364.49	0.45	0.54	1.10	22.86	-2.08	61.01
Skienselva	255.81	0.20	0.32	0.52	-32.79	-1.22	-18.20
Otra	-35.74	-0.15	-0.01	-0.21	-17.38	-0.20	-7.40
Numedalslågen	98.06	0.44	0.37	0.54	7.41	-0.04	22.01
Glomma at Sarpsfoss	385.15	-2.84	0.66	-1.27	33.72	-17.38	82.80
Orkla	11.56	-0.03	0.00	0.05	1.40	-0.41	4.59
Altaelva	18.71	-0.12	-0.43	-0.78	-4.55	-0.37	-8.79
Vefsna	-120.89	-0.45	-0.37	-0.81	-10.78	-4.48	-31.83
Orreelva	1.93	0.05	-0.01	0.18	-1.19	-0.29	1.01

Upward trend	p-value	Downward trend
+	0.005 < p < 0.05	-
++	0.0005 < p < 0.005	--
+++	p < 0.0005	---



Figur 7. Målte elvetilførsler av total-nitrogen i det statlige elvetilførselsprogrammet i perioden 1990 til 2010. Hentet fra Skarbøvik et al. 2011. Otra er tatt med i denne figuren som en illustrasjon på utviklingen i et annet større vassdrag i Sør-Norge.

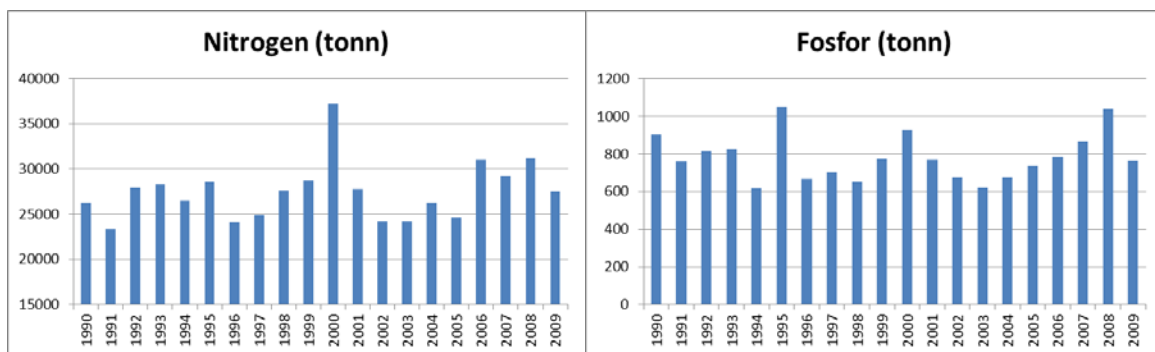




Figur 8. Målte elvetilførsler av total-fosfor i det statlige elvetilførselsprogrammet i perioden 1990 til 2010 (Skarbøvik et al. 2011). År med interpolerte verdier er angitt med grønn farge (målte data fra denne perioden er tatt ut av tidsserien pga avvikende metodikk). Otra er tatt med i denne figuren som en illustrasjon på utviklingen i et annet større vassdrag i Sør-Norge.

### 3.4 Samlede årlige tilførsler til Ytre Oslofjord

Totale tilførsler av nitrogen og fosfor ses i Figur 9. Når man skal etablere en tidsserie over samlede tilførsler til Ytre Oslofjord som reflekterer de reelle tilførsler må man kombinere ulike datatyper/datakilder og sikre at de mellomårlege klimavariasjonene inkluderes. Mesteparten av Ytre Oslofjords nedbørfelt fanges opp gjennom elveovervåkingen. Virkelig målte verdier er trolig det beste man har selv om prøvetakingsfrekvens en gang pr. måned gjør at en del episodiske hendelser ikke fanges opp. For de områdene som ikke dekkes av elveovervåkingen (nedstrøm målepunktene) og landområdene mellom de store vassdragene må man bruke en annen tilnærming og her har vi supplert elvemålingene med de teoretiske beregningene fra Teotil. Teotil-beregningene har som beskrevet tidligere ikke klima variasjon i særlig grad, men her overskygges dette av de målte tilførslene som er vesentlig større.



Figur 9. Totale tilførsler av nitrogen og fosfor (tonn/år) fra landsiden i Ytre Oslofjord. Dette bygger på målinger i hovedvassdragene (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva) og Teotil-beregninger for arealer som ikke er dekket av de målte vassdragene.

### 3.5 Vannkvalitet i sentrale deler av fjorden

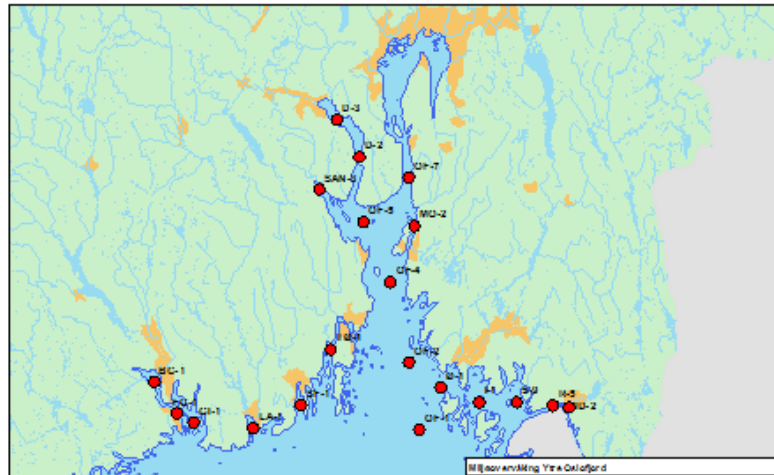
Plasseringen til samtlige stasjoner som undersøkes for vannkvalitet i Ytre Oslofjord er vist i Figur 10. Detaljert informasjon om stasjonene og de parametre og dyp som undersøkes er gitt i de Fagrapporter som gis ut i forbindelse med overvåkingen ([www.ytre-oslofjord.no](http://www.ytre-oslofjord.no)).

#### 3.5.1 Tilstandsklassifisering

De sentrale stasjonene i Ytre Oslofjord (OF-stasjonene, Figur 10) har generelt vist God og Meget god vannkvalitet i perioden 2001 til 2011 (Tabell 4), men med noe bedre tilstand på de ytre enn på de indre stasjonene. Et klart unntak er siktdyp som for det meste har tilsvart Mindre god tilstand. Nitratverdiene på de sentrale stasjonene vinterstid har i perioder også vist Mindre god tilstand, men i de siste par år har tilstanden vært God eller Meget god. Vinterverdiene ved OF-stasjonene har blitt bedre i de siste par år, med Meget god vannkvalitet i 2011, unntatt i Breiangen hvor den var God.

Tabell 4 viser at det er en viss gradient fra ytre stasjon (OF-1) til de indre områdene av fjorden (OF-7). For hele 10-årsperioden sett under ett er forholdene bedre i de ytre områdene enn i de indre i sommerperioden. Sammenlignet med overvåkningsperioden 2001-2005 er det generelt en bedring, basert på sommerverdiene, i de kjemiske forholdene (nitrogen- og fosfatkomponenter). Den eneste stasjonen som viste noe redusert tilstand i 2011 er stasjon OF-5 (Breiangen) der tilstandsklassen for total-nitrogen er Mindre God (III). Dette henger mest sannsynlig sammen med forhold inne i Drammensfjorden og transport fra denne ut i Breiangen. Den største forbedringen over tid har funnet sted vinterstid. Flere av stasjonene hadde i overvåkningsperioden forhøyede konsentrasjoner av nitrat, noe som resulterte i

tilstandsklasse Mindre God (III). De to siste årene er derimot forholdene betydelig bedre, og stasjonene kom i 2011 ut i tilstandsklasse Meget God (I) og God (II).



Figur 10. Vannmassestasjoner i Ytre Oslofjord. OF-stasjonene representerer de sentrale vannmassene.

Tabell 4. Vannkvalitet i sentrale vannmasser i Ytre Oslofjord gjennom overvåkingsperioden 2007-2011 (basert på snittverdi av sommerverdier og snittverdi av vinterverdier), og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (juni-aug)						Høst (sept-nov)	Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Silt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N
OF1	2001-2005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2007	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
OF 2	2001-2005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2007	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
OF 4	2001-2005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2007	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
OF 5	2001-2005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2007	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
OF 7	2001-2005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2007	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III

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

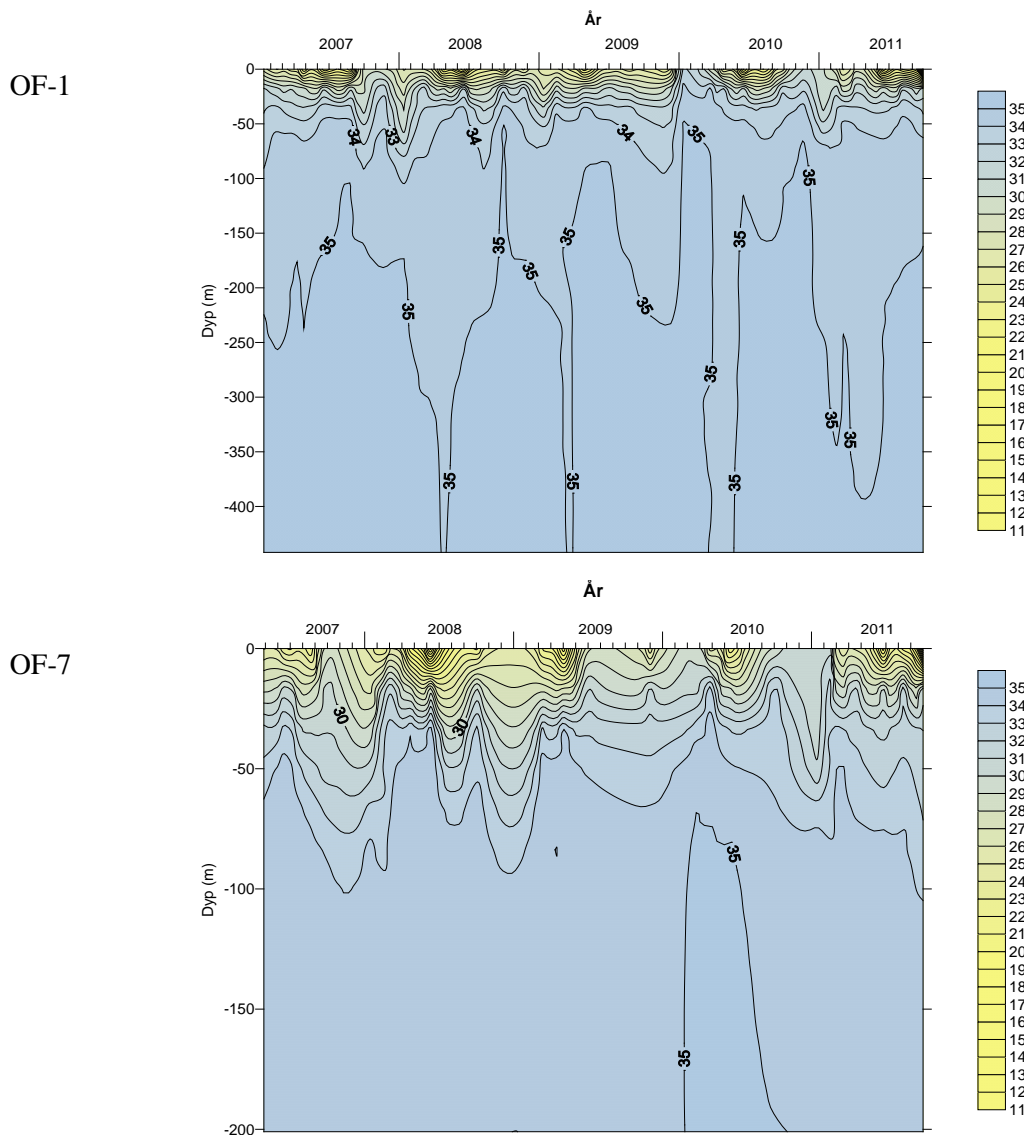
Tilstandvurderinger basert på mengden klorofyll-a gir, som for næringsalter, tilstanden Meget God til God. Og i likhet med næringsalter er det for klorofyll-a noe redusert tilstand innover i fjorden.

Oksygenforholdene i dypvannet i de ulike bassengene innover i Oslofjorden er generelt Meget God, en tilstand som har vært registrert i hele perioden. OF-5 i Breiangen avviker noe fra dette ved at tilstanden har variert fra Mindre God (III) til Meget God (I) i perioden 2001-2011. Dette kan skyldes de topografiske forhold (terskel) ved OF-5 som fører til en annen utskiftningsrate og prosesser her sammenlignet med de øvrige bassengene i ytre Oslofjorden. Den lokale pelagiske produksjonen (klorofyll-a) er omtrent som på de øvrige stasjonene i området, og for lav til å kunne forklare de observerte endringer i oksygenforholdene. Det kan ikke utelukkes at forhold i de innenforliggende områdene, særlig Drammensfjorden, i stor grad påvirker bassenget i Breiangen.

Siktdyp er den parameteren som skiller seg ut, hvor de sentrale stasjonene kommer ut i tilstandklasse Mindre God (III) til Dårlig (IV). Dette bildet passer ikke med de observasjoner som er gjort for planteplanktonproduksjon (klorofyll-a) eller næringsaltbelastning. Det er et betydelig bidrag av erosjonspartikler som tilføres fjordområdet som forårsaker nedsatt sikt i vannet, og ikke bare lokal planteplanktonproduksjon. Fjorden har et stort nedbørfelt (ref. Figur 1), er omgitt av landbruksområder og er resipient for noen av landets største elver, Drammenselva, Skienselva, Numedalslågen og Glomma. Tilførselen av partikler vil til en stor del være naturlig, og det bør vurderes om klassegrensene for siktdyp er egnet for eutrofi vurderinger av fjordområder som dette. Årsaken til den reduserte sikten bør undersøkes nærmere, da det er naturlig å anta at det er en betydelig sammenheng mellom de registrerte verdiene for nedre voksegrense for makroalger i Ytre Oslofjord og det siktdyp man har i fjorden. Nedre voksegrense for makroalger er et biologisk kvalitetselement under Vannforskriften.

### **Hydrografi i overvåkingsperioden**

Det er store forskjeller i saltholdighet fra ytre til indre deler av Ytre Oslofjord, og området påvirkes av ulike prosesser. I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i de to stasjonene OF-7 og OF-1 for å gi en beskrivelse av forholdene i overvåkingsperioden (Figur 10). OF-1 vil påvirkes av vannmasser i kyststrømmen, samt atlantiske- og Nordsjøvannmasser. I tillegg påvirkes overflaten i stor grad av Kattgatvann (den Baltiske overflatestrømmen) ferskvannstilførsel fra Hvalerområdet og fra indre deler av Oslofjorden. Ved OF-1 vil de atlantiske vannmassene normalt registreres dypere enn ca 150 meter. I enkelte år registreres atlantisk vann betydelige høyere i vannsøylen; vinteren 2009/2010 ble det registrert helt opp til 50m dyp (Figur 11). Dette var forårsaket av en massiv utskiftning av dypvannet der synkende Nordsjøvannmasser presset atlantiske vannmasser oppover i vannsøylen.

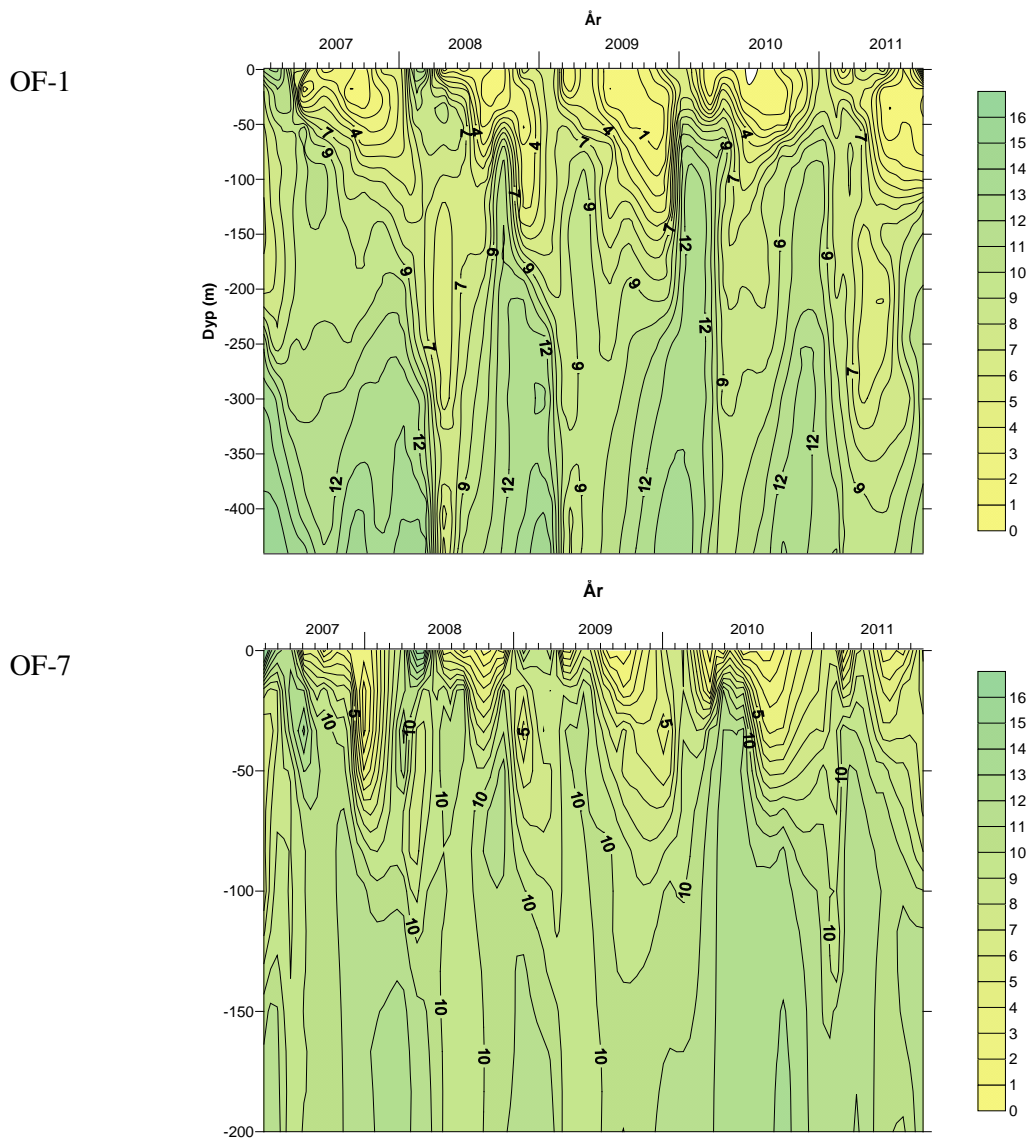


Figur 11. Saltholdighet i vannmassene på stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær og OF-7 ved Filtvet i perioden 2007-2011. Merk ulik skala (dyp) på y-akse.

Utskiftninger av denne typen vil påvirke næringssaltkonsentrasjon, da de hever næringsrikt dypvann til de intermediære dypene, som vist i Figur 12 for nitrogen på OF-1. Langtransporterte næringsalter (vann fra Nordsjøen) vil hovedsakelig påvirke de intermediære vannlagene i Ytre Oslofjord i perioden april-mai. I overvåkingsperioden har mengden langtransporterte næringsalter gått betydelig ned (kap. 3.1). Overflatlaget er i større grad påvirket av ferskvannstilførsel fra lokale elver, spesielt i sommerperiodene, og av vannmasser med sin opprinnelse fra Kattegat.

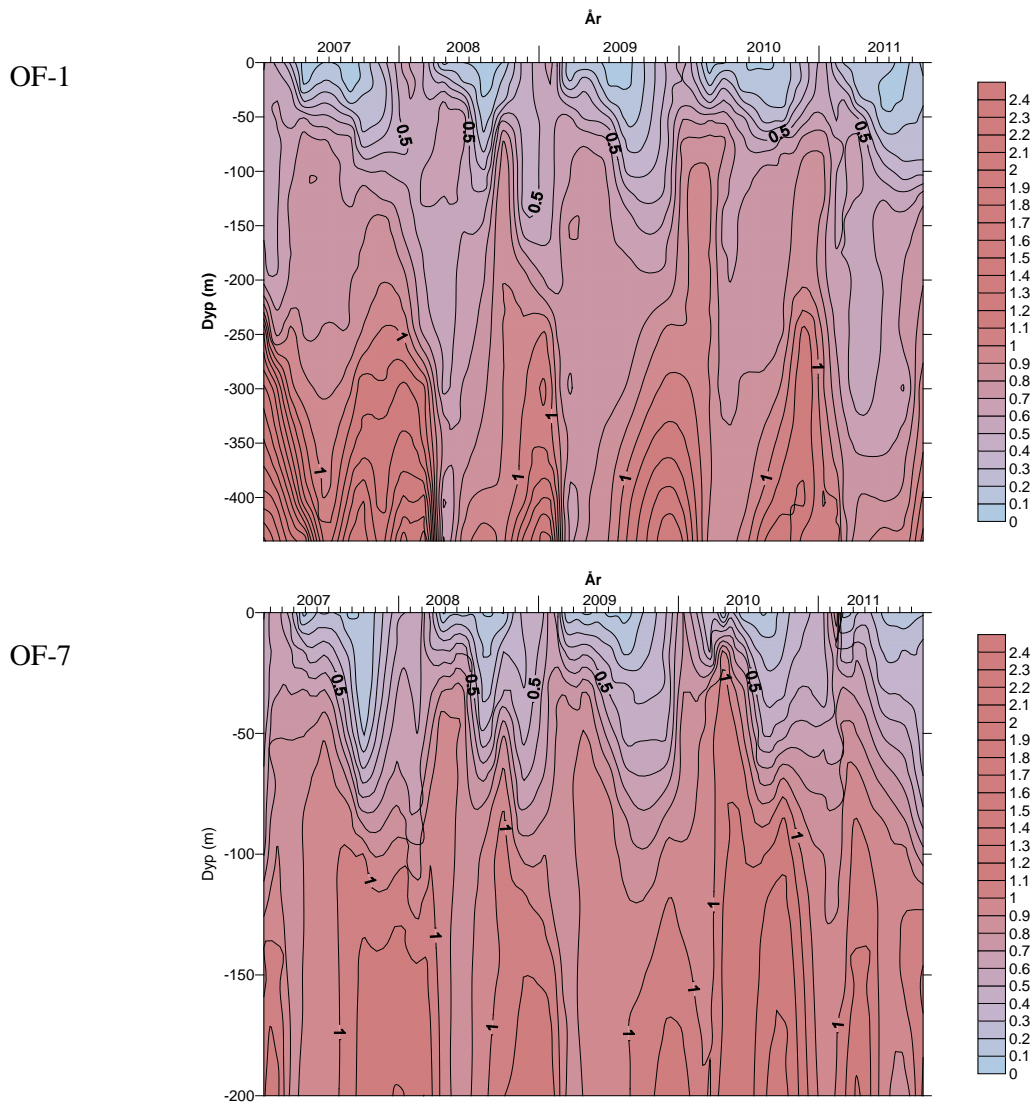
Dypvannet på OF-7 i Drøbaksundet (Figur 11) er primært vannmasser med sin opprinnelse fra Nordsjøen som i liten grad er påvirket av atlantiske vannmasser. Den markante utskiftningen av dypvannet i hele fjordsystemet vinteren 2009/2010 var imidlertid svært tydelig på denne stasjonen da det ble registrert atlantiske vannmasser fra ca 75m og dypere i store deler av 2010. Utskiftningen førte til at vannmasser rike på næringsalter ble transportert opp mot overflaten og gav noe høyere konsentrasjoner enn vanlig

(Figur 12). Ved OF-7 er det først og fremst tilførselen av ferskvann i de indre delene av fjorden som vil påvirke overflatelaget, og sammenlignet med OF-1 vil tilførsler til OF-7 være knyttet til avgrensede tidsperioder og ikke så jevnt gjennom året.

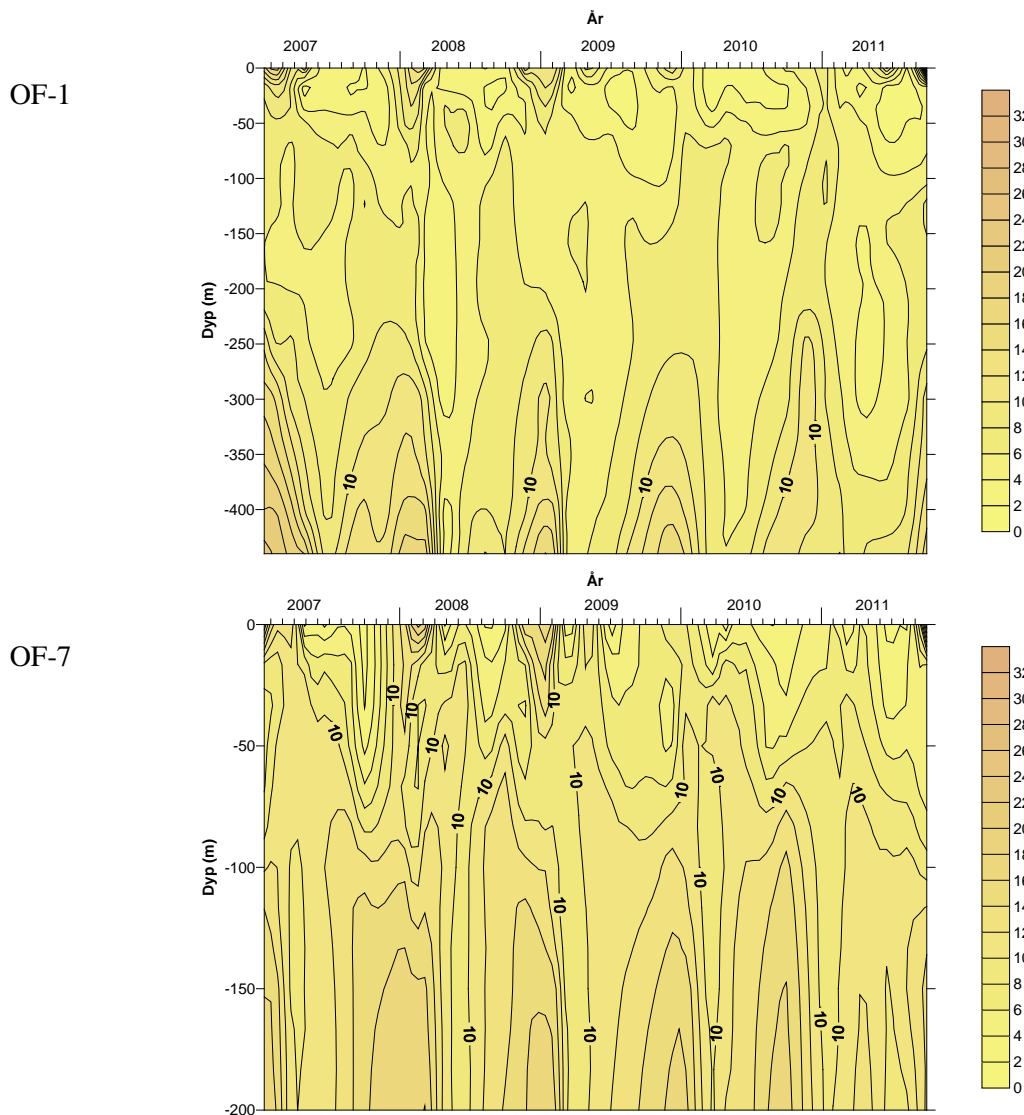


Figur 12. Nitrat ( $\mu\text{M/l}$ ) i vannmassene på stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær og OF-7 ved Filtvet i perioden 2007-2011. Merk ulik skala (dyp) på y-aksen.

Ved OF-1 og OF-7 er det høye konsentrasjoner i vinterperiodene, raskt avtagende på våren og forholdsvis lave konsentrasjoner på sommeren. Det er også en markant endring i næringssaltkonsentrasjon vertikalt i løpet av sesongen (Figur 12 og Figur 13). Det ble ikke registrert store avvik i de sesongmessige og vertikale næringssaltkonsentrasjonene, med unntak av noen få perioder. I 2009 og 2010 ble det registrert forholdsvis tidlige våroppblomstringer ved OF-stasjonene, noe som resulterte i lavere næringssaltkonsentrasjoner av spesielt silikat (Figur 14) i begynnelsen av årene. Mest synlig var det ved OF-7 i 2009, der våroppblomstringen startet først og var kraftigst.



Figur 13. Fosfat ( $\mu\text{M/l}$ ) i vannmassene på stasjon OF-1 ved Torbjørnskjær og OF-7 ved Filtvet i perioden 2007-2011. Merk ulik skala (dyp) på y-aksen.

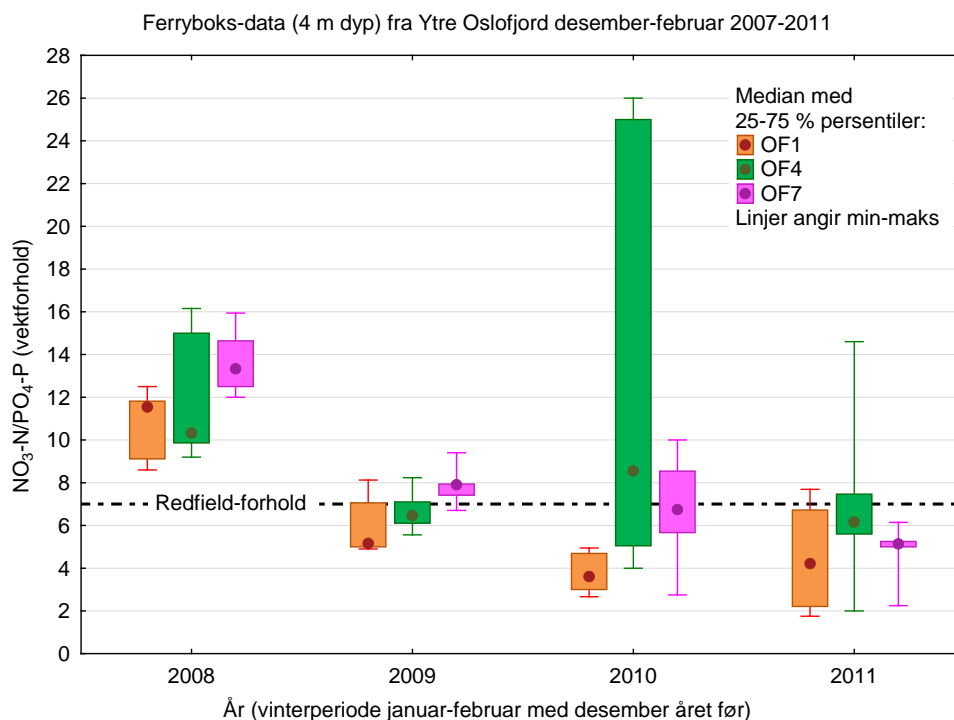


Figur 14. Silikat ( $\mu\text{M/l}$ ) i vannmassene på stasjon OF-1 ved Torbjørnshjær og stasjon OF-7 ved Filtvet (h. panel) i perioden 2007-2011. Merk ulik skala (dyp) på y-aksen.

I perioder med stor tilførsel av ferskvann vil det normalt tilføres mer næringssalter til overflatelaget. I 2010 og 2011 ble det målt relativt mye nitrogen og silikat gjennom hele året ved OF-1, men spesielt på sommeren og høsten. Relativt store nedbørs-mengder sommeren/høsten 2011 førte til betydelig høyere nitrogenverdier i overflaten sammenlignet med normalt. For OF-7 var ikke dette så tydelig som for OF-1. I de indre delene av Ytre Oslofjord var det først og fremst sensommer- og høstverdiene av nitrogen og silikat som skilte seg fra normale forhold.

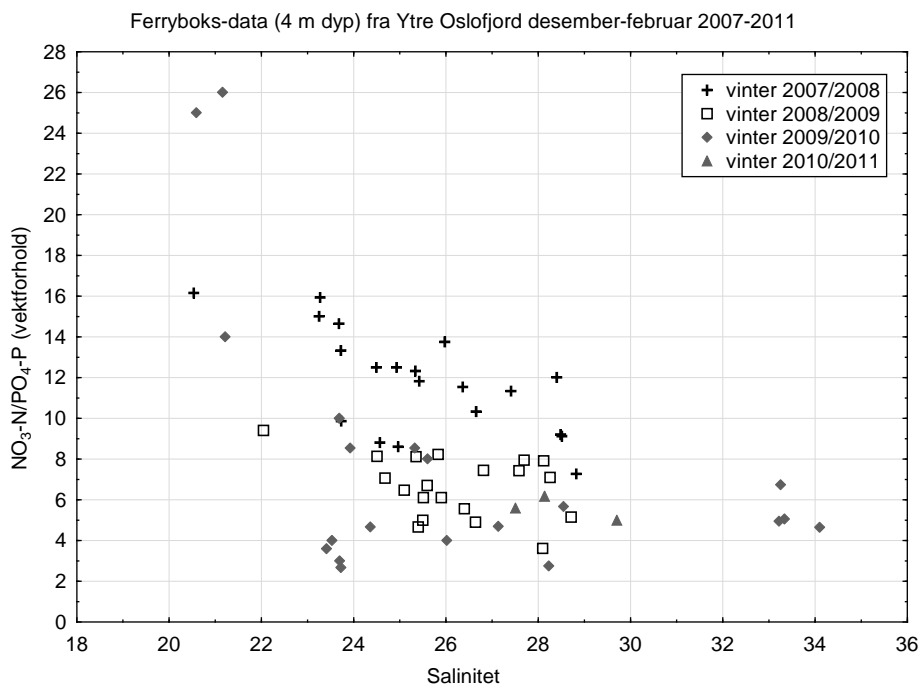
N:P-forholdet i uorganiske næringssalter om vinteren på 4 m dyp varierer mye fra år til år, sekundært mellom stasjonene, med en viss tendens til økende verdier innover i fjorden (Figur 15). Forholdstallet var vesentlig høyere enn Redfield-forholdet i 2008, mens det stort sett har ligget omkring Redfield-forholdet eller litt under de andre årene. Avvikende høye verdier forekommer for stasjon OF-4 i 2010; det kan settes i sammenheng med stor ferskvannspåvirkning.



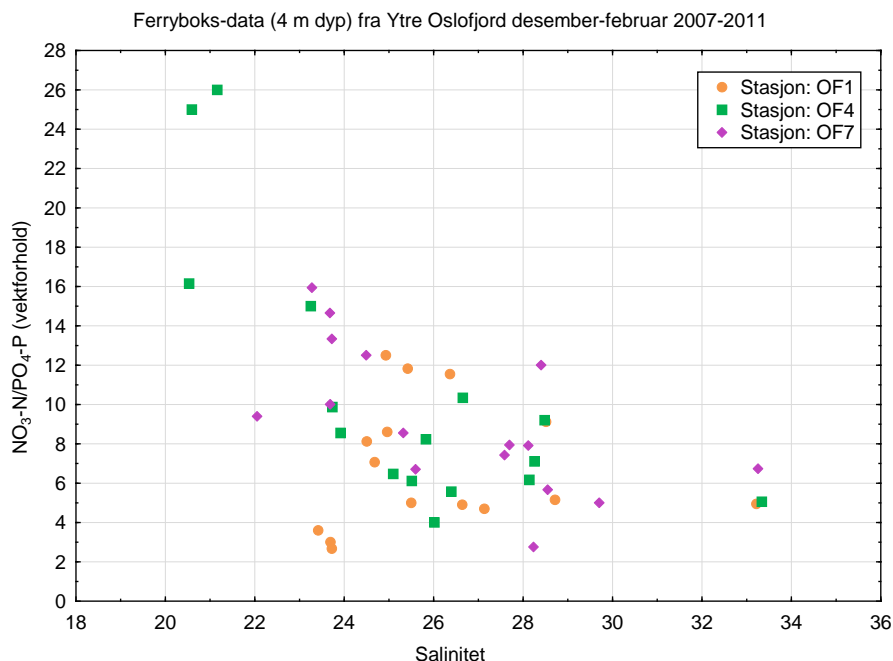


Figur 15. N:P forhold (vekt) i vann fra 4m dyp på 4 stasjoner i Ytre Oslofjord i 2008-2011. Vinterverdier.

Plott av N:P-forhold mot salinitet viser at de høyeste verdiene forekommer ved relativt lav salinitet. Figur 16 viser NO<sub>3</sub>N:PO<sub>4</sub>P mot salinitet, med ulike symboler for ulike vintersesonger. Det er klar forskjell mellom år. Det var derimot ingen åpenbart store forskjeller mellom stasjoner (Figur 17). Det er spesielt i 2008 at det er god sammenheng med salinitet.



Figur 16. N:P-forhold mot salinitet. De ulike innsamlingsårene er indikert med ulike symboler. Analysene er foretatt på vannprøver tatt med Ferrybox systemet i 4m dyp.



Figur 17. N:P-forhold mot salinitet. De ulike stasjonene (OF-1, OF-4, OF-7) er indikert med ulike symboler. Ferrybox-prøver fra 4m dyp.

En variansanalyse av data fra vintermånedene desember-januar med dato og stasjon som kategorier og salinitet som regresjonsvariabel gir signifikant sammenheng med alle tre faktorer når alle fire stasjoner er med (OF-1, OF-2, OF-4 og OF-7). Hvis OF-2 kuttes, er det bare signifikant sammenheng med salinitet. Salinitet er altså den klareste (mest signifikante) forklaringsvariabelen, med p-verdi på hhv. 0,0001 og 0,002. Når det tas hensyn til forskjeller i salinitet ved en slik enkel analyse blir forskjellen mellom stasjonene bare marginalt signifikant statistisk ( $p=0,05$  når alle 4 stasjoner er med,  $p=0,08$  når analysen baseres på bare OF-1, OF-4 og OF-7). Men det trengs grundigere bearbeiding av data og en diskusjon om modellforutsetninger før en trekker sterke konklusjoner av dette.

Figur 18 skiller situasjoner med klorofyllnivåer under og over  $0,62 \mu\text{g/l}$ . De blå punktene oppfylder det kriteriet som er brukt i kystovervåkningsrapportene for vintersituasjoner som er lite påvirket av planktonoppblomstring. De blå punktene gir en viss sammenheng med salinitet ved at høyt N:P-forhold ( $>10:1$ ) henger sammen med stor ferskvannspåvirkning (stort sett salinitet under 25). Det er likevel ikke noen helt entydig sammenheng. For de 5 datapunktene med klorofyllverdi  $\leq 0,2 \mu\text{g/l}$  er det en klar sammenheng med salinitet. For data innenfor de to andre klorofyllområdene er det en tendens til en todeling, med noen data som sammenfaller med den sammenhengen som antydes av data for klorofyllverdi  $\leq 0,2 \mu\text{g/l}$ , og noen som har markert lavere nitrat:fosfat-forhold.

Det er rimelig at det er slik, fordi klorofyllinnholdet i seg selv ikke er noe fullgodt mål på algebiomasse; klorofyllkonsentrasjonen i algene kan variere sterkt, særlig styrt av lysforhold. Som et tilleggskriterium kan vi derfor legge inn et krav om nitrat og fosfat må utgjøre en viss andel av totalkonsentrasjonen av hhv. nitrogen og fosfor. En inspeksjon av data viser at forholdet  $[\text{PO}_4\text{P}]:[\text{totP}]$  stort sett varierer mellom 0,7 og 0,9 uten sammenheng med klorofyllkonsentrasjonen når den ligger i området 0 til  $0,6 \mu\text{g/l}$ . Forholdet  $[\text{NO}_3\text{-N}]:[\text{totN}]$  avtar derimot systematisk med økende klorofyllkonsentrasjoner, fra mellom 0,5 og 0,6 for klorofyll  $\leq 0,2 \mu\text{g/l}$  til rundt 0,4 ved klorofyllkonsentrasjoner  $0,6 \mu\text{g/l}$ . Denne sammenhengen antyder at det er en viss påvirkning i retning av redusert nitrat:fosfat-forhold selv i  $0,2$  til  $0,6 \mu\text{g/l}$  klorofyll.

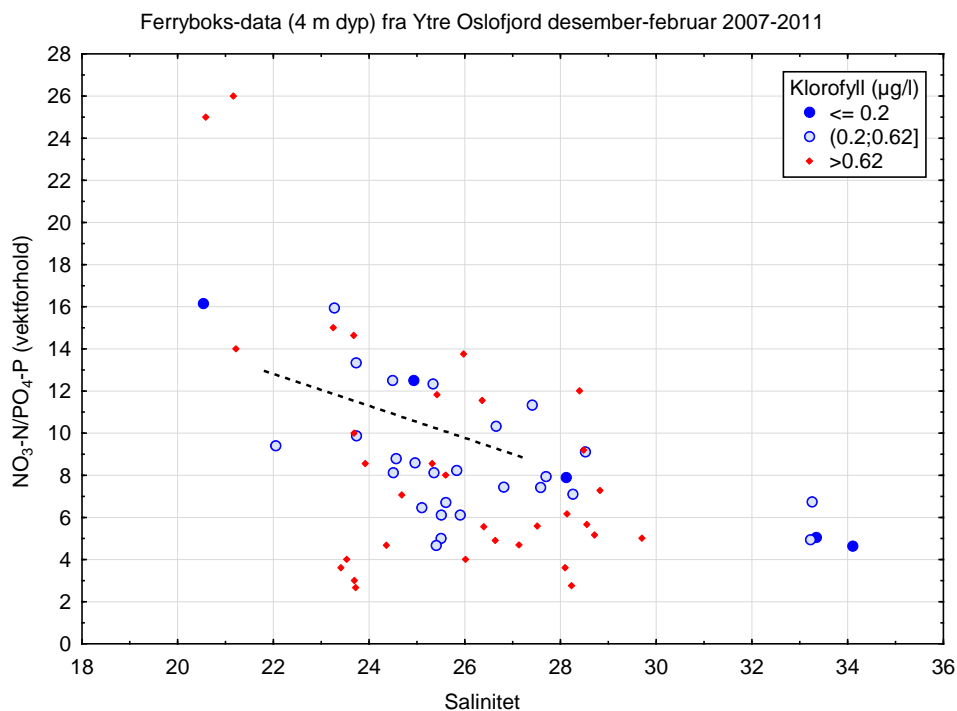
Et mer komplett kriterium for upåvirkede vintersituasjoner kan da være at følgende betingelser alle må være oppfylt:

- Klorofyllkonsentrasjonen  $\leq 0,62$  mg/l
- $[\text{PO}_4\text{-P}]:[\text{totP}] \geq 0,7$
- $[\text{NO}_3\text{-N}]:[\text{totN}] \geq 0,5$

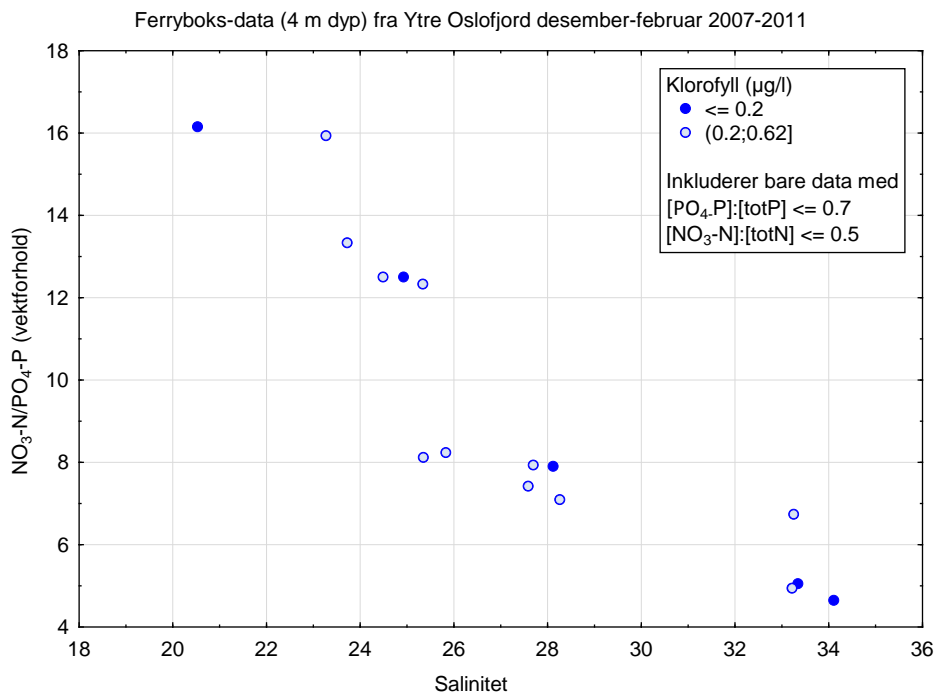
Når dette kriteriet brukes gjenstår 16 punkter, og de viser en klar sammenheng med økende nitrat:fosforforhold ved avtagende salinitet (Figur 19).

I Figur 20 er forholdet av mengder nitrat+nitritt i forhold til fosfat i overflatevann vist for 24 stasjoner på strekningen Hirtshals-Oslo. Figuren er basert på målinger med Ferrybox vinteren 2004 og viser et lavere N:P-forhold ute i Skagerrak og i ytre deler av Ytre Oslofjord enn innover i fjorden hvor N:P-forholdet og variansen øker.

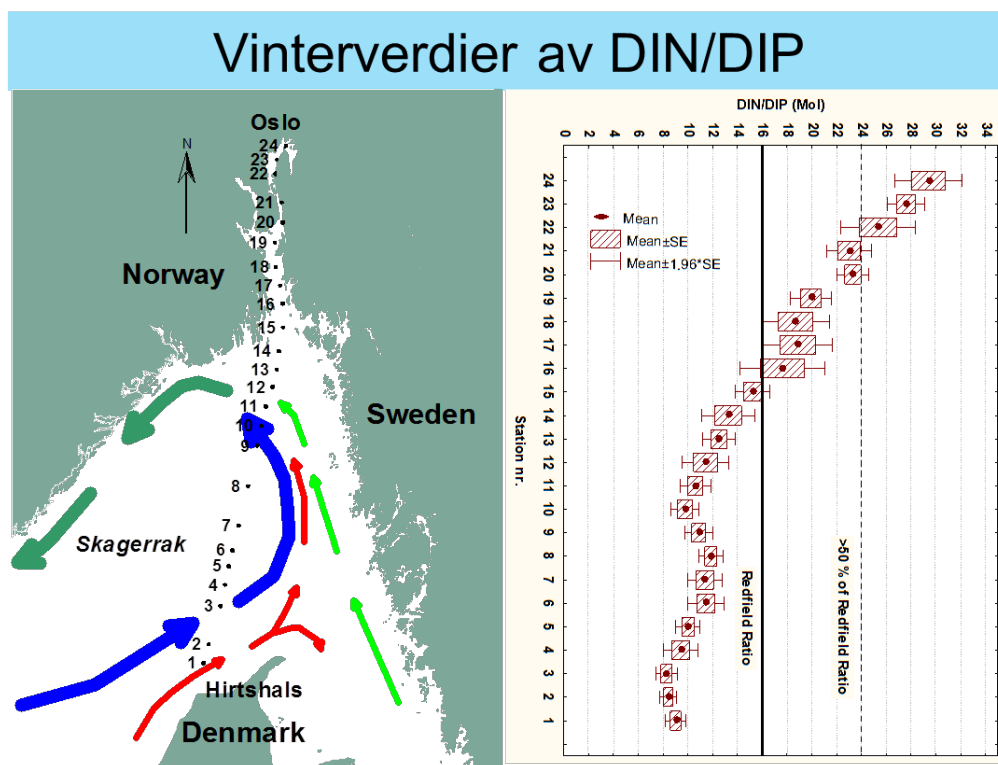
N:P-forholdet ved Torbjørnshjørn i Ytre Oslofjord vinterstid er i Figur 21 sammenlignet med andre stasjoner langs kysten i sør-Norge. Figuren viser at verdiene kan være både lavere og høyere enn på de andre stasjonene og indikerer at det er større variasjoner i N:P-forhold i Ytre Oslofjord enn ellers på ytre kyst i sør-Norge.



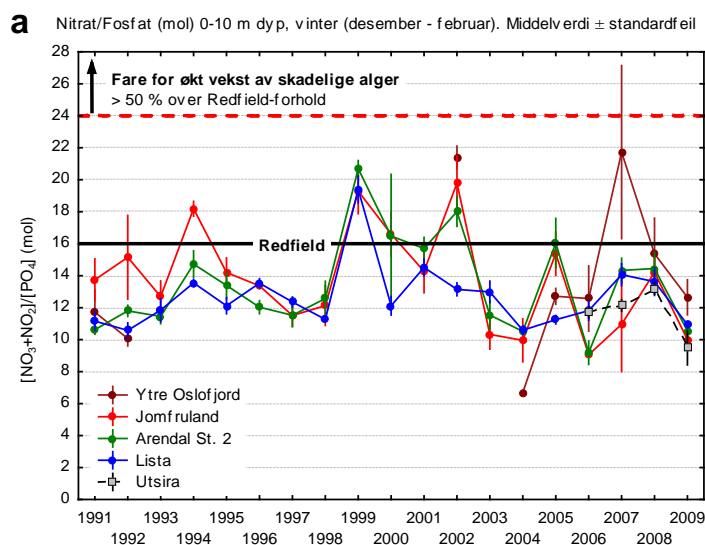
Figur 18. N:P-forhold plottet mot salinitet. Situasjoner med klorofyllnivåer i området 0-0,2, 0,2-0,62 og  $>0,62$   $\mu\text{g/l}$  er indikert med ulike symboler. Ferrybox-prøver fra 4m dyp. stiplet linje antyder en todeling av data for salinitet i området 22-26.



Figur 19. N:P-forhold plottet mot salinitet. Situasjoner med klorofyllnivåer i området 0-0,2 og 0,2-0,62 er indikert med ulike symboler. Bare data som oppfyller det sammensatte kriteriet for upåvirket vintersituasjon er tatt med. Ferrybox-prøver fra 4m dyp.



Figur 20. Forholdet DIN/DIP (dissolved inorganic nitrogen/-phosphorus) basert på vinterverdier av prøver tatt vinteren 2004 fra 24 stasjoner på strekningen Hirtshals-Oslo (Ferrybox/NIVA). Redfield-forholdet er lik 16 og indikert i figuren. Figur fra Jan Magnusson, NIVA.



Figur 21. Forholdstall mellom nitrat og fosfat, basert på vinterverdier (desember-februar) i 0-10 m dyp i 1991-2009. Middelerdi ± standard feil (nitritt er inkludert i nitratanalysen, men er ubetydelig). Linjer markerer grenseverdi for økt risiko for oppblomstring av giftige eller uønskede algearter (>50% over Redfield). Dette er en omdiskutert grenseverdi og en vet kun om noen få tilfeller hvor oppblomstringer og giftighet har vært knyttet til skjev N:P, og da på våren ikke vinteren. Fra Norderhaug et al. 2010.

### Variasjon i hydrografi og klorofyllfluorescens i overflatelaget 2003-2011

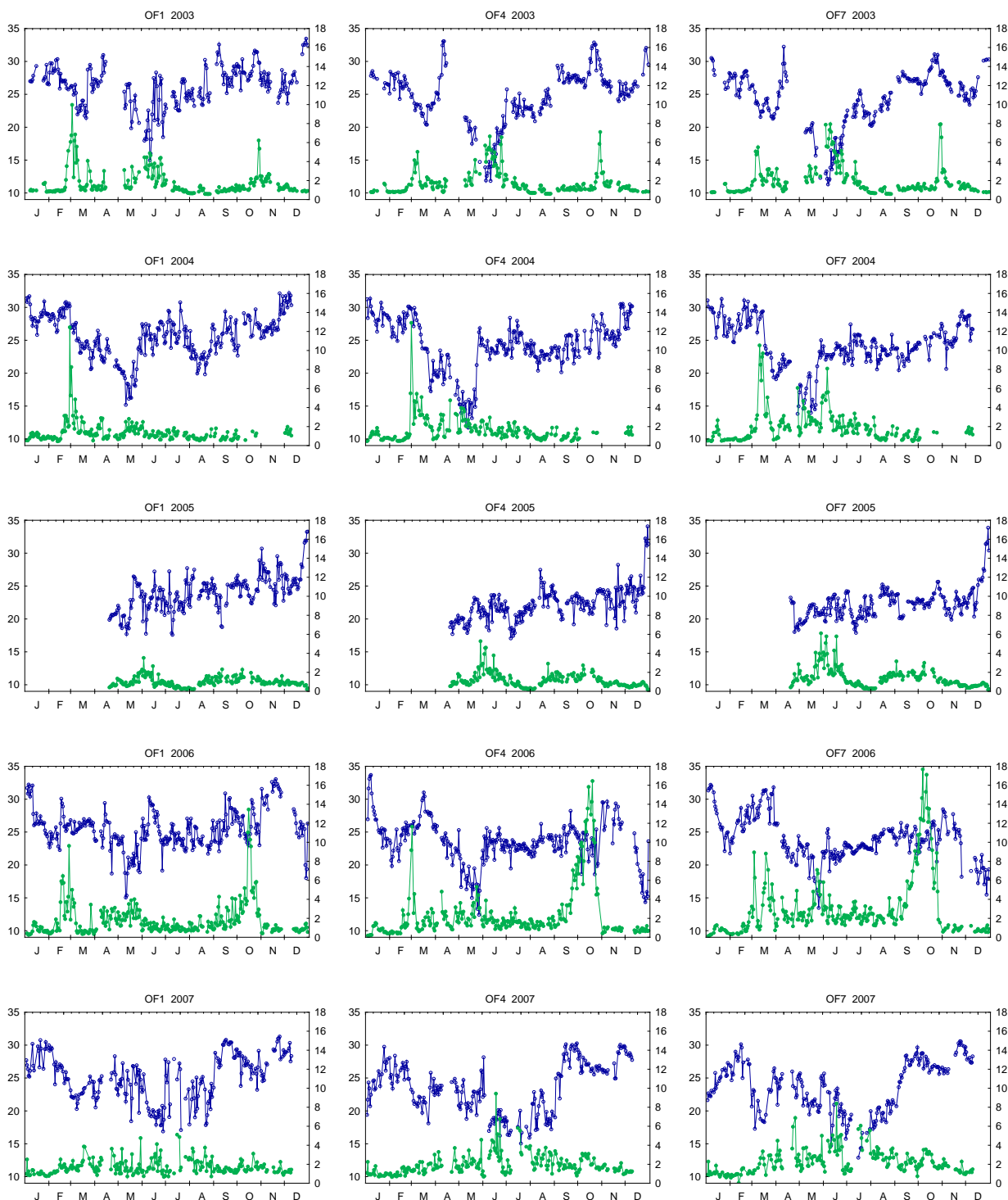
Temperaturvariasjonene (Vedlegg A, Figur 62) viser den vanlige dominerende årstidsvariasjon, med omtrent samme forløp på alle stasjoner og over alle år. Maksimaltemperaturen om sommeren var høyest i 2003-2006 og i 2009, og lavest i 2007, 2010 og 2011. Vintertemperaturene var lavest i 2003, 2010 og 2011, mens de var relativt høye i 2004, 2007 og 2008. Noen tidstrend i temperatur er ikke umiddelbart tydelig; for å se om det er tegn til utvikling over tid kreves en mer detaljert analyse med korreksjon mot toktdata fra overvåkingen av Ytre og Indre Oslofjord.

Figur 22 og Figur 23 med saltholdighet og klorofyllfluorescens på OF-1, OF-4 og OF-7 viser ganske store forskjeller mellom årene, men relativt likt forløp på de tre stasjonene, selv om det også er noen tydelige geografiske forskjeller i enkelte perioder. Det er stor variasjon mellom algeoppblomstringene både mht. sammenheng med saltholdighet, og med geografisk fordeling. Vinteroppblomstringene i 2003 og 2004 og 2006 og i 2009 opptrer først i ytre del av fjorden, ved OF-1, og kommer noe senere på OF-4 og OF-7 (bare startfasen målt i 2009). Vinteroppblomstringene i 2010 og 2011 kommer omtrent samtidig på alle tre stasjoner. I alle disse årene er fluorescenstoppen for det meste minst like store på OF-1 som lenger inn, selv om varigheten kan være større på OF-4 og OF-7. I 2008 kommer ikke algeoppblomstringen før midt i mars, og den er da mye større og varer lenger på stasjon OF-7 enn lenger ut i fjorden. I 2003, 2009, 2010 og 2011 kommer vinteroppblomstringene etter eller i løpet av perioder med fallende saltholdighet, mens det er mindre tydelige sammenheng med saltholdighet i 2004, 2006 og 2008.

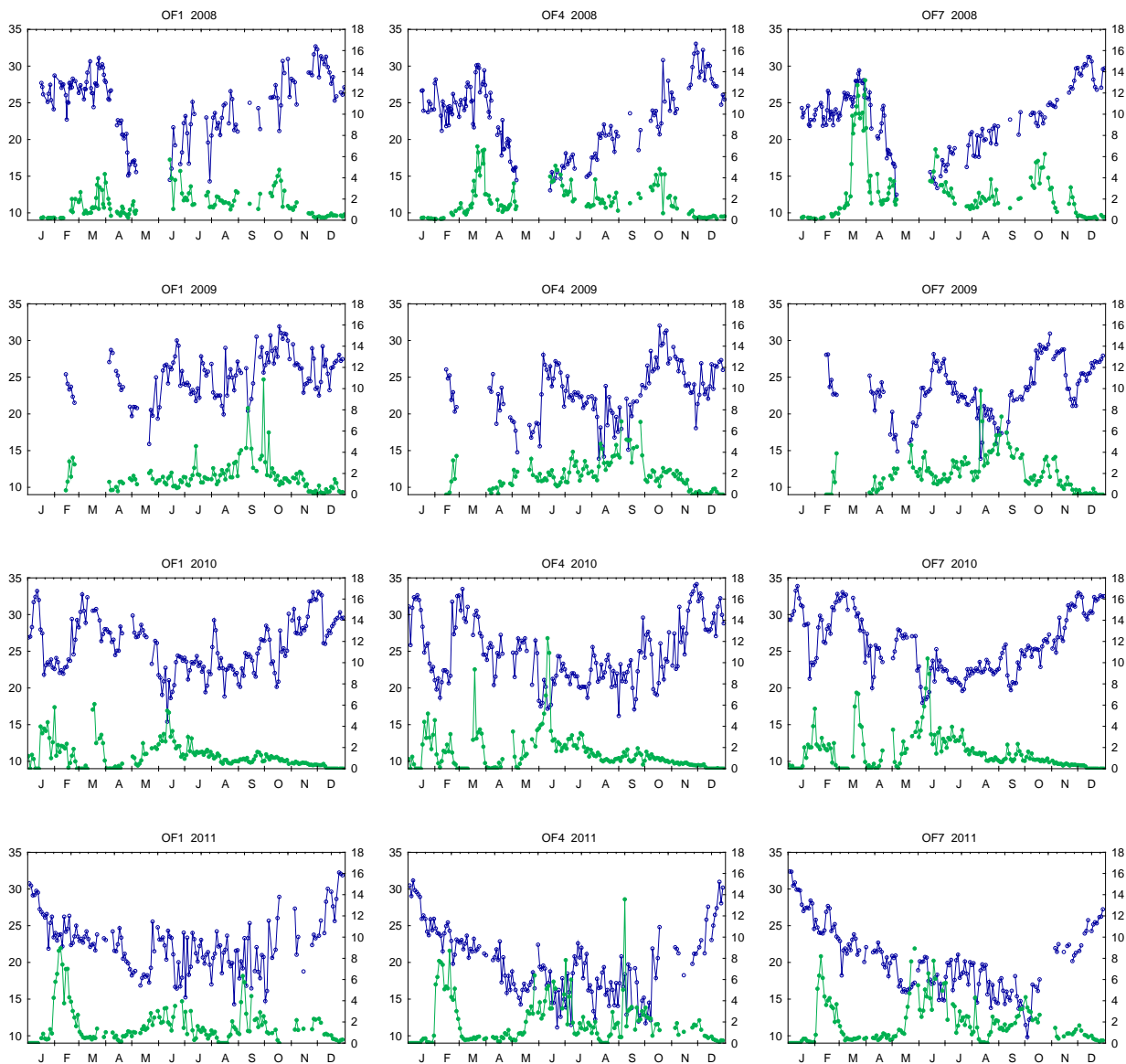
Klorofyllmengden utover sommeren og høsten varierer sterkt fra år til år. Ytterst i fjorden, på stasjon OF-1, var det gjennomgående lave verdier i 2004, 2005, 2007 og 2010, mens det de andre årene forekommer større eller mindre toppe. På stasjon OF-4 og OF-7 er det algeoppblomstringer sommer eller høst alle årene, med en klar tendens til at både maksimal størrelse og varighet av klorofylltoppene avtar utover i fjorden. Mest tydelig ser vi det i mai og september 2006, juni 2007 og mai-juni 2011.

Større oppblomstringer utover sommeren på OF-4 og OF-7 er ofte koblet til nedgang i saltholdighet og indikerer derfor tilførsler av næringssalter fra landavrenning. Man ser ofte at sommeroppblomstringene er

knyttet til perioder med økning i nitrogen og silikat (ikke fosfat) noe som indikerer ferskvannstilførsel og ikke omrøring. Oftest er oppblomstringene, spesielt i juni, dominert av kiselalger som er helt avhengige av tilførsel av silikat for å kunne bygge biomasse.



Figur 22. Figurene viser saltholdighet med blått mot venstre akse, klorofyll-fluorescens i grønt mot høyre akse. Hver rad viser forløpet i ett år for perioden 2003-2007, med stasjon OF-1 til venstre, OF-4 i midten og OF-7 til høyre. Figuren viser gjennomsnitt ved ettermiddagspasseringer (kl.12-17), se Vedlegg A.



Figur 23. Figurene viser saltholdighet med blått mot venstre akse, klorofyll-fluorescens i grønt mot høyre akse. Hver rad viser forløpet i ett år for perioden 2008-2011, med stasjon OF-1 til venstre, OF-4 i midten og OF-7 til høyre. Figuren viser gjennomsnitt ved ettermiddagspasseringer (kl.12-17), se Vedlegg A.

### 3.5.2 Nye og sjeldne planteplankton i Ytre Oslofjord

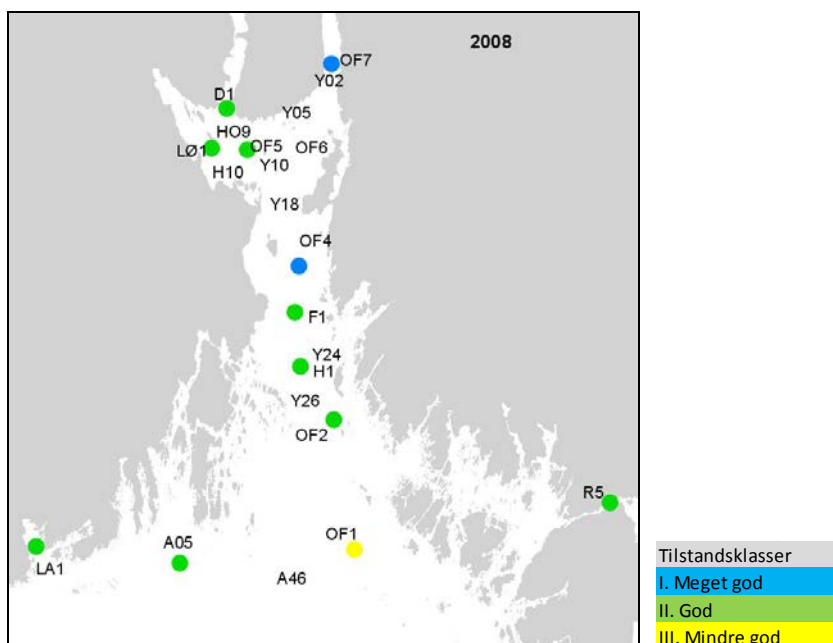
Fra tid til annen registreres ”nye” eller sjeldne arter i området. De fleste registreringer av disse finner sted på sommeren og utover høsten, og er oftest arter med en mer sørlig utbredelse som kommer inn i fjorden. Langvarige perioder med sørlige vinder og varmere overflatelag resulterer oftest i slike observasjoner, men også perioder med stor innstrømming av Atlantiske vannmasser kan føre med seg ”nye” og sjeldne arter til indre Skagerrak. I mange tilfeller vil disse artene kun observeres en eller noen få ganger i løpet av en overvåkingsperiode, andre arter derimot vil kunne etableres seg i område og bli en ”naturlig” komponent av planteplanktonet. Et eksempel på en art som er kommet for å bli er silikaflagellaten *Pseudochattonella farcimen*, som etter sin første etableringsfase i 1998-2001 er blitt en naturlig komponent av vårplanktonet. Slike etableringer er forholdsvis sjeldne og de fleste er kun ”gjester” i disse områdene. I Tabell 5 er det gitt en oversikt over spesielle arter i perioden 2007-2011.

Tabell 5. Sjeldne og nye arter i området i overvåkingsperioden 2007-2011.

	2007	2008	2009	2010	2011	
<b>Kiselalger</b>						
<i>Ditylum brightwelli</i>	x		x	x		Varmekjær, sporadisk
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>			x	x		Varmekjær, ny i område
<i>Thalassiosira levandri</i>				x		Brakkvann, ny i område
<i>Odontella mobiliensis</i>			x			Sørlig utbredelse, sporadisk
<b>Dinoflagellater</b>						
<i>Prorocentrum gracile</i>		x	x	x	x	Vid utbredles, ny i område
<i>Prorocentrum scutellum</i>			x			Sørlig utbredelse, sporadisk
<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>			x	x	x	Kystvann, sporadisk i Skagerrak
<i>Ceratium candelabrum</i>				x	x	Brakkvann,
<i>Dinophysis tripos</i>			x			Sørlig utbredelse, varmekjær
<i>Protoperidinium oceanicum</i>			x			Atlantisk

### 3.5.3 Bunnområdene sentralt i fjorden

Bunnfauna på bløtbunn er en god indikator på miljøforholdene i bunn og bunnvann. I Figur 24 er det gitt en oversikt over tilstanden (indeks-NQI) på bløtbunn i sentrale områder i 2008, som er det siste året med omfattende undersøkelser av fauna på bløtbunn i Ytre Oslofjord. Alle stasjoner i de sentrale deler av fjorden, bortsett fra OF-1 ved Torbjørnskjær, hadde da enten God eller Meget god tilstand. For en del av disse stasjonene vil vi senere i rapporten se nærmere på utviklingen over tid. Figuren viser også resultat fra kystovervåkingsstasjon A05 som undersøkes under Kystovervåkingsprosjektet. I Tabell 9 er sedimentkvaliteten (BHQ) på OF-5 og OF-7 vist for overvåkingsperioden.

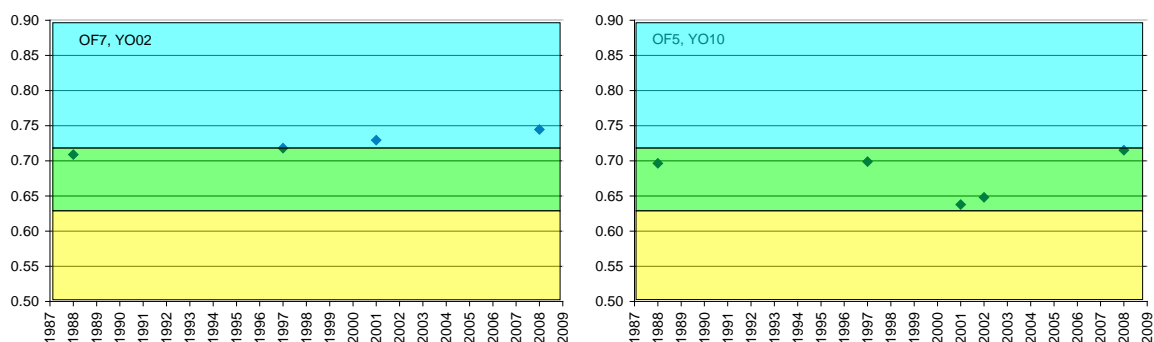


Figur 24. Tilstand i hht Vannforskriften hos fauna på bløtbunn i Ytre Oslofjord i 2008 (NQI-indeksen).

Faunaen på bunnen utenfor Filtvet og i Breiangen har indikert god miljøtilstand og særlig ved Filtvet hvor tilstanden har vært Meget god de siste 2 prøvetakinger (Figur 25). I 2001 og 2002 var det noe redusert



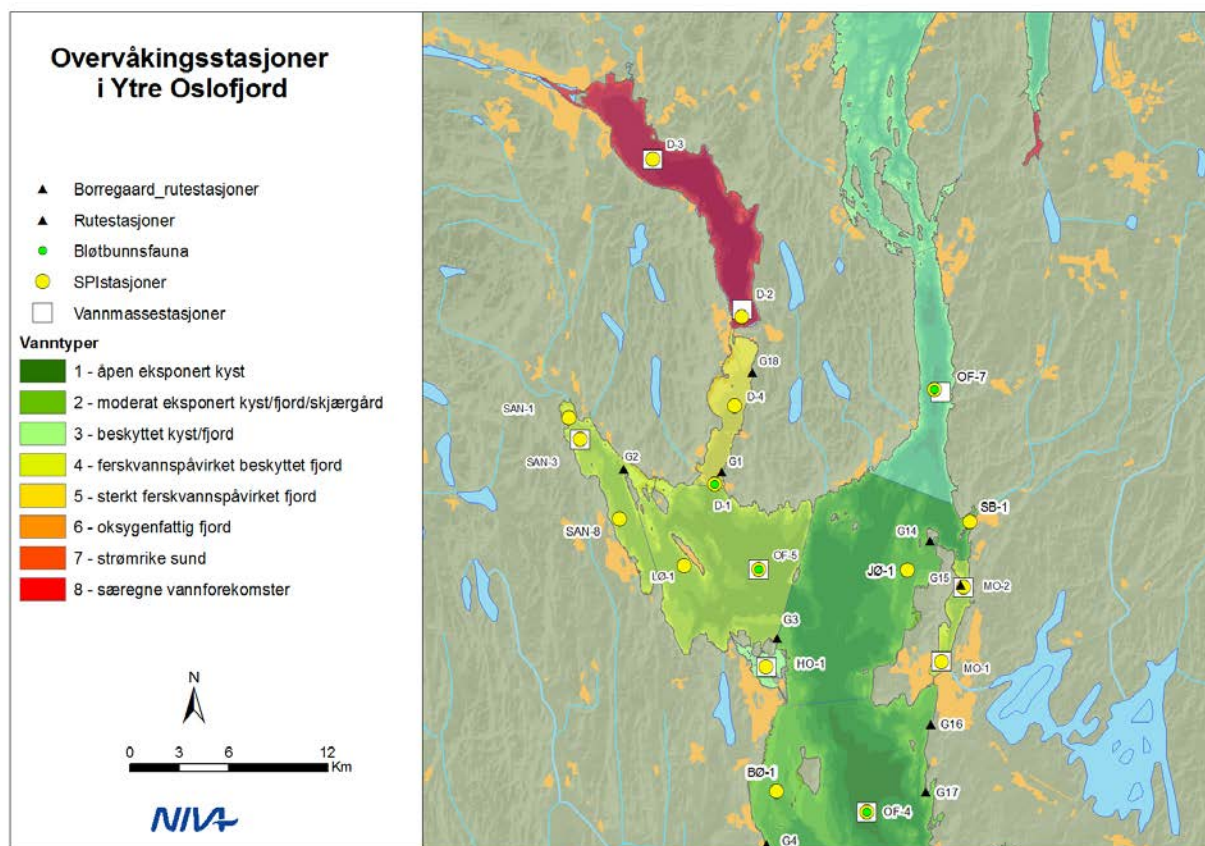
tilstand i Breiangen. Dette har sannsynlig sammenheng med perioder med mindre god oksygentilstand i bunnvannet, ref Tabell 6.



Figur 25. Bløtbunnsfauna ved Filtvet (OF-7) og i Breiangen (OF-5): NQI-verdier og økologisk tilstandsklassifisering for de år stasjonene er blitt undersøkt.

### 3.6 Vannkvalitet i indre deler av fjorden

Vannforskriften pålegger at alt kystvann skal deles inn i ulike vann typer og vannforekomster. De ulike vann typer og -forekomster i Ytre Oslofjord er vist på kartene i Figur 26, Figur 28 og Figur 32. Planteplanktonforekomstene i de indre randområder er omtalt i kapittel 3.6.2.



Figur 26. Vann typer, vannforekomster og stasjoner i indre deler av Ytre Oslofjord.

### 3.6.1 Tilstandsklassifisering

Randområdene i de indre deler av ytre Oslofjord har svært variabel undervannstopografi () og vannmassetransport. Klassifiseringen basert på de målte vannkvalitetsparametere på stasjoner i dette området er vist i Tabell 6. Stasjonene i Drammensfjorden skiller seg betydelig fra de øvrige stasjonene, og det er marginale forskjeller mellom den indre stasjonen ved Solumstrand og den ved Svelvik. Klassifisering basert på næringssalter i sommerperioden viser at området kommer ut i tilstandsklasse Mindre God (III) ved den indre stasjonen og Mindre God (III) til God (II, total-fosfor) ved Svelvik. Sammenlignet med perioden 2001-2005 har det vært en forverring i tilstanden basert på fosfat og total-fosfor ved begge stasjonene. For nitrat har det vært en bedring, mens total-nitrogen er uendret. Isdekke i Drammensfjorden vanskeliggjør prøvetaking på vinteren og det er få vinterdata i overvåkingsperioden. Basert på de prøvetakinger som er foretatt ser det vinterstid ut til å være en bedring i fosfat og total-fosfor ved Svelvik fra 2008 til 2011.

Klassifisering basert på klorofyll-a gir Drammensfjorden Meget God (I) til God (II) tilstand, med unntak for 2009 da forholdene var dårligere. Årsaken til den reduserte tilstanden var at en av sommerdekningene fant sted samtidig med en stor oppblomstring av kiselalgen *Thalassionema nitzschioides* i juni måned. Dersom en ser hele 10-årsperioden under ett er det ingen markante endringer i klorofyll-a. Den lokale pelagiske produksjonen kan ikke forklare de Dårlige til Meget dårlige oksygenforholdene i bunnvannet, og basert på næringssaltkonsentrasjonene burde produksjonen være større. Mest sannsynlig er vannets oppholdstid i overfaltetaget for kort til å gi stor primærproduksjon og mye av næringssaltene transporteres ut til de utenforliggende områdene (OF-5, Breiangen) og gir noe forhøyede konsentrasjoner i disse områdene (Tabell 6, OF-5).

Tabell 6. Vannkvalitet i indre deler av Ytre Oslofjord gjennom overvåkingsperioden 2007-2011 (basert på snittverdi av sommerverdier og snittverdi av vinterverdier), og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)						Høst (sept-nov)	Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N
		D-3	2001-2005									
Indre Drammensfj	2007											
	2008											
	2009											
	2010											
	2011											
D-2	2001-2005											
Midtre Drammensfj	2007											
	2008											
	2009											
	2010											
	2011											
San-3	2001-2005											
Sandebukta	2007											
	2008											
	2009											
	2010											
	2011											
OF 5	2001-2005											
Breiangen	2007											
	2008											
	2009											
	2010											
	2011											
Mo-2	2001-2005											
Mossesundet	2007											
	2008											
	2009											
	2010											
	2011											

Tilstandsklasser

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

Oksygenforholdene i bunnvannet i Drammensfjorden er Dårlige (IV) til Meget Dårlige (V) gjennom hele overvåkingsperioden. Den smale åpningen og grunne terskelen ved Svelvik gir små muligheter for en effektiv utskiftning av vannmassene i de dypere delene av fjorden. På grunn av fjordens topografi må den anses å være naturlig oksygenfattig, og en markant forbedring av oksygenforholdene vil kreve drastiske tiltak.

Sandebukta har betydelig bedre forhold enn Drammensfjorden, men noe dårligere enn Breiangen (OF-5) utenfor. For 2007-2011 er forholdene alt i alt bra når det gjelder næringssalter. De noe dårlige forholdene i 2011 er mest sannsynlig forårsaket av de forholdsvis store nedbørmengdene dette året. Planteplanktonproduksjonen i Sandebukta var noe høyere enn i Drammensfjorden og Breiangen, noe som vises ved at tilstandsklassen varierer fra God (II) til Mindre God (III) i overvåkingsperioden. Planteplanktonet ser ikke ut til å ha noen negativ effekt for oksygenforholdene i bunnvannet i Sandebukta. Tilstanden har de siste tre årene vært Meget God (I), en bedring fra perioden 2001-2005. Man kan ikke utelukke at en del av planteplanktonet i Sandebukta transporteres ut og bidrar til noe mer variable oksygenforhold ved Breiangen.

Tilstanden ved Kippenes i den nordlige delen av Mossesundet var generelt bra. Tilstandsklassifisering basert på næringssalter i sommerperioden viser at lokaliteten lå i klasse Meget God (I) til God (I), og har vært mer eller mindre uendret i de 10 årene med overvåking. Den reduserte tilstanden for nitrat (Mindre God (III)) sommeren 2011 skyldes store nedbørmengder. Oksygenforholdene i bunnvannet har gått fra tilstandsklasse Mindre God (III) i perioden 2001-2005, til Meget God (I) i 2008, og igjen til Mindre God (III) i 2011. I Mossesundet er det over 100m dypt i området hvor prøvene blir tatt og det er grunnere og smalere partier som begrenser utveksling av dypvann. En vurdering av hele 10-årsperioden under ett gir imidlertid at oksygenforholdene er gode i denne del av Mossesundet.

I 2010 ble det på oppdrag fra Vannområdeutvalget Morsa gjort undersøkelser av tilstanden i Kurefjorden og Krokstadjorden, samt noen ekstra undersøkelser i Mossesundet. En oppsummering av resultatene er gitt i Tabell 10. Gjennomsnittsverdiene for sommerperioden ga Meget god eller God tilstand i de tre vannforekomstene for samtlige næringssalter. Nitrat var i perioder forhøyet i Kurefjorden og i Krokstadjorden. Dette har antakelig sammenheng med lokal påvirkning. I juli sammenfalt høye nitratverdier med lav saltholdighet i overflatevannet i Krokstadjorden og Kurefjorden. Oksygenverdiene i bunnvannet var i 2010 for det meste Meget Gode og Gode. I Mossesundet var gjennomsnittsverdien for de tre sommerprøvene av klorofyll-a tilsvarende God tilstand, i Kurefjorden var det Moderat tilstand mens det i Krokstadjorden var God tilstand.

### 3.6.2 Planteplankton

Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) har i overvåkingsperioden gitt Meget God til God tilstand i Ytre Oslofjord, med den beste tilstanden ytterst i fjorden. Flere av stasjonene viste mer eller mindre den samme artssammensetning av planteplankton, selv om mengden av de ulike artene varierte noe. Ved stasjonene sentralt i fjorden (OF-stasjonene), Mossesundet og Sandebukta var sammensetningen av planktonet generelt forholdsvis lik (Tabell 7). I overvåkingsperioden var det først og fremst i 2011 det ble registrert en del forskjeller mellom disse stasjonene. I Mossesundet ble det i 2011 i slutten av juni registrert *Diatoma elongatum* og *Cyclotella choctawhatcheana* samt flere ferskvannsalger (*Pediastrum* og *Scenedesmus*). I Sandebukta ble *Cyclotella choctawhatcheana* og *Chaetoceros subtilis* registrert på samme tid. Alle disse artene er knyttet til brakkvann og de er vanligvis ikke fremtredende ved disse stasjonene. Deres tilstedeværelse sammenfalt med perioder med mye nedbør og stor avrenning. *Chaetoceros subtilis* ble registrert i lavt antall ved OF-7, -5 og -4 i den samme perioden.

Flere større oppblomstringer av planteplankton er blitt registrert i overvåkingsperioden. De mest fremtredende blomstringsalgene var *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* og *Ceratium* spp. Kalkalgen *Emiliania huxleyi*, som tidligere har dannet større oppblomstringer, ble i de sentrale delene av fjorden kun funnet med moderate til høye konsentrasjoner sommeren 2010.

Tabell 7. Fremtredende og dominerende arter i de sentrale og indre delene av fjorden i 2007-11.

OF stasjonene, Sandebukta og Mossesundet	
Kiselalger	Dinoflagellater
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Ceratium spp</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Gymnodinium spp</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	
Drammensfjorden	
Kiselalger	Flagellater
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Dinobryon divergens</i>
<i>Diatoma elongatum</i>	<i>Eutreptiella sp</i>
<i>Asterionella sp</i>	
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	

Kiselalgen *Leptocylindrus danicus*. Foto: HIKiselalgen *Diatoma*. Foto: HI

### 3.6.3 Bunnområdene

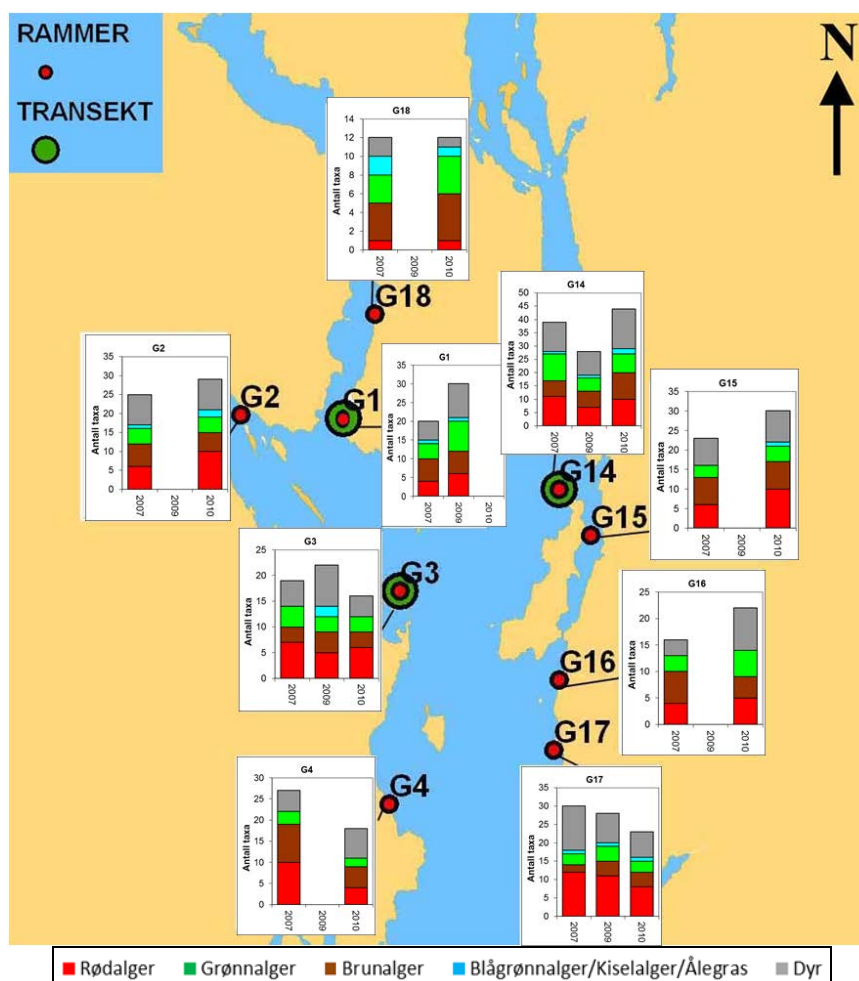
På de to stasjonene i Drammensfjorden ble det observert en relativt stor andel av grønnalger i strandsonen (Figur 27). Dette har sannsynligvis sammenheng med næringssaltpåvirkning og ferskvannspåvirkning. G18, som ligger ved Svelvik har også det laveste artsantallet av alle stasjonene i den indre delen av Ytre Oslofjord.

Et av de rikeste strandsamfunnene i Ytre Oslofjord er registrert på Bevøya (G14), nordvest for Jeløya. Bevøya hadde også i begge årene, i likhet med Østøya (G3) ved Horten, god tilstand i henhold til Vannforskriftens klassifisering for nedre voksegrense for makroalger (Tabell 8).

Det var uvanlig omfattende islegging i Ytre Oslofjord vinteren 2009-10 og 2010-11. Det er sannsynlig at iskuring kan ha påvirket strandstasjonene og at dette har påvirket resultatene, men vi har ikke nok data om isens utbredelse til å kunne bruke det som en forklaring på den observerte tilstanden, eller ulikheter mellom områder.

Tabell 8. Tilstandsklassifisering (EQR) i henhold til nedre voksegrense for makroalger på tre dykkestasjoner i indre del av Ytre Oslofjord i 2007 og 2010.

G3 Østøya v. Horten	G14 Bevøya v. Moss	G17 Fuglevik v. Moss
<b>2007</b>		
GOD	GOD	MODERAT
<b>2010</b>		
GOD	GOD	Ikke undersøkt



Figur 27. Antall taxa av alger og dyr i strandsonen på stasjonene i indre fjord. Merk ulik skala på y-aksene.

I Mossesundet (stasjon Mo-2), Krokstad- og Kurefjorden ble det i 2010 gjort registreringer av nedre voksegrense hos makroalger og sammensetningen av bløtbunnsfauna for Vannområdeutvalget Morsa (Tabell 9). Kurefjorden kom ut med Meget god tilstand, mens Krokstadjorden ble klassifisert til Moderat tilstand. I Mossesundet var nedre voksegrense dårlig, men stasjonen ligger i en vanntype som ikke kan tilstandsklassifiseres i henhold til nedre voksegrense som kvalitetselement. Bunnfauna på bløtbunn hadde Meget god tilstand i Kurefjorden og Krokstadjorden, mens den i Mossesundet hadde Moderat tilstand.

Tabell 9. Mossesundet, Kurefjorden og Krokstadjorden: Oppsummering av klassifisering av sommertilstand i 2010 i forhold til støtteparametrene nitrat, total nitrogen, fosfat, total fosfor, oksygen og siktdyp (5 prøver i sommerperioden), samt de biologiske kvalitetselementene planteplankton, makroalger (nedre voksegrense) og bunnfauna. Resultater fra oppdrag for MORSA.

Tilstand	nitrat	tot-N	fosfat	tot-P	O <sub>2</sub>	sikt	planteplkt	makroalger	bunnfauna
Mosses. (Mo-2)									
Kurefjorden									
Krokstadjorden									

Dårlig
Moderat
God
Meget god

Bunnkvaliteten undersøkt med sedimentprofilkamera (SPI) har variert en god del på noen av stasjonene i overvåkingsperioden 2007 til 2011, men på stasjon HO-1 Horten hadde samtlige år meget dårlig status (Tabell 9). I 2011 var det moderat status på D-3 og DD-1 i Drammensfjorden, KF-2 Kurefjorden og OF-5 Breianger, se Tabell 8 og Vedlegg B.

De dårlige oksygenforholdene i dypvannet i Drammensfjorden har medført dårlige forhold i bunnsedimentene. I 2011 var det ved den innerste stasjonen Solumstrand D-3 noe bedre forhold enn tidligere i perioden. Ved Svelvik har sedimentkvaliteten variert fra God til Dårlig i overvåkingsperioden. De to stasjonene utenfor Svelvikerskelen har hatt god sedimentkvalitet i hele overvåkingsperioden. I Sandebukta har det vært god tilstand i sedimentene hele perioden. I Kurefjorden er det en mulig bedring i sedimenttilstanden i siste år. I de øvrige områder er det og har vært god sedimenttilstand.

Klassifiseringen av de dypere områdene i Drammensfjorden (D-3) viser en tydelig kobling mellom resultater fra undersøkelser i vannmasser og bunnområder, med en temporær forbedring i vannmasser i 2010 som medførte bedre forhold i sedimentene i 2011 (Tabell 6 og Tabell 9).

Tabell 10. Sedimentkvalitet (BHQ) i indre fjord 2007-2011. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativ tall indikerer at tilstanden er blitt redusert.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
BØ-1	Bastøyrenna	28						-3,0
D-1	Y. Drammensfj	85						-1,2
D-3	I. Drammensfj	97						4,3
D-4	Y. Drammensfj	22						-1,4
DD-1	Svelvik	107						1,7
HO-1	Horten	25						1,0
JØ-1	Jeløya	34						0,0
KF-1	Krokstadjorden	17						-2,2
KF-2	Kurefjorden	7						1,8
KF-3	Krokstadleira	22						-1,0
LØ-1	Langøya	66						-1,2
MO-1	Mossesundet	46						-0,3
MO-2	Mossesundet	105						-2,3
OF-5	Breianger	199						-3,7
OF-7	Filtvet	210						-2,3
SAN-1	Sandebukta	23						-0,3
SAN-3	Sandebukta	47						-2,7
SAN-8	Sandebukta	73						-2,2
SB-1	Sonsbukta	34						-0,1

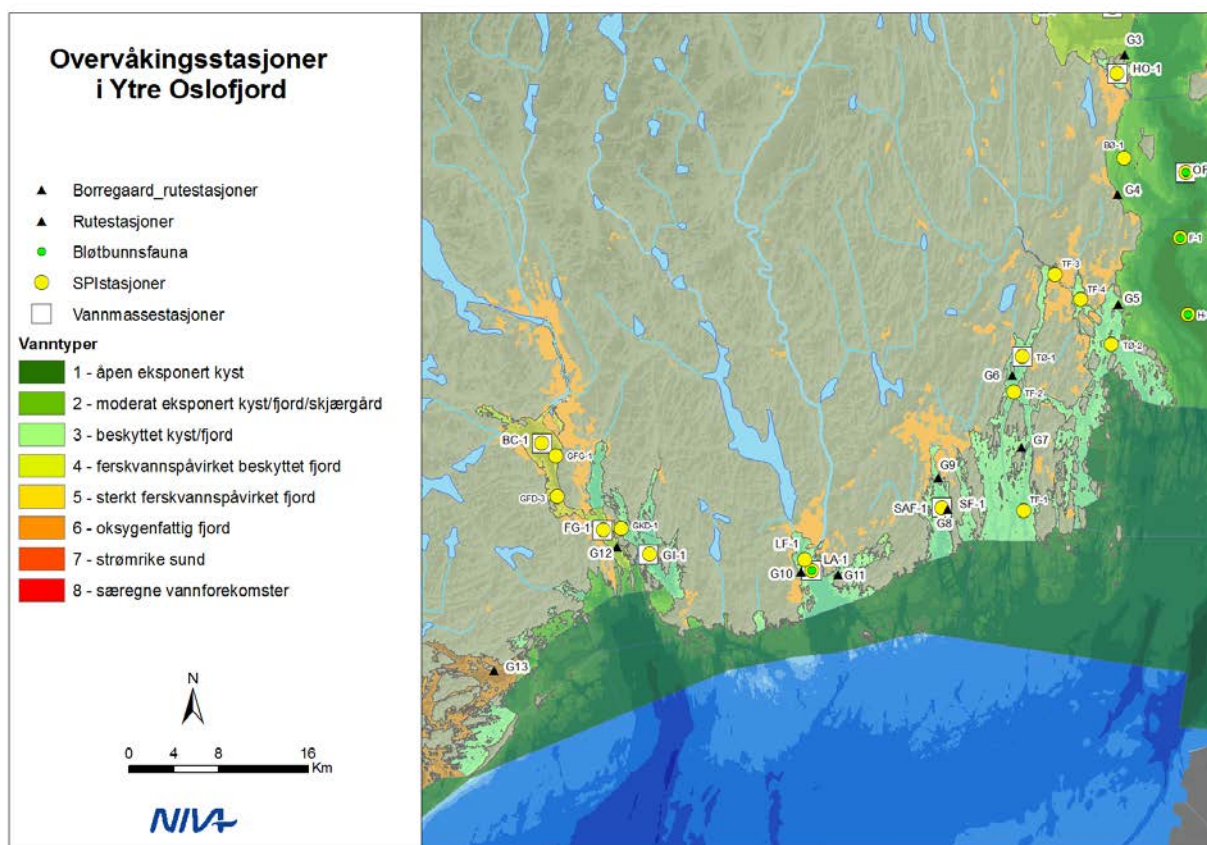
Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
-----------	-----	------------	--------	--------------

### 3.7 Vannkvalitet i vestre deler av fjorden

Vestre del av fjorden omfatter randområdene fra Tønsberg og sørover, samt Grenlandsfjordene. De ulike vanntyper og -forekomster i vestre deler av Ytre Oslofjord er vist på kartet i Figur 28.

#### 3.7.1 Tilstandsklassifisering

Som i de indre delene av Ytre Oslofjord er også fjordsystemene i den vestre delen av Oslofjorden svært ulike. For det meste er forholdene i denne delen av Oslofjorden gode eller meget gode, men siktdypet tyder likevel på at vannet er noe belastet med partikkler eller farge (Tabell 11). For Vestfjorden ved Tønsberg har det sommerstid generelt vært en forbedring i næringssaltforholdene i overvåkingsperioden, der fosfat og total-fosfor har bedret seg. For de siste 5 årene er dette området vurdert med Meget God (I) til God (II) tilstand i sommerperioden. Vinterstid er det for lite data til å vurdere endringer i perioden. Oksygen-forholdene i Vestfjorden varierer fra Mindre Gode (III) til Meget Gode (I) i overvåkingsperioden, med dårligste forhold i starten og slutten av perioden. Tilstanden basert på klorofyll-a er imidlertid med unntak av 2009 generelt God (II) (Tabell 11). De varierende oksygenforholdene i bunnvannet i Vestfjorden er mest sannsynlig ikke bare styrt av lokal produksjon i området.



Figur 28. Vanntyper, vannforekomster og stasjoner i vestre deler av Ytre Oslofjord.

Forholdene i Sandefjordsfjorden var generelt gode eller meget gode. Sommer- og vinterverdier av næringssalter plasserer denne stasjonen i tilstandsklasse Meget God (I) til God (II). Oksygenforholdene

var også Meget Gode (I) til Gode (II) i overvåkingsperioden. Som for svært mange av stasjonene i Ytre Oslofjord viser klassifiseringen av siktdyp et svært avvikende bilde sammenlignet med næringsalter og klorofyll-a, og egnetheten av denne parameteren for tilstandsvurdering av eutrofieringsgrad bør som tidligere nevnt vurderes.

I Larviksfjorden, som er en åpen fjord uten terskel, er forholdene i hovedsak gode og i 2011 kom alle parametere, med unntak av siktdyp, ut i tilstandsklasse Meget God (I). For nitrat og total-fosfor er det, spesielt vinterstid en forbedring de siste årene. Oksygenforholdene i bunnvannet har vært Meget Gode (I) og lite endret gjennom perioden.

Tabell 11. Vannkvalitet i de vestre deler av Ytre Oslofjord gjennom overvåkingsperioden 2007-2011, og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter. Grå celler viser mangel på data.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)						Høst (sept-nov)		Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	
OF1 Torbjørnskj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
TØ-1 Vestfjorden	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
SF-1 Sandefjordsfj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
LA-1 Larviksfj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
<b>Grenland</b>													
BC-1 Frierfj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
FG-1 Breviksfj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												
GI-1 Håøyfj	2001-2005												
	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												

Tilstandsklasser

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

Stasjonene i Grenland ligger langs en gradient fra indre beskyttet fjord med stor tilførsel av ferskvann, og ut til moderat eksponerte kystområder. Frierfjorden har generelt hatt en forbedring i tilstanden om sommeren fra 2001-2005 og frem til i dag (Tabell 11). I 2011 ble tilstanden klassifisert som Meget God



(I) til God (II) for de kjemiske parametrene. Enkelte år fører mengden nitrat og total-nitrogen til at tilstanden er Mindre God (III) på stasjon BC-1 i Frierfjorden (Tabell 11). Perioder med forhøyede nitratkonsentrasjoner ser ikke ut til å påvirke klassifiseringen for klorofyll-a, som har vært Meget God (I) til God (II) i overvåkningsperioden. Undersøkelser gjennomført av Havforskningsinstituttet har vist at de høyeste konsentrasjonene av klorofyll-a registreres noe lengre ut i fjordsystemet, ikke i de indre deler av Frierfjorden som har de høyeste næringssaltkonsentrasjonene. Vinterstid har stasjon BC-1 i Frierfjorden fortsatt problemer med noe forhøyede konsentrasjoner av nitrat (tilstandsklasse Mindre God (III)). Oksygenforholdene i bunnvannet er Meget Dårlige (V). Den pelagiske produksjonen i fjorden alene er ikke stor nok til å forklare dette, og tilførsel av organisk materiale fra land med elvevann, sammen med de topografiske forhold som fører til redusert vannutskiftning, er mest sannsynlige årsak.

Stasjonene i Breviksfjorden og Håøyfjorden har i hovedsak Meget God (I) tilstand basert på næringssalter. Vinterstid ble det i 2011 observert bedre forhold enn det som i hovedsak ble registrert tidligere år når det gjelder næringssalter. Enkelte år med forhøyet total-fosfor konsentrasjon vinterstid fører til redusert tilstand (Mindre God (III)). Stasjonen i Breviksfjorden står i god kontakt med utenforliggende områder og oksygenforholdene i bunnvannet er generelt gode. Unntaket var 2011 med lave oksygenkonsentrasjoner og Mindre God tilstand. Oksygenforholdene i Håøyfjorden er omtrent på samme nivå som inne i Frierfjorden og betydelig dårligere enn i Breviksfjorden. Dypområdene i Håøyfjorden ligger innenfor forholdsvis grunne terskler og sirkulasjonen i overflaten er noe lavere enn i Breviksfjorden. Lengre oppholdstid for vannet, noe høyere produksjon, samt topografiske forhold fører til dårligere oksygenforhold i Håøyfjorden enn i Breviksfjorden. På stasjonen i Håøyfjorden har tilstanden med hensyn på oksygen variert fra Meget dårlig (V) til Mindre God (III). Den beste tilstanden ble registrert i 2010 etter en stor utskiftning av bunnvannet.

### 3.7.2 Planteplankton

Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) har i overvåkningsperioden for det meste gitt Meget God til God tilstand i de vestre deler av Ytre Oslofjord, unntatt Vestfjorden ved Tønsberg som hadde Mindre god tilstand i 2009 (Tabell 11). Stasjonene på vestsiden av Oslofjorden viser en forholdsvis lik artssammensetning av planteplankton. Mange av de dominerende og fremtredende artene man registrerer sentralt i Oslofjorden, registreres også i disse fjordene. I Tabell 12 er de hyppigst observerte og dominerende arter/slekter vist. En del av disse forekommer i så store tettheter enkelte år at de danner oppblomstringer. For eksempel *Ceratium fusus* i Sandefjordsfjorden og *Leptocylindrus danicus* i Tønsbergfjorden, begge i 2009. I 2011 ble det registrert en rekke arter tilknyttet brakkvann. I Larviksfjorden var *Chaetoceros subtilis*, *C. thronsenii* og *Cyclotella choctawhatcheana* forholdsvis vanlige på sommeren og utover høsten, samtidig som det ble registrert betydelige nedbørsmengder. *Cyclotella* ble samtidig registrert i Sandefjordsfjorden og Tønsbergfjorden, men med noe mindre tetthet.

Tabell 12. Fremtredende og dominerende arter i fjorden på vestsiden av Oslofjorden.

Sandefjordsfjorden, Tønsbergfjorden og Larviksfjorden	
Kiselalger	Dinoflagellater
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Ceratium spp</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Gymnodinium spp</i>
	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	<i>Heterocapsa rotundata</i>
<i>Proboscia alata</i>	
<i>Chaetoceros wighamii</i>	
<i>Skeletonema costatum</i>	

I slutten av august i 2007 ble det observert «tomatsuppe» i sjøen mange steder i Vestfold, noe som skapte bekymring hos folk. Det var særlig i bukter og vikene disse observasjonene ble gjort (Figur 29). Tidligere i august var det gjort tilsvarende observasjoner på sørlandskysten. Under overvåkingsprogrammet ble det observert rødfarget vann også i åpent farvann, både ved Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden. Prøver av vannet ytterst i Sandefjordsfjorden kunne bekrefte at det, som forventet, var masseforekomster av den store heterotrofe dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* som var årsaken til rødfargen.

Denne planktonorganismen er en av artene som skaper morild, det lysfenomen som særlig nattetid om sensommeren kan observeres i sjøen, spesielt når flagellaten påvirkes av vannbevegelser. Rører en i vann som inneholder mye *Noctiluca*, vil sjøen lyse opp. *Noctiluca* produserer ikke giftstoffer, men det er registrert omfattende død av fisk og virvelløse dyr i forbindelse med masseforekomster av den. Dette har sannsynlig sammenheng med *Noctiluca*'s evne til å kunne akkumulere ammoniakk som kan skilles ut. Det er ikke rapportert om negative effekter fra den oppblomstringen som ble observert i 2007.

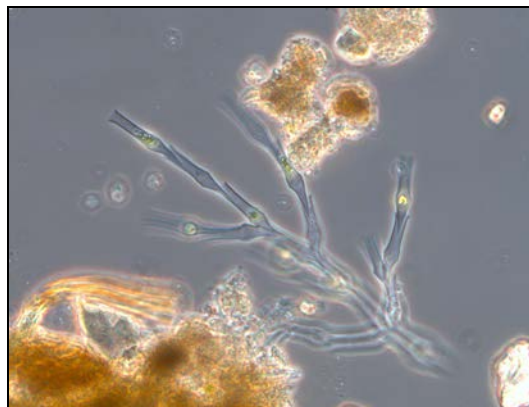


**Figur 29.** Masseforekomster av den store planktonorganismen *Noctiluca scintillans* i Ytre Oslofjord. Til høyre mikroskopibilde av et individ. Foto: Are Pedersen, NIVA.

Den betydelige gradienten i ferskvannspåvirkning fra Frierfjorden og ut til Håøyfjorden påvirker sammensetningen av alger (Tabell 13). Inne i Frierfjorden finner man en rekke av de samme artene som i Drammensfjorden; *Dinobryon divergens*, *Thalassionema nitzschoides* og *Chaetoceros subtilis* er vanlige og fremtredende arter, alle knyttet til ferskvannspåvirkede områder. Breviksfjorden er i stor grad påvirket av vannmasser fra Frierfjorden og flere av brakkvannsartene registreres også her. Samtidig er det en viss påvirkning fra utenforliggende områder, og en rekke av artene observert i Ytre Oslofjord er også registrert i Breviksfjorden og Håøyfjorden. 2011 var spesiell også i Grenland, *Diatoma*, *Chaetoceros thronsdensei* og *Dinobryon* sp ble registrert på alle lokalitetene sommer/høst. Det er uvanlig at disse tre artene observeres over flere prøvetakninger og i forholdsvis stor tetthet i Breviksfjorden og Håøyfjorden. *Diatoma* registreres årlig i Frierfjorden, men de to andre kun sporadisk.

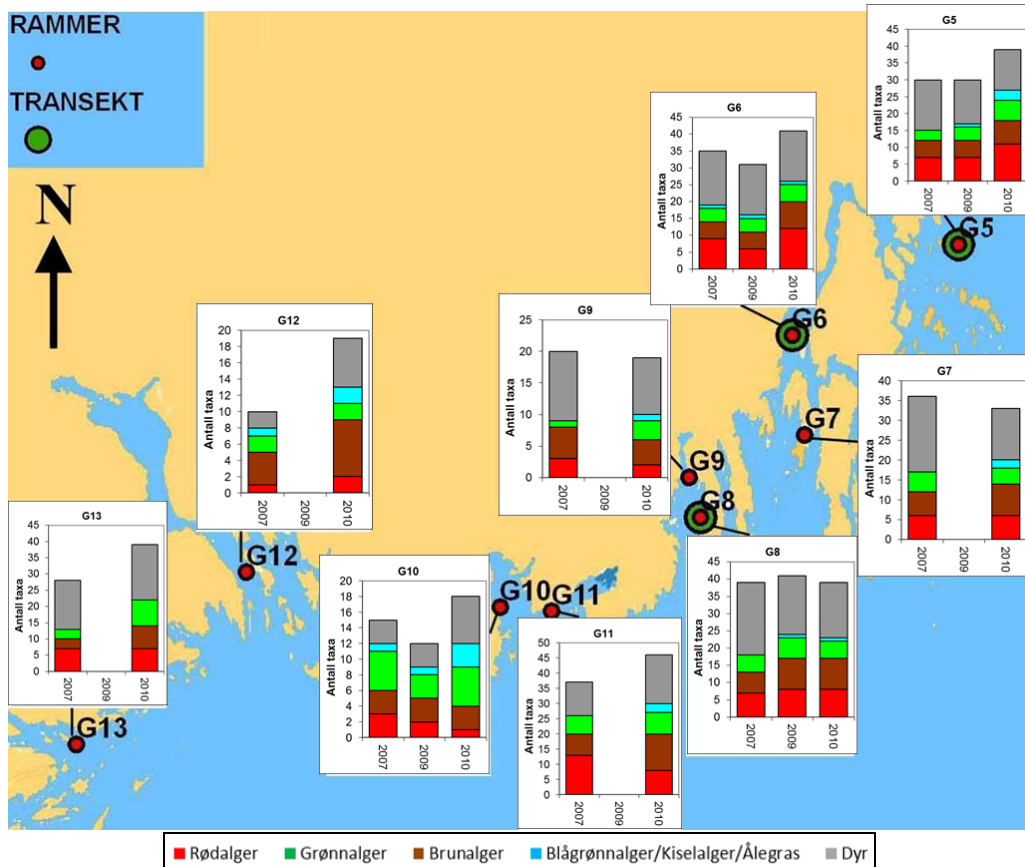
Tabell 13. Fremtredende og dominerende arter i Grenland.

Håøyfjorden og Breviksfjorden		
Kiselalger	Dinoflagellater	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Ceratium spp</i>	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Gymnodinium spp</i>	
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	
<i>Chaetoceros subtilis</i>		
<i>Chaetoceros wighamii</i>		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		
<i>Skeletonema costatum</i>		
Frierfjorden		
Kiselalger	Flagellater	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Ceratium spp</i>	<i>Dinobryon divergens</i>
<i>Asterionella sp</i>	<i>Gymnodinium spp</i>	<i>Eutreptiella sp</i>
<i>Tabellaria sp</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	
<i>Chaetoceros subtilis</i>		
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>		
<i>Chaetoceros wighamii</i>		

Kiselalgen *Thalassionema nitzschioides*. Foto: HIFlagellaten *Dinobryon divergens*. Foto: HI

### 3.7.3 Bunnområdene

Stasjon G10 i Larviksfjorden skiller seg ut med en relativt stor andel av grønnalgearter (45 %) i forhold til brun- og rødalger i strandsonen (Figur 30), og dette indikerer forhøyede mengder av næringssalter i vannmassene, slik også påpekt i tidligere undersøkelsesår. Merk at også ferskvannspåvirkning favoriserer forekomst av grønnalger, og Larviksfjorden er ferskvannspåvirket. I forhold til nedre voksegrense for alger så var tilstanden Meget god på stasjon G10 i det året den ble undersøkt (Tabell 14). På de to øvrige dykkestasjonene, ved Sandefjord (G-8) og Tønsberg (G-5), har tilstanden også vært Meget god eller God.



Figur 30. Antall taxa av alger og dyr i strandsonen på stasjonene i vestre deler av Ytre Oslofjord. Merk ulik skala på y-aksene.

Tabell 14. Tilstandsklassifisering (EQR) i henhold til nedre voksegrense for makroalger på tre dykkestasjoner i vestre deler av Ytre Oslofjord i 2007 og 2010. Det ble kun dykket til 10m dyp på G8 i 2007.

G5 Torgersøy v. Tønsberg	G8 Hellsøy v. Sandefjord	G10 Lillevikodden v. Larvik
<b>2007</b>		
MEGET GOD	GOD	MEGET GOD
<b>2010</b>		
GOD	MEGET GOD	Ikke undersøkt

Likhetsanalyse av organismesamfunnene i øvre rammenivå på strandstasjonene viser at 2009 og 2010 er relativt like for de fleste stasjonene. Kun stasjon G5 ved Vallø og G6 i Tønsbergfjorden viser større endringer i samfunnene mellom 2009 og 2010 (Waldy et al. 2011). På begge stasjonene ble det registrert flere taxa i 2010 enn i 2009. Det ble gjort en analyse (SIMPER) for å klargjøre hvilke fem arter som har størst betydning for ulikhetene mellom årene på de to stasjonene:

- På stasjon G5 ved Vallø ble det registrert høyere forekomst av fjærerur, kiselalger/blågrønnalger og butt strandsnegl i 2010. Det ble også registrert store forekomster av blågrønnalgen *Rivularia* sp. og juvenil strandsnegl i 2010, disse to gruppene ble ikke registrert på stasjonene i 2009.
- På stasjon G6 i Tønsbergfjorden ble det registrert høyere forekomst av *Rivularia* sp., juvenil strandsnegl, juvenil rur og butt strandsnegl i 2010, mens det ble registrert lavere forekomst av brakkvannsrur.

SPI-undersøkelsene har vist Meget dårlige bunnforhold i sedimentene i de dypere delene av Frierfjorden (BC-1), Håøyfjorden (GI-1) og i Tønsberg havn (TF-3) gjennom flere år (Tabell 15 og Tabell 16). Dette har sammenheng med oksygenforholdene i bunnvannet. I 2011 var det imidlertid Gode forhold i Tønsberg havn.

Forholdene i bunn sedimentene på grunnere områder har hele perioden vært Gode eller Meget gode i Frierfjorden (GFG-1 og GFD-3), i Larviksfjorden (LF-1 og LA-1), ytre Sandefjordsfjorden (SAF-1) og stasjonene TF-1, TF-2, TØ-1 og TØ-2 ved Tjøme/Nøtterøy har også hatt gode eller meget gode forhold. Ved Træla (TF-4) rett utenfor Tønsbergkanalen har det vært en positiv endring fra dårlige forhold i de tidligere undersøkelsene (2007-2009) til mindre god status i 2010 og 2011, hvilket sannsynligvis henger sammen med bedre oksygenforhold i området. Sammensetningen av bunnfaunanen på 105m dyp ble undersøkt i Larviksfjorden i 2008 og resultatene viste da en god tilstand (konf. Figur 24).

Klassifiseringen av dypere områdene i Frierfjorden viser en tydelig kobling mellom forholdene i vannmasser og bunnområder (Tabell 11 og Tabell 16).

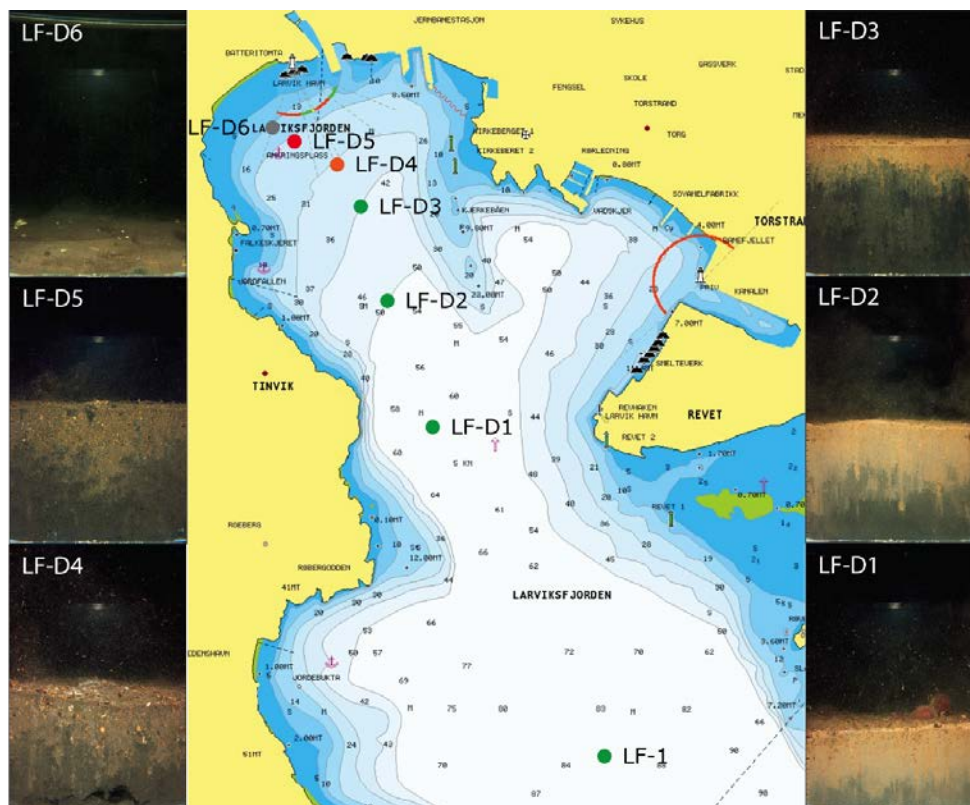
Larviksfjorden og Tønsbergfjorden ble i 2010 undersøkt med ekstra fotografering av sedimentene langs dybdegradier: I Larviksfjorden var bunnforholdene gode fra 85 (LF-1) til 40m dyp (Figur 31). Grunnere, på 30 og 20m dyp, ble forholdene klassifisert som dårlige og meget dårlige, sannsynligvis grunnet stor ferskvannspåvirkning gjennom avrenning fra Farris og fra Numedalslågen, og utslipp av organisk materiale fra lokalt tresliperi. I Vestfjorden innenfor Nøtterøy var bunnforholdene meget dårlige i dybbassenget mellom 16,5 og 13,5m dyp, og i Tønsberg havn på 13m (TF-3), mens tilstanden var god på 8m dyp ved utløpet fra Aulielva og syd i de ytre deler av Vestfjorden på 10,5m dyp (se også kap 4.4.2).

Tabell 15. Sedimentkvalitet i Vestfoldområdet. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativt rødt tall indikerer at tilstanden er blitt redusert. Grå felter indikerer at det enten ikke er tatt prøver eller at det ikke har vært mulig å klassifisere bildene.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
H-1	Oslofjorden v Rauer	343						-3,7
LA-1	Larviksfjorden	105						-1,4
LF-1	Larviksfjorden	85						1,6
SAF-1	Sandefjordsfjorden	55						-0,1
TF-1	Tjøme	44						1,3
TF-2	Tønsbergfjorden	54						0,3
TF-3	Tønsberg	13						7,0
TF-4	Træla	10,5						6,0
TØ-1	Tønsbergfjorden	74						1,5
TØ-2	Nøtterøy	38						-3,0

Tabell 16. Sedimentkvalitet i Grenlandsfjordene. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativt rødt tall indikerer at tilstanden er blitt redusert.

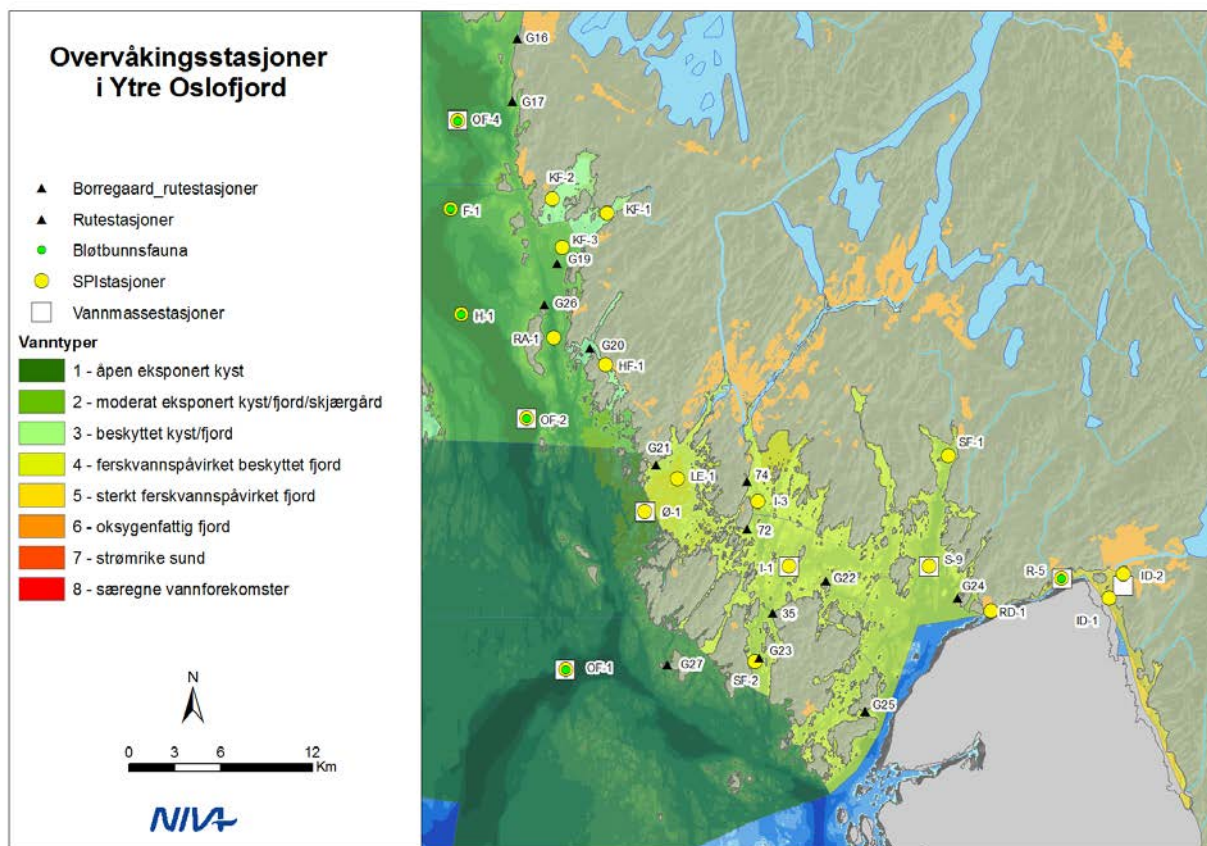
Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
BC-1	Frierfjorden	94						-0,6
GFD-3	Frierfjorden	42						-0,2
GFG-1	Frierfjorden	17						0,0
FG-1	Brevikfjorden	105						0,8
GI-1	Håøyfjorden	205						-8,7
GKD-1	Brevikfjorden	47						-2,0



Figur 31. Tilstandsklasser på bløtbunn i Larviksfjorden i 2010 i henhold til BHQ-indeksen, og bilder fra samtlige stasjoner langs dybdegradienten fra 60 til 10 m dyp.

### 3.8 Vannkvalitet i Hvalerområdet

Hvalerområdet omfatter stasjoner i randområdet fra Hankø og sørover til svenskegrensen. I 2010 og 2011 var det en utvidet overvåking i Hvaler-estuaret som ble finansiert av Borregaard. Dybdeforhold, og de ulike vann typer og vannforekomster i Hvalerområdet er vist på kartet i Figur 32.



Figur 32. Vann typer, vannforekomster og stasjoner i og rundt Hvalerområdet.

#### 3.8.1 Tilstandsklassifisering

I likhet med i Grenlandsfjordene utgjør også stasjonene i Hvaler en gradient fra sterkt ferskvannspåvirkede og lite bølgeeksponerte vannmasser til moderat eksponert kyst med saltere vann. Basert på klassifiseringer fra sommerperioden (Tabell 17) er det også en tydelig gradient i tilstand fra de indre områdene (Ringdalsfjorden) med Mindre Gode (III) til Dårlig (IV) til Leira der forholdene er Meget Gode (I) til Mindre Gode (III). Sør for Rauer (OF-2) er det i hovedsak Meget gode forhold, slik det stort sett har vært i hele perioden.

For Iddefjorden, Ringdalsfjorden og Haslau har det vært små endringer i de kjemiske forholdene i overvåkingsperioden. Tilstanden er litt redusert i Ringdalsfjorden fra perioden 2001-2005 til 2007-2011, både for sommer og vinter. Ved Haslau er forholdene litt redusert i sommerperioden, mens det basert på data fra 2011 i vinterperioden ekan antydes en forbedring. I Iddefjorden er de kjemiske forholdene omtrent uendret (dsv. i hovedsak Gode (II) til Mindre Gode (III)). Iddefjordstasjonen kommer i hovedsak bedre ut i den kjemiske tilstandsvurderingen enn den utenforliggende stasjonen i Ringdalsfjorden.

Inne i Hvalerestuaret viser Ramsø variasjon mellom årene, men det generelle inntrykket er noe forverring av flere av de kjemiske parametrene i sommerperioden i 2011 sammenlignet med tidligere år. Ved Leira ) er forholdene alt i alt bedre enn lengre inn i Hvalerestuaret. Ved denne stasjonen er forholdene lite endret i overvåkingsperioden, med Mindre God (III) til Meget God (I) tilstand. For vinterperioden har det vært en forbedring av tilstanden de siste årene, i 2011 var den Meget God (I) til God (I).

Tabell 17. Vannkvalitet i Hvalerområdet i Ytre Oslofjord gjennom overvåkingsperioden 2007-2011, og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)						Høst (sept-nov)	Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N
ID-2 Iddefj	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
RA-5 Ringdalsfj	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
S-9 Haslau	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
I-1 Ramsø	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
Ø-1 Leira	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
OF 1 Torbjørnskj	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	
OF 2 Rauer	2001-2005											
	2007	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2008	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2009	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
	2010	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II
2011	II	II	III	III	III	III	V	II	II	II	II	

Tilstandsklasser

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

For tilstandsvurdering etter klorofyll-a kan området deles i to. Ved stasjonene Iddefjorden, Ringdalsfjorden og Haslau er tilstanden generelt Mindre God (III). i perioden For Ramsø er tilstande generelt God (II), mens Leira er God til Mindre god.

Det er også en gradient i oksygenforholdene i bunnvannet (Tabell 17). I Iddefjorden er oksygenforholdene Meget Dårlige (V), mens forholdene i Ringdalsfjorden er Dårlige (IV). For Haslau er det registrert en bedring fra 2001-2005-periodens Mindre God (III) til tilstandsklasse God (II) til Meget God (I) for perioden 2007-2011. Ved Ramsø er oksygenforholdene i bunnvannet dårligere (Dårlig (IV)) enn



ved Leira og Haslau. Som observert i andre deler av Ytre Oslofjord kan slike forskjeller ikke forklares av lokale kjemiske forhold eller lokal pelagisk produksjon, men av topografiske forhold og tilførsler fra utenforliggende områder (blant annet organisk materiale med elvene).

### 3.8.2 Planteplankton

Planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) har i overvåkingsperioden for det meste gitt God eller Mindre god tilstand i Hvalerområdet, med dårligst tilstand på de østligste stasjonene og best tilstand på OF 1 og OF 2 (Tabell 17). Som i de øvrige områdene er det også ved Hvaler forskjeller i planktonets artsammensetning mellom stasjonene. I de ytre områdene, Leira og Ramsø, er det mange likhetstrekk med det som registreres i ytre del av Oslofjorden. I perioder er påvirkningen fra de innenforliggende områdene større og planteplanktonet er mer likt de indre stasjonenes. I ekstreme tilfeller (storflom) vil også sammensetningen på OF-1 og OF-2 påvirkes av de indre områdene, som for eksempel i 2011, og en kort periode i 2010. I disse årene var arter som *Chaetoceros thronsenii*, *Prorocentrum minimum* og *Dinobryon* spp forholdsvis tallrike ved de ytre OF-stasjonene. I andre år, f.eks 2009, registrerte man stor influens fra de utenforliggende områder, med forholdsvis stor antall av *Ceratium* spp. Selv om det er stor dynamikk gjennom perioden er det enkelte arter/slekter som er fremtredende på de ulike stasjoner innover i Hvalerområdet (Tabell 18).

For flere av artene er det en markant gradient i forekomst fra de ytre områdene og innover. Slekten *Pseudo-nitzschia* og *Ceratium* er forholdsvis vanlig ved Leira og Ramsø og i enkelte år også ved Haslau. Derimot er slekten sjelden observert lengre inn.

Arter knyttet til brakkvann, *Chaetoceros thronsenii* og *Dinobryon* spp, er mer tallrike og hyppigere i de indre delene og kun i perioder med stor avrenning og transport av brakkvann ved de øvrige stasjonene. I 2011 og 2010 var flere av disse artene vanlige i hele Hvalerområdet, f.eks ble *Chaetoceros thronsenii* registrert ved OF-1 og OF-2 på sensommeren.

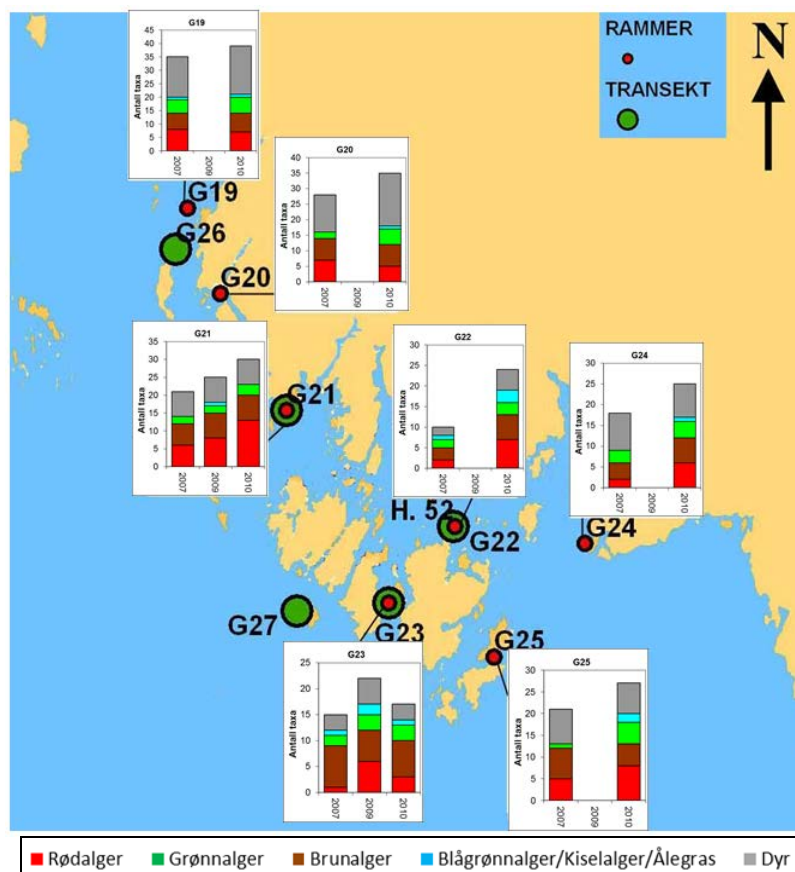
Dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* har i flere av årene (2007, 2009 og 2010) forekommet i oppblomstringstettheter. Den høyeste tettheten ble registrert i Ringdals- /Haslauområdet. I 1979 ble arten for første gang dokumentert i Nord-Europa under en massiv oppblomstring nettopp i Ytre Oslofjord. *P. minimum* har vært knyttet til giftopphopning i skjell (Yessotoksiner) og kan pga høy biomasse ha negativ effekter på andre organismer.

Tabell 18. Fremtredende og dominerende arter i Hvalerområdet.

Leira og Ramsø		
Kiselalger	Dinoflagellater	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	<i>Ceratium</i> spp	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Gymnodinium</i> spp	
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Prorocentrum micans</i>	
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<i>Prorocentrum minimum</i>	
<i>Chaetoceros wighamii</i>		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		
<i>Skeletonema costatum</i>		
Haslau, Ringdalsfjorden og Iddefjorden		
Kiselalger	Flagellater	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Ceratium</i> spp	<i>Dinobryon divergens</i>
<i>Chaetoceros subtilis</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>	<i>Eutreptiella</i> sp
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>		
<i>Chaetoceros wighamii</i>		
<i>Chaetoceros thronsenii</i>		
<i>Cyclotella</i> sp		

### 3.8.3 Bunnområdene

På samtlige strandsonestasjoner har det vært en økning i antall taxa av alger og dyr siden 2007 (Figur 33). Kun stasjon G23 i Løperen viste negativ endring mellom 2009 og 2010. Det ble gjort en analyse (SIMPER) for å klargjøre hvilke fem arter som er hovedårsaken til ulikhetene mellom de to årene på denne stasjonen. På stasjon G23 i Løperen ble det registrert høyere forekomst av kiselalger/blågrønnalger og fjærerur i 2010, mens det ble registrert lavere forekomst av grønske og brunt på fjell/*Ralfsia* sp. Brakkvannsrur, som var relativt vanlig på stasjonen i 2009, ble ikke registrert i 2010. Endringene kan skyldes den kalde vinteren 2010 med mulig isskuring i fjæra.



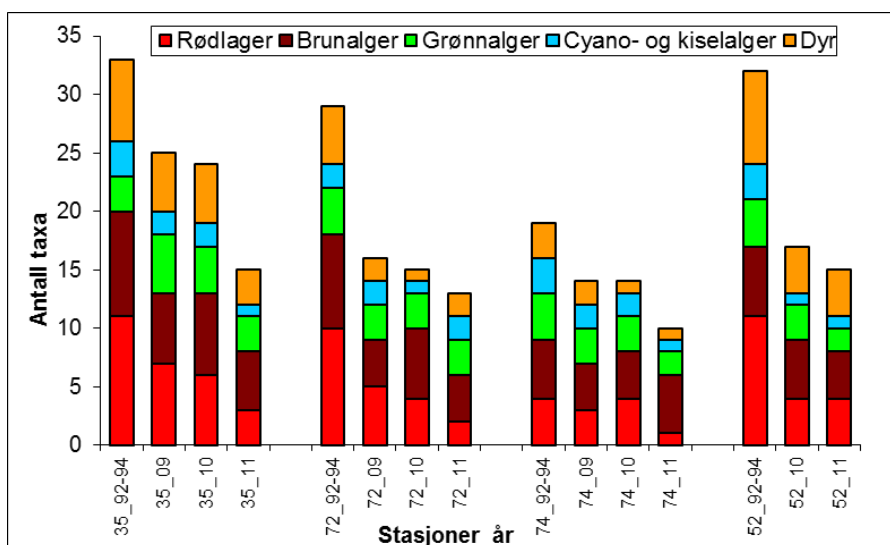
Figur 33. Antall taxa av alger og dyr i strandsonen på stasjonene i Hvalerområdet.

Det har i overvåkingsperioden vært dykket på 4 stasjoner i Hvalerområdet. I Tabell 19 er det gjort en tilstandsklassifisering av stasjonene for nedre voksegrense for makroalger i hht Vannforskriften. De to mest eksponerte stasjonene, Veslekalven og Akerøya, kom begge ut med God tilstand begge årene de ble undersøkt. Stasjonen Kråka som ligger i Løperen har bedret sin tilstand fra Moderat i 2007 til God i 2010. Vestre Damholmen ligger i Hvalerestuaret og ble kun undersøkt i 2010, da var tilstanden Moderat.

Tabell 19. Tilstandsklassifisering (EQR) i henhold til nedre voksegrense for makroalger på fire dykkestasjoner i Hvalerområdet i Ytre Oslofjord i 2007 og 2010.

G23 Kråka i Løperen	G26 Veslekalven	G27 Akerøya	St. 52 V. Damholm
<b>2007</b>			
MODERAT	GOD	GOD	Ikke undersøkt
<b>2010</b>			
GOD	GOD	GOD	MODERAT

I september 2009-2011 ble strandsonen inne i Hvalerestuaret undersøkt med spesiell tanke på hvilke mulige effekter av stopp av Borregaards renseanlegg høsten 2008 kunne ha på hardbunnsorganismer. Til vurdering av resultatene ble det sammenlignet med data fra tidligere innsamlinger på samme stasjoner (Moy & Walday 1996). Det ble også benyttet samme semikvantitative metodikk som Moy & Walday (1996) som skiller seg noe fra de rammeundersøkelser som for øvrig brukes i overvåkingen. På alle stasjoner ble det registrert færre arter i 2009-2011 enn ved undersøkelsene 1992-1994 (Figur 34). Resultatene tyder totalt sett på en betydelig endring i organismesamfunnene mellom 1992-94 og undersøkelsene utført i 2009-2011. Det kan ut fra undersøkelsene ikke trekkes sikre konklusjoner med hensyn til årsakssammenheng. Det har skjedd en nedgang i antall registrerte arter/taxa ved alle stasjonene fra 1992/94 til 2011, men det er sannsynlig at de endringene som er observert skyldes andre forhold enn stopp av renseanlegget. Et forhold som underbygger dette er at ruteundersøkelsene fra Hvalerområdet i 2007, før renseanlegget ble stoppet, stort sett viser et lavere artsantall enn i årene etter (2009 og 2010), se Figur 33.



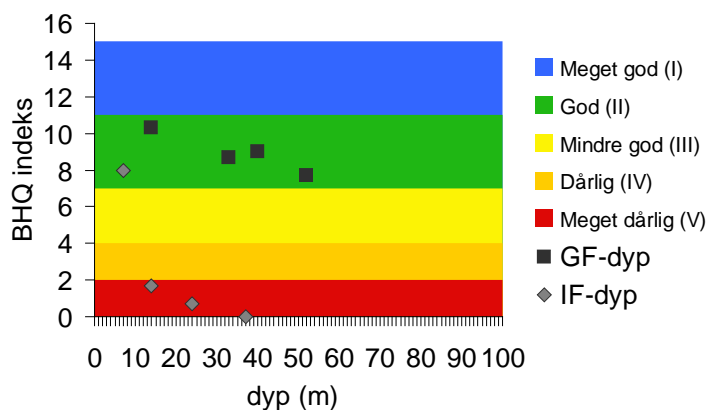
Figur 34. Antall taxa registrert med semi-kvantitativ metodikk i strandsonen på stasjon 35, 52, 72 og 74 i Hvalerområdet, undersøkt i 1992-94, 2009, 2010 og 2011 (Stasjon 52 ble ikke undersøkt i 2009). Algene er inndelt i rød-, brun-, grønn-, cyano- og kiselalger. Registreringer av mobile og døde dyr er ikke tatt med i oversikten.

Resultatene fra undersøkelsene av sedimentene på litt dypere bunnområder er vist i Tabell 20. Det er God tilstand på de fleste stasjonene med unntak av I3 ved Glommas munning, ID-1 i Iddefjorden og HF-1 Hankøundet. Noen av stasjonene har imidlertid fått redusert tilstand gjennom perioden. Verdt å nevne i så måte er stasjonene ved Leira, Singlefjorden og Løperen (se Tabell 17), men tilstanden i disse områder er fortsatt God tross en noe redusert tilstand.

Undersøkelser i ulike dyp i Glommas munningsområde og i Iddefjorden i 2007 viste Meget dårlig tilstand i Iddefjorden dypere enn ca. 10 meter, mens tilstanden i sedimentene utenfor Glomma var God i den dybdegradient som ble undersøkt (15-51 m dyp, Figur 35). I 2009 og 2010 ble det prøvetatt et sett med ekstra stasjoner rundt Glommas munningsområde og noe lenger ut i estuaret. I 2009 viste undersøkelsene en tydelig gradient utover fra Glomma, fra meget dårlige, dårlige, mindre gode, gode forhold og til meget gode forhold i området mellom Hvaler og fastlandet (Figur 36). I 2010 var det mindre god tilstand på de fire stasjonene nærmest Glomma. På de to stasjonene nærmere Løperen var det god tilstand og meget god tilstand. I 2011 viste stasjonen nærmest Glomma (I-3) igjen dårlig tilstand.

Tabell 20. Sedimentkvalitet i Hvalerområdet. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativtall indikerer at tilstanden er blitt redusert. Grå felter indikerer at det enten ikke er tatt prøver eller at det ikke har vært mulig å klassifisere bildene.

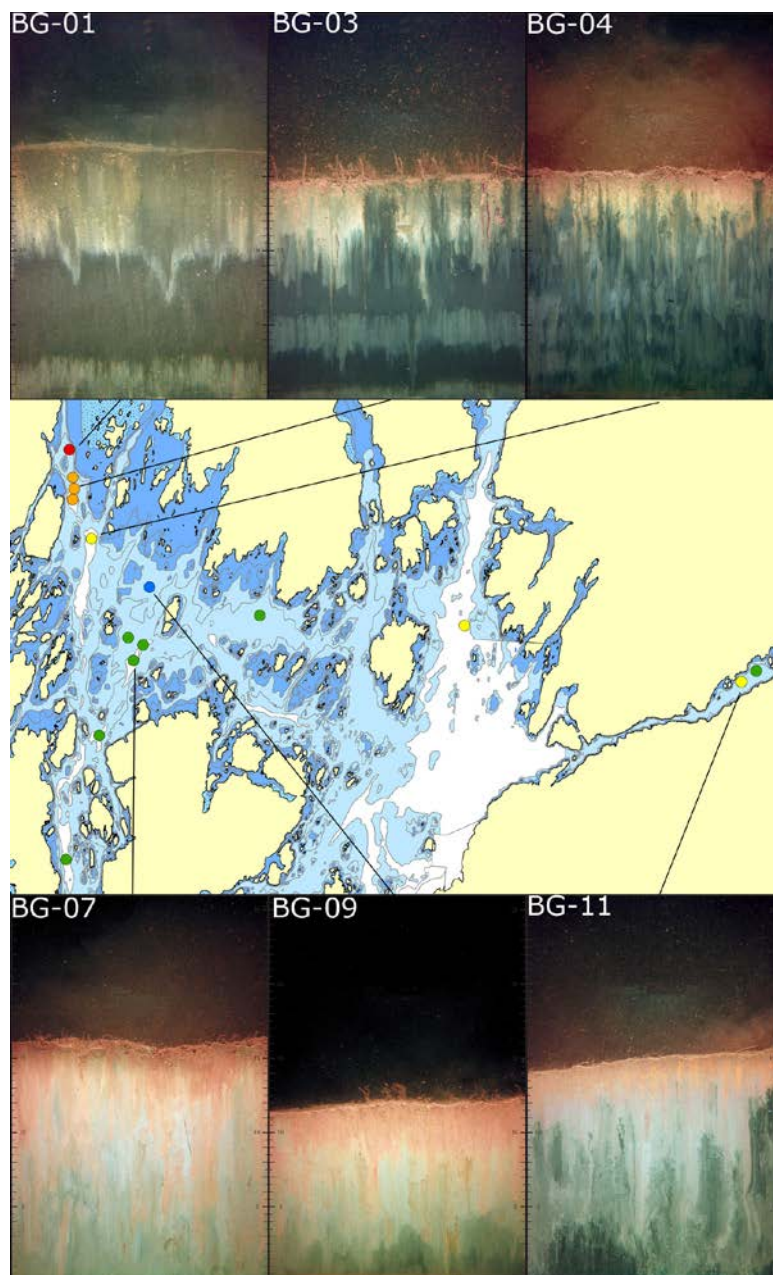
Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
HF-1	Hankøundet	7						-0,3
I-1	Hvaler	51						-1,3
I-3	Hvaler	54						0,2
ID-1	Iddefjorden	29						4,0
ID-2	Iddefjorden v Halden	8,1						-
LE-1	Leira	28						-3,2
Ø-1	Strømtangen	52						-1,4
R-5	Ringdalsfjorden	33						1,3
RD-1	Y. Ringdalsfjorden	32						-
RA-1	Rauerfjorden	120						-0,1
S-9	Singlefjord	95						-3,3
SF-1	Skjebergkilen	35						0,4
SF-2	Løperen	68						-3,0



Figur 35. Tilstandsklasse og BHQ-indeks i forhold til dyp i 2007 i østlig utløp av Glomma (GF-dyp) og i Iddefjorden (IF-dyp).

For å se om miljøtilstanden på bløtbunnsstasjonene inne i Hvalerområdet har endret seg over tid, har vi sammenlignet med tidligere undersøkelser som har blitt gjort i området. Faunadata med tilhørende tilstandsparametre (basert på data fra grabbprøver) fra 1980 og frem til 2011 er vist Tabell 21. En del stasjoner fra tidligere år har andre stasjonsnavn og avviker noe mht. plassering, men er allikevel representative for de gitte undersøkelsesområdene. Av tabellen fremgår det at tilstanden i undersøkelsesområdene stort sett har blitt bedre etter 1990 med en økning i antall arter og høyere

indeksverdier. På 1980-tallet ble det bygget flere større kommunale rensesanlegg og gjort tiltak i industrien som har hatt betydning for utviklingen i Hvalerområdet.



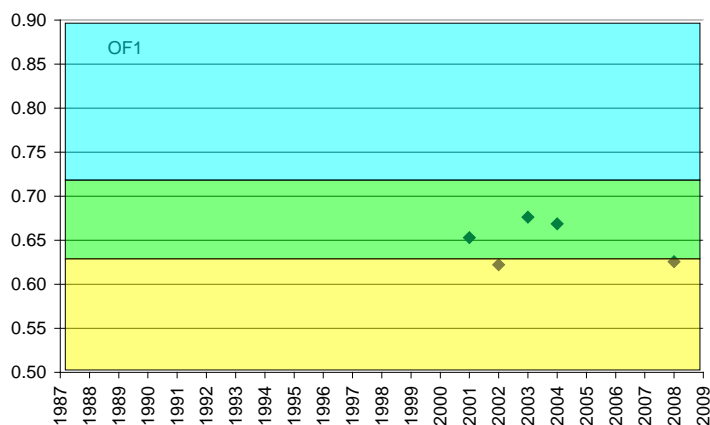
Figur 36. Tilstanden i sedimenter i Hvalerområdet i henhold til BHQ-indeksen i 2009.

Stasjonene i hovedfjorden viser god tilstand, unntatt OF-1 ved Torbjørnskjær utenfor Hvaler, der tilstanden har ligget nede på grensen mellom god og moderat tilstand, og iblant like under (Figur 37). OF-1 er den dypeste av stasjonene. Den ligger på samme dyp som den tidligere kystovervåkingsstasjonen A46, i et basseng med største dyp på 460 m. Tilstanden på A46 i 1990-2001 var moderat til god. Bassenget har en terskel mot Skagerrak i 260 m dyp. Stasjon OF-1 ligger altså 200m dypere enn terskelen. Fornyelsen av bunnvannet med nytt oksygenrikt vann kan derfor være mindre god. Topografien kan føre til at sedimenteringen av partikler fra Hvalerområdet er høyere. Slike faktorer kan gi dårligere faunatilstand. SPI-bildene fra denne stasjonen tydet på god tilstand, men viste tydelige merker av

trålaktivitet med svært få overflatestrukturer som børstemarkrør etc. sammenlignet med øvrige sentrale stasjoner i fjorden. Redoksforholdene var imidlertid gode ved stasjon OF-1, og dette bidro til å gi stasjonen en god BHQ-tilstand.

Tabell 21. Tilstandsparametre for bløtbunnsfauna i Hvalerområdet fra 1980 til 2011. Indeks-beregninger for 2011 er gjort per stasjon. Merk at en del data fra tidligere undersøkelser i området har andre stasjonsnavn og avviker noe i posisjon. For stasjonsplassering se Figur 32.

St.navn	År	Dyp	NQI1	NQI2	Diversitet (H')	Diversitet (ES <sub>100</sub> )	Sensitivitet ISI
<b>I-1</b>							
813	1980	51	0,496816	0,358933	2,200421	12,66925	5,539368
908	1982	50	0,691086	0,569607	3,4419469	27,16305	7,698226
215	1982	63	0,562428	0,466216	2,366792	11,40575	6,112308
908	1990	45	0,666869	0,613071	3,743372	21,68612	8,598722
908	1994	48	0,778204	0,730804	4,180523	26,7645	7,976093
IH45	2008	44	0,714609	0,683773	4,375782	29,05258	7,575158
IH60	2008	61	0,701152	0,694595	4,556208	28,30761	7,72074
I1	2011	51	0,669595	0,637235	4,004536	23,11978	7,87616
<b>S-9</b>							
917	1980	95	0,631494	0,547355	3,593474	21,52906	9,006625
917	1990	90	0,552	0,365019	1,753602	14,68346	8,983846
917	1994	94	0,659972	0,565136	3,594923	21,98552	8,863143
S9	2011	95	0,742695	0,705576	4,328337	27,89217	8,098919
<b>R-5</b>							
R-5	2001	34	0,583472	0,501949	3,181556	17,21844	6,346258
R-5	2002	34	0,608462	0,497	2,71263	14,25949	6,323652
R-5	2003	34	0,569081	0,491831	3,321797	19,9078	6,484471
R-5	2004	34	0,608715	0,486679	2,874938	16,21425	7,499371
R-5	2008	33	0,658639	0,576433	3,364336	19,54781	7,1984
R-5	2011	33	0,671402	0,634789	4,017469	24,29937	7,227065



Figur 37. Bløtbunnsfauna på OF-1 i Hvalerdypet: NQI-verdier og økologisk tilstandsklassifisering for de år stasjonene er blitt undersøkt.

## 4. Fokusområder

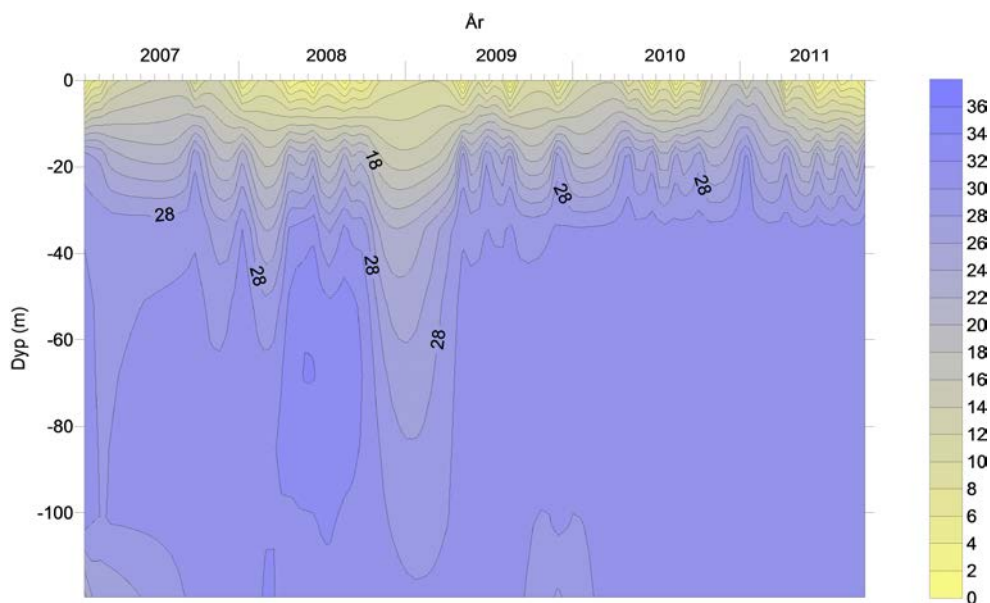
I det følgende rettes fokus mot forholdene i tre områder i Ytre Oslofjord som i overvåkingsperioden har vist en spesielt dårlig tilstand, og et område som har vist positiv utvikling i miljøtilstand.

### 4.1 Drammensfjorden

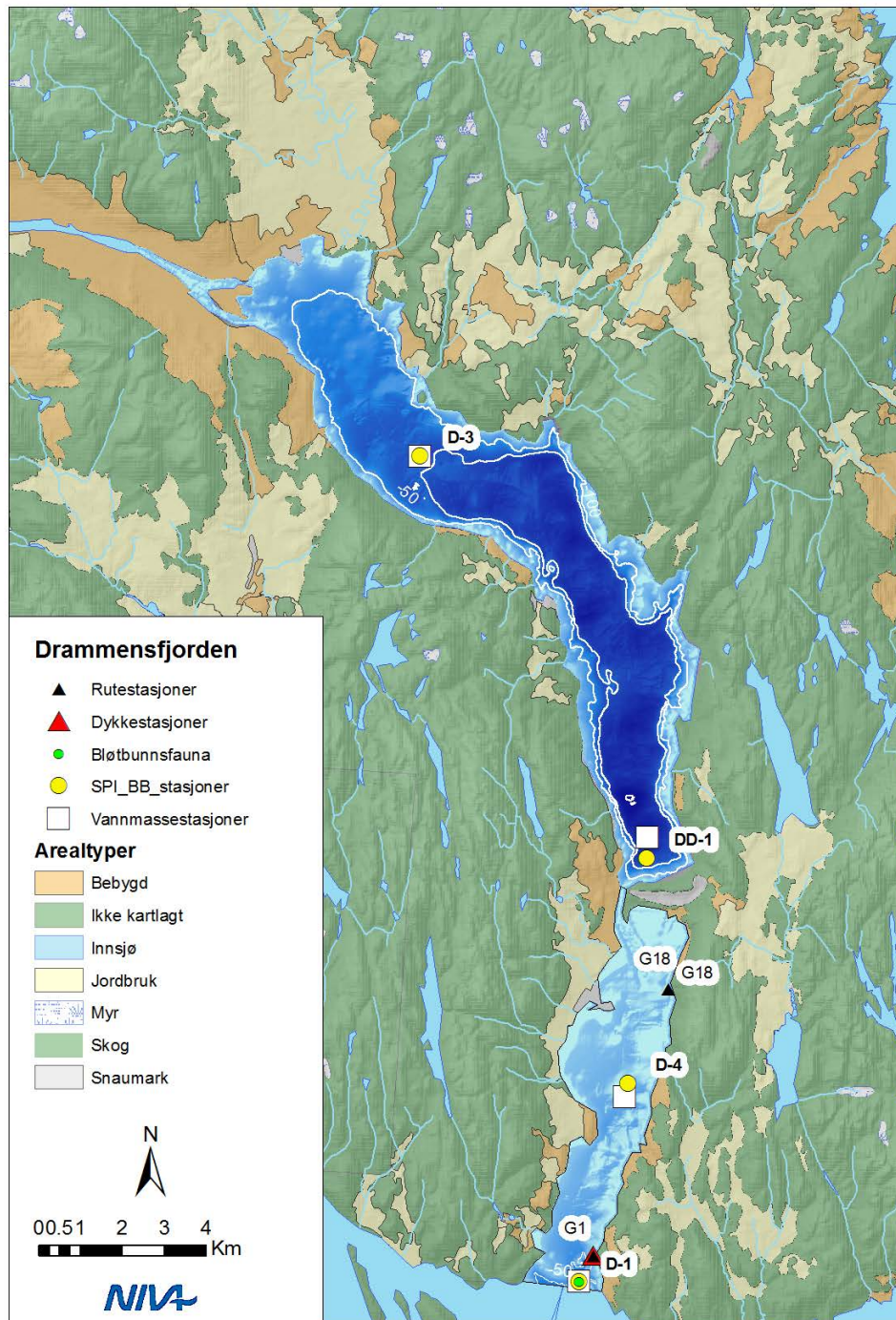
Drammensfjorden er en 30 km lang sidefjord av Oslofjorden som kan deles i en indre og en ytre del (Figur 39). Skillet mellom indre og ytre del er ved Svelvik, der fjorden har en terskel på ca 10m dyp. Svelvikterskelen er en del av moreneryggen tilhørende Ski-Ås-trinnet som markerer brefrontens beliggenhet for 10.500 år siden. Vanddyppet over terskelen har variert gjennom tidene. I nyere tid har terskeldypet vært ca 10 m. I perioden 2003–2006 ble Svelvikstrømmen utvidet for å bedre innselingen til Drammen. Hele ferdselstransektet ble utdypet til 12 m for å øke fremkommeligheten. Bunntopografien i Drammensfjorden gir en gradvis økning i største vanddybde fra ca. 10m i de indre delene til ca 124m rett på innsiden av Svelvik.

#### 4.1.1 Hydrografiske forhold

Overvåkningen i 2007-2011 har foregått ved 2 stasjoner innenfor Svelvik, stasjon D-2 (angitt som DD-1 på kartet) og den innerste D-3. Innerste del av fjorden mottar betydelige mengder ferskvann (ca.  $290 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) som blandes med marint fjordvann og gir et brakkvannslag (saltholdighet 1-15). Brakkvannslaget strømmer utover fjorden med en vertikal utbredelse fra overflaten og ned til ca 10m (terskeldypet). Det er en kraftig mer eller mindre permanent lagdeling i fjorden, som skiller brakkvannet i overflatelaget og vannmasser med mer marint innslag (saltholdighet 25). I Figur 38 er saltholdigheten ved Svelvik (D-2) vist for overvåkingsperioden. Figuren viser tydelig det nærmest permanente laget med brakkvann i overflaten, med større grad av marint innslag i de underliggende dypene. Brakkvannslaget ligger som et lokk i de øvre ca 10 meterene og hindre dermed en utskiftning av de intermediære og dypere vannlagene. Sporadisk vil saltere vannmasser kunne passere inn over terskelen ved Svelvik, anhengig av forhold utenfor terskelen og mengde ferskvann. Slike episoder vil normalt ikke føre til større utskiftninger av bunnvannet, men kan føre til endringer i de intermediære dypene. En kortere periode med høyere saltholdighet vinteren 2010/2011 i overflaten (Figur 38) medførte en marginal bedring i oksygentilstanden for 2011, sammenlignet med de øvrige årene (Tabell 22).



Figur 38. Saltholdighet i vannmassene på stasjon D-2 ved Svelvik i Drammensfjorden 2007-2011.



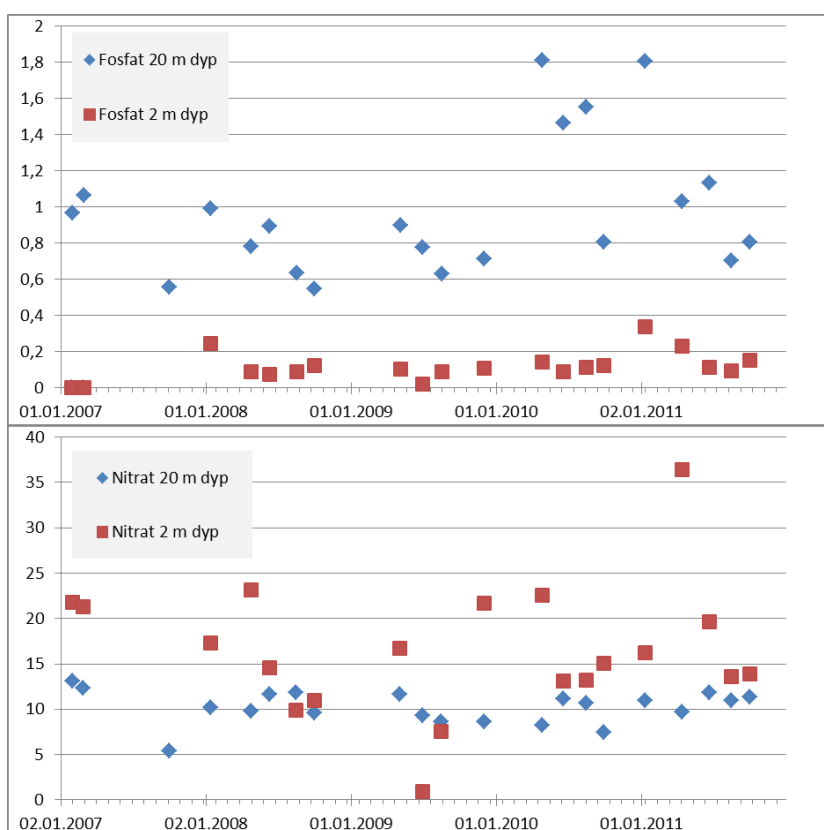
Figur 39. Drammensfjorden. Bunntopografi og stasjonsplassering.

På grunn av stor tilførsel av ferskvann, markant lagdeling, begrenset blanding og den grunne terskelen ved Svelvik er dette en fjord med lav frekvens i utskifting av dypvannet. Drammensfjorden har derfor et naturlig potensial for anoksiske forhold i dypvannet. Dette fører til at selv små endringer i klima og små belastninger vil kunne gi dårlige oksygenforhold i bunnvannet.



Drammenselva og området rundt har vært påvirket av menneskelig aktivitet siden midten av 1700-tallet (Alve 1991), først med sagbruksaktivitet og senere papirindustri, landbruk og spillvann. Undersøkelser av sedimentene i fjordsystemet viser at fjorden har vært påvirket av klimatiske endringer og økt belastning. De klimatiske endringene er knyttet til nedbørsendringer (fra før år 1000 til ca år 1400) som førte til redusert utskiftning av dypvannet. Fra 1800-tallet var det en økt tilførsel av organisk materiale, på grunn av menneskelig aktivitet, som resulterte i økt forbruk av oksygen i bunnvannet og dårlige forhold. Dagens overvåking av oksygenforholdene i dypvannet viser at disse forholdene vedvarer (Tabell 22), og bedring av forholdene vil sannsynligvis kreve drastiske tiltak, som å gjøre terskelen dypere, og muligens også grave vekk landområder på østsiden for å gjøre sundet bredere.

På grunn av den betydelige tilførsel av ferskvann registreres det forhøyede konsentrasjoner av næringssalter i overflatelaget, med dårligste forhold i de indre delene (Tabell 22). Næringssaltmålingene fra Svelvik (Figur 40) viser at det er betydelig høyere konsentrasjoner av nitrat i 2m dyp enn i 20m, samt at konsentrasjonen er relativt høy gjennom hele året. Sammenlignet med utenforliggende områder i Breiangeren (OF-5) er konsentrasjonen betydelig høyere. En gjennomgang av målingene i 2008 viste at konsentrasjon var fra 2-50x høyere ved Svelvik enn ved OF-5 i overflatelaget, med de største forskjellene i sommerperioden. Fosfat måles i høyere konsentrasjonene på 20 enn 2m dyp, antagelig fordi det dypere vannet har liten eller ingen kontakt med overliggende vannmasser slik at det er anrikning av P og intet forbruk. Verdiene i overflaten (Figur 40) ligger omtrent på normale nivåer, og er først og fremst styrt av forbruk i form av primærproduksjon.



Figur 40. Fosfat (øvre panel) og nitrat (nedre panel) i µM/l i 2m og 20m dyp på stasjon D-2 ved Svelvik i Drammensfjorden gjennom overvåkingsperioden.

Sommerklassifiseringen av fosfat tyder på at tilstanden for denne parameteren må anses som mindre god (Tabell 22). Næringssaltanalyser av dypvannet viser et høyt innhold av fosfat og silikat. Dette er naturlig for systemer med reduserte oksygenforhold og stagnerende vannmasser da disse næringssaltene frigis gjennom nedbrytningsprosesser av organisk materiale og jernoksider. Næringssaltene vil kunne transporteres ut av den indre delen av Drammensfjorden og påvirke de utenforliggende områdene. Den pelagiske produksjonen viser en gradient med lavere planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) i de indre delene og en større produksjon lengre ut i Drammensfjorden, og i utenforliggende områder.

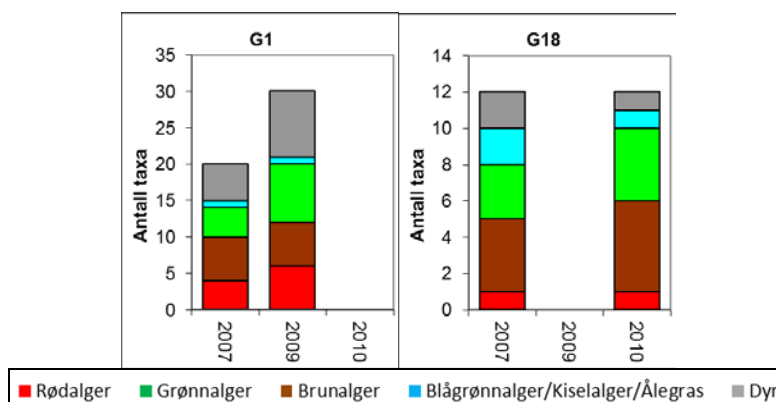
Tabell 22. Vannkvalitet i Drammensfjorden gjennom overvåkingsperioden 2007-2011, og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter. D-3 indre Drammensfjord, D-2 midtre Drammensfjord.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)					Høst (sept-nov)	Vinterverdier (des-feb)					
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a		Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N
D-3 Indre Drammensfj	2001-2005	III	III	IV	IV	III	III						
	2007	III	III	IV	IV	III	III						
	2008	III	III	IV	IV	III	III						
	2009	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III
D-2 Midtre Drammensfj	2001-2005	III	III	IV	IV	III	III						
	2007	III	III	IV	IV	III	III						
	2008	III	III	IV	IV	III	III						
	2009	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III
	2010	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III
	2011	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III

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

#### 4.1.2 Tilstand på bunnen

Det er undersøkt forhold i strandsonen på 2 stasjoner (Figur 39), G1 i Ytre Drammensfjorden og G18 ved Svelvik. G18 skiller seg ut med en relativt stor andel av grønnalgearter (36 %) i forhold til brun- og rødalger (Figur 41) og dette indikerer forhøyede mengder av næringsalter i vannmassene, slik også påpekt tidligere undersøkelsesår. Merk at også ferskvannspåvirkning, slik som i Drammensfjorden, favoriserer forekomst av grønnalger. Det er stor forskjell i antall taxa på de to stasjonene i Drammensfjorden. Det lavere antallet på G18 skyldes antagelig næringssaltpåvirkning, men også naturlig større ferskvannspåvirkning og lavere bølgeeksponering.



Figur 41. Antall taxa i strandsonen på stasjonene i Drammensfjorden. NB. ulike målestokk på y-aksene

Undersøkelsene av sedimentkvalitet har vist en bedring innenfor Svelvik (st D-3) (Tabell 23). Antagelig har det sammenheng med de bedre oksygenforholdene i vannmassene i 2010 (ref Tabell 22). Tidligere år i

perioden har den innerste stasjonen hatt meget dårlig sedimentkvalitet. Utenfor Svelvik har fjorden hatt god sedimentkvalitet i hele overvåkingsperioden.

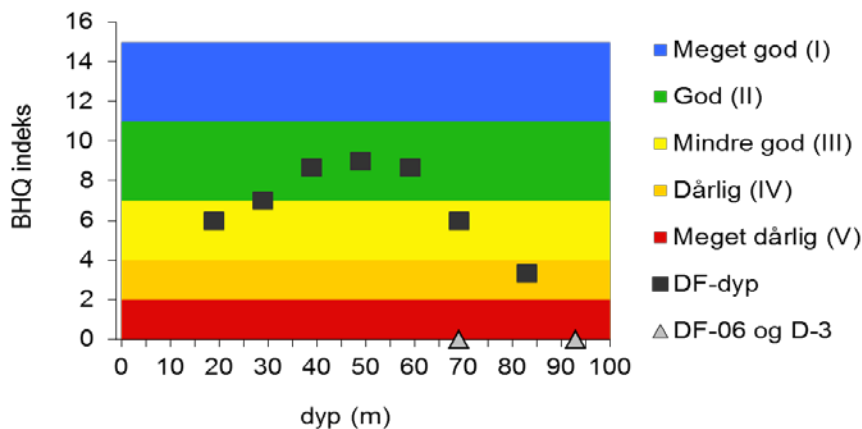
Faunaundersøkelser på bløtbunn er kun gjennomført på 84m dyp på en stasjon i munningen av Drammensfjorden (st D-1). I 2008 var det God tilstand på denne stasjonen (ref. Figur 24). Tidligere undersøkelser av bunnfauna på større dyp innenfor Svelvik har vist meget dårlig tilstand, med hydrogensulfid i store deler av vannmassene og fravær av fauna over store bunnarealer (Rygg 1986).

Tabell 23. Sedimentkvalitet i Drammensfjorden. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativt tall indikerer at tilstanden er blitt redusert.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
D-3	l. Drammensfj	97	Meget dårlig (V)	Meget dårlig (V)	Meget dårlig (V)	Meget dårlig (V)	Mindre god (III)	4,3
DD-1	Svelvik	107	Mindre god (III)	God (II)	Dårlig (IV)	God (II)	Mindre god (III)	1,7
D-4	Y. Drammensfj	22	God (II)	God (II)	God (II)	God (II)	God (II)	-1,4
D-1	Y. Drammensfj	85	God (II)	God (II)	God (II)	God (II)	God (II)	-1,2

I 2009 var det utvidete SPI-undersøkelser i Drammenfjorden. I Figur 42 er resultatene fra disse vist. De indre områdene, representert av stasjonene DF-06 og D-3, viste Meget dårlig og helt død bunn under 70m dyp, mens ytre Drammensfjorden, hvor en dybde-gradient bestående av 7 stasjoner ble fotografert (DF-stasjonene), viste en overgang til dårlig tilstand på stasjon DF-08 på 84m dyp.

Undersøkelsen fra Drammensfjorden viser at både område (skala) og dyp er av stor betydning ved vurdering av indre fjordområder.



Figur 42. Tilstandsklasse og BHQ-indeks på stasjoner i Drammensfjorden som ble undersøkt med utvidet fotografering år 2009. DF-06 og D-3 er stasjoner i indre Drammensfjord.

## 4.2 Grenlandsfjordene

### 4.2.1 Hydrografiske forhold

Grenlandsfjordene er et system av flere mindre fjorder som henger mer eller mindre sammen (Figur 43). Fjordsystemet har en rekke terskler med dypvannsområder mellom. For enkelte av disse områdene vil det i dypvannet registreres perioder med relativt lave oksygenkonsentrasjoner. Breviksfjorden har en ca 50m dyp terskel ut mot Langesundsbukta. Mellom Breviksfjorden og Frierfjorden er det en forholdsvis grunn terskel på ca 20m. Dypområdene i Håøyfjorden er avgrenset mot de utenforliggende områdene av en terskel på ca 35m. Havforskningsinstituttet har i en lengre periode foretatt regelmessig overvåkning av Grenlandsfjordene, de senere årene i samarbeid med Klif og Fagrådet for Ytre Oslofjord.

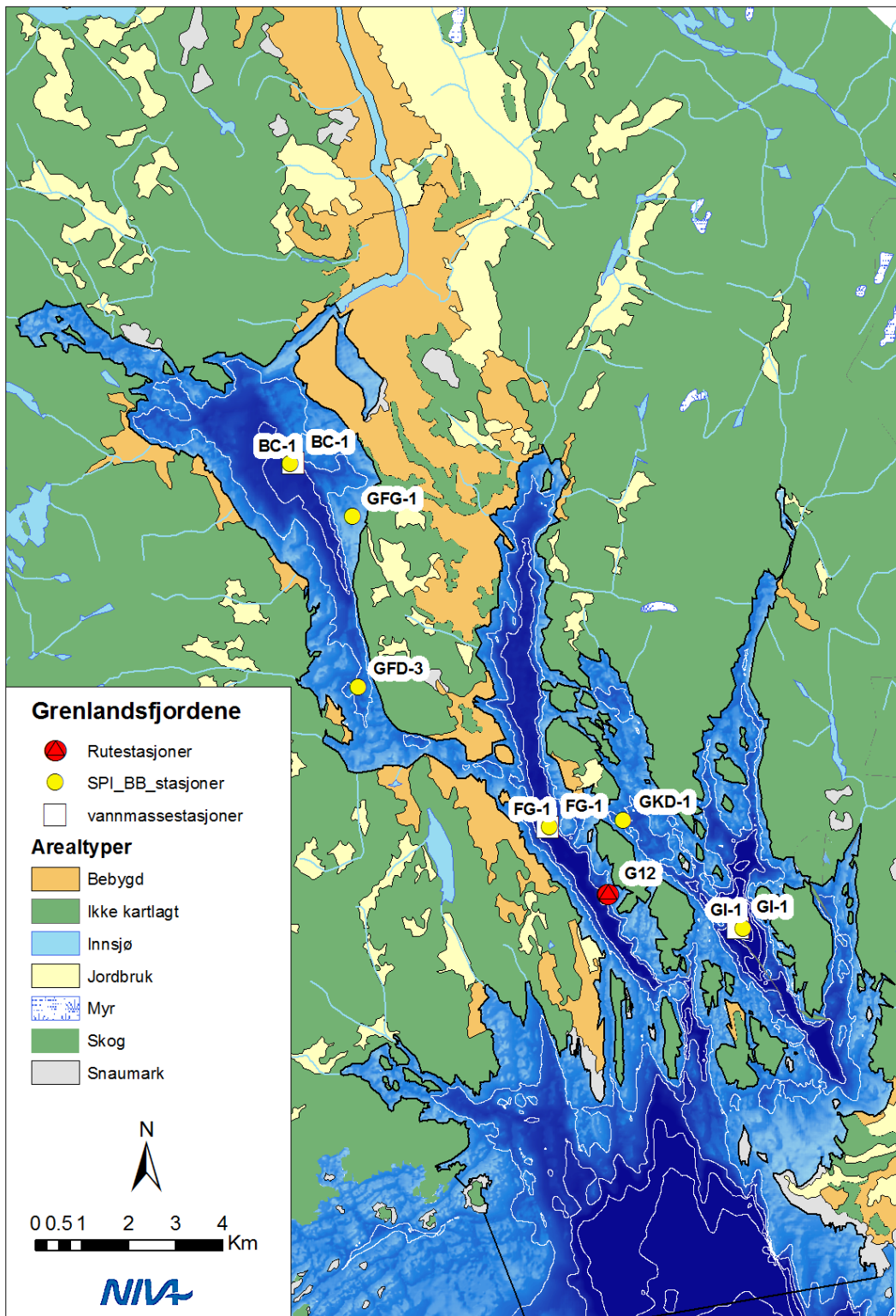
Vannutskiftning over terskeldyp i Grenlandsfjordene er i hovedsak bestemt av hydrografiske forhold i indre Skagerrak. I perioder med oppstuvning av kystvann mot kysten strømmer det vann inn i øvre lag og ut i nedre lag, over terskeldyp. Oppstrømning av dypere liggende saltere vann langs kysten fører til motsatt sirkulasjon. Når vannet i terskelnivå i en oppstrømningsperiode er tyngre enn bassengvannet i fjorden innenfor vil oksygenrikt vann strømme ned i dypbassengene.

Den store ferskvannstilførselen til Frierfjorden fra Skienselva skaper et lokalt utstrømmende brakkvannslag som påvirker fjordområdene utenfor Frierfjorden. Data fra saltholdighetsmålingene i de tre fjordene er vist i Figur 44. Tykkelsen av og saltholdigheten i brakkvannslaget i Grenlandsfjordene er avhengig både av ferskvannstilførsel og vindforhold. Inndeling av vannmassene i fjordsystemet viser at vannmasser med ulik opprinnelse påvirker området, samt at det er en gradient i påvirkningsgrad for de ulike vannmassene (Aure & Danielssen 2011). "Skagerrak kystvann" (Tabell 24) er mest fremtredende fra overflaten og til ca 40m dyp ute i Langesundsbukta, med perioder av innslag av brakkvann om våren og sommeren. Aure & Danielssen fant at "Skagerrakvann" dominerte mellom ca 40 og 100 m dyp, mens "Atlantisk vann" periodevis ble observert opp til 75-80m dyp. Ved stasjonene innover i fjordsystemet er det gjennom hele året et markert 5-10 m dypt brakkvannslag. Lavest saltholdighet og størst vertikal utbredelse av brakkvann registreres i Frierfjorden (Figur 44). Skienselva er Norges 3. største vassdrag med gjennomsnittlig vannføring på ca 300 m<sup>3</sup>/sek. Vannføringen er karakterisert av en vårflom i tidsrommet april-juni (normalt opp til 1000 m<sup>3</sup>/s), minimum på 50-100 m<sup>3</sup>/s i juli-august og høstflom i september/oktober.

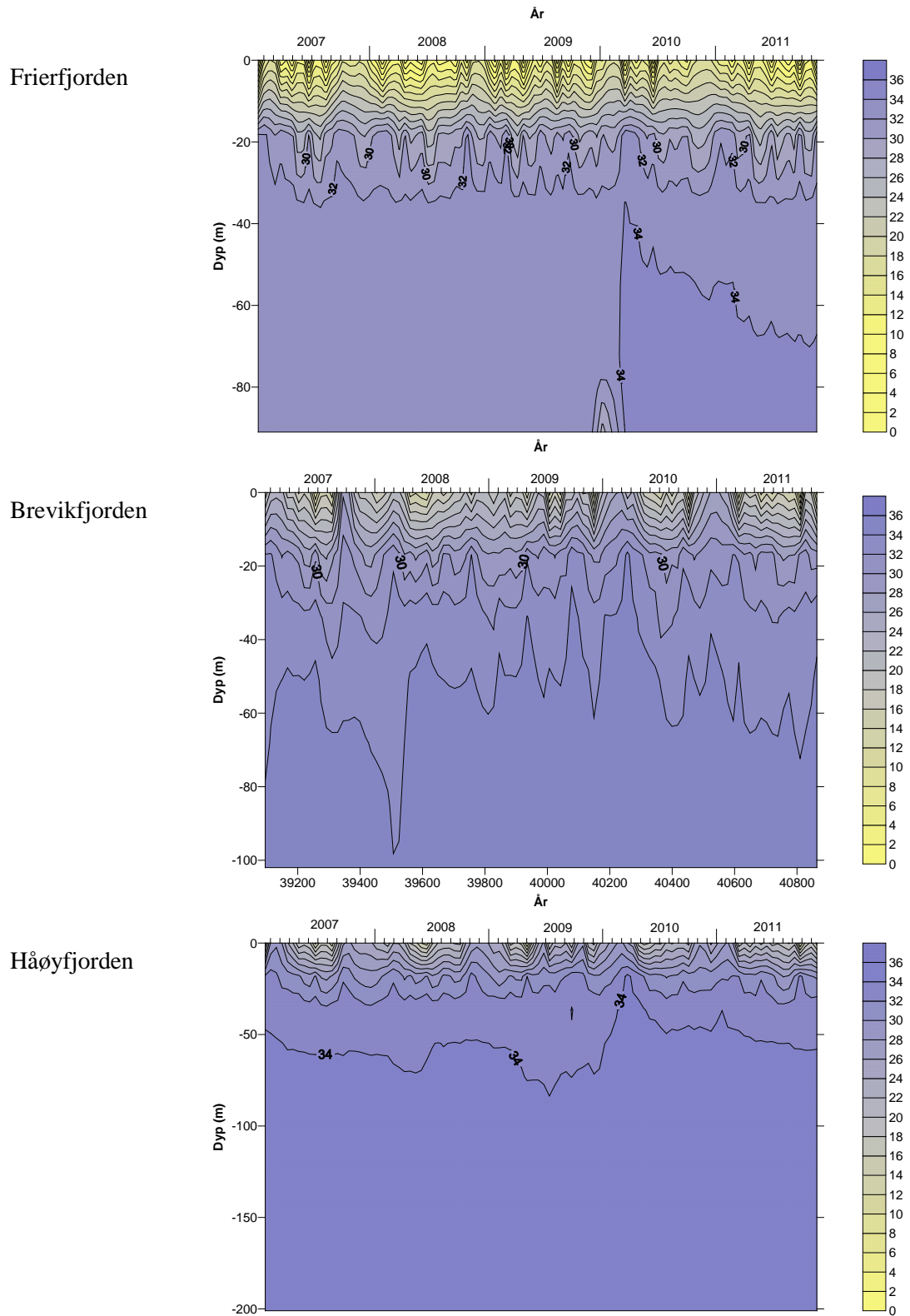
Tilførselene av næringssalter til Grenlandsfjordene er dominert av tilførselene til Frierfjorden fra Skienselva og fra industri. Årlig midlere tilførsel av nitrogen og fosfor mellom årene 2000 og 2009 var henholdsvis omlag 3500 tonn (jordbruk:12 %, befolkning:16 %, industri: 21 % , natur: 52 %) og 40 tonn (jordbruk 15%, befolkning:16%, industri: 24 %, natur: 29 %) (pers med J.R. Selvik, NIVA). Grenlandsfjordene har ca 2-2,5 ganger større tilførsler av nitrogen per km kystlinje enn gjennomsnittlig for Skagerrakkysten.

Tabell 24. Vannmasser i Skagerrak etter saltholdighet, temperatur og kilde (fra Norderhaug et al. 2010)

	Saltholdighet	Temperatur °C	Kilde
BV - Brakkvann	< 25	-1 – 23	Ellevann blandet med SK
SK - Skagerrak kystvann	25 - 32	-1 – 21	Overflatevann fra Kattegat og Nordsjøen
SV - Skagerrakvann	32 - 35	3 – 16	Nordsjøvann og vann fra Kattegat
SVØ - SK-øvre	32 - 34,5		Sørlige Nordsjøen og Kattegat
SVN - SK-nedre	34,5 - 35		Sentrale deler av Nordsjøen
AV - Atlantisk vann	>35	5,5 – 7,5	Norskehavet via nordlige Nordsjøen



Figur 43. Grenlandsfjordene. Bunntopografi og stasjonsplassering.



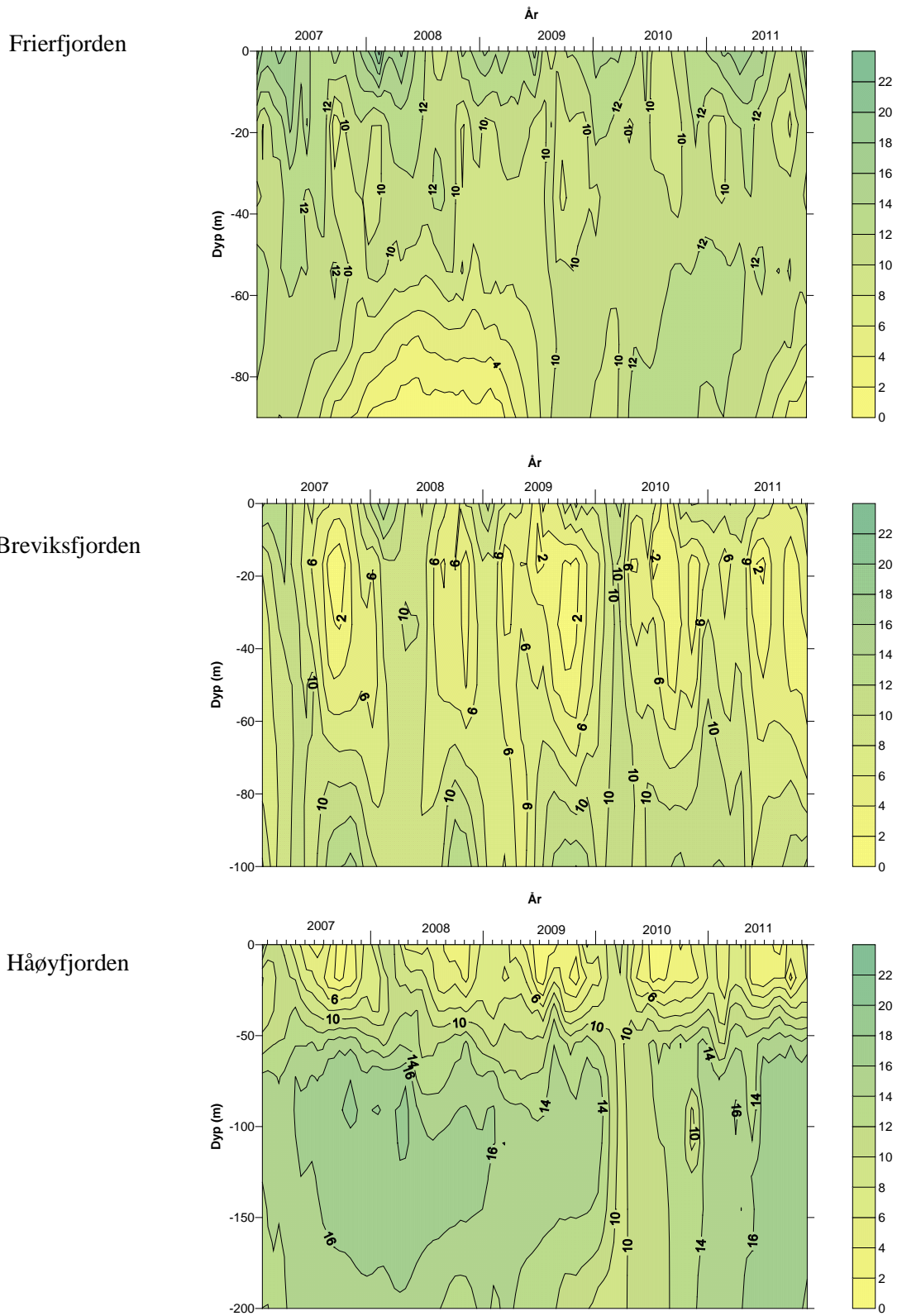
Figur 44. Saltholdighet i vannmassene i Frierfjorden, Brevikfjorden og Håøyfjorden gjennom overvåkingsperioden. Merk ulike skala (dyp) på y-aksen.

De store tilførselene til Frierfjorden gjennom avrenning fører til overkonsentrasjoner av nitrat og silikat i øvre vannlag (0-5m) gjennom hele året (Figur 45, øverst). Tilførsel til Frierfjorden påvirker også stasjonen i Breviksfjorden og medfører forhøyede nivåer av nitrat og silikat ved denne stasjonen. Ved Brevikstasjonen er ikke tilførselen av næringssalter like jevn, og i større grad knyttet til perioder med stor ferskvannspåvirkning.

Håøyfjorden er i mindre grad enn Frierfjorden påvirket av Skienselva. Nitratkonsentrasjonene gjennom året er i Håøyfjorden tilnærmet normale. Kun i perioder med svært stor ferskvannstilførsel via Skienselva vil nitrogen- og silikatkonsentrasjon avvike fra det normale (jfr. høsten 2011, Figur 44 og Figur 45). Midlere nitratverdier i overflaten varierte mellom 16  $\mu\text{mol/l}$  om vinteren/våren og 10-12  $\mu\text{mol/l}$  om sommeren i Frierfjorden (Aure & Danielssen 2011), mens det i Breviksfjorden er midlere nitratverdier i 0-5 m mellom 11 og 4  $\mu\text{mol/l}$ . Fosfatverdiene var tilnærmet normale og det var relativt små forskjeller mellom kystvannet og Grenlandsfjordene gjennom et middelår (Aure & Danielssen 2011).

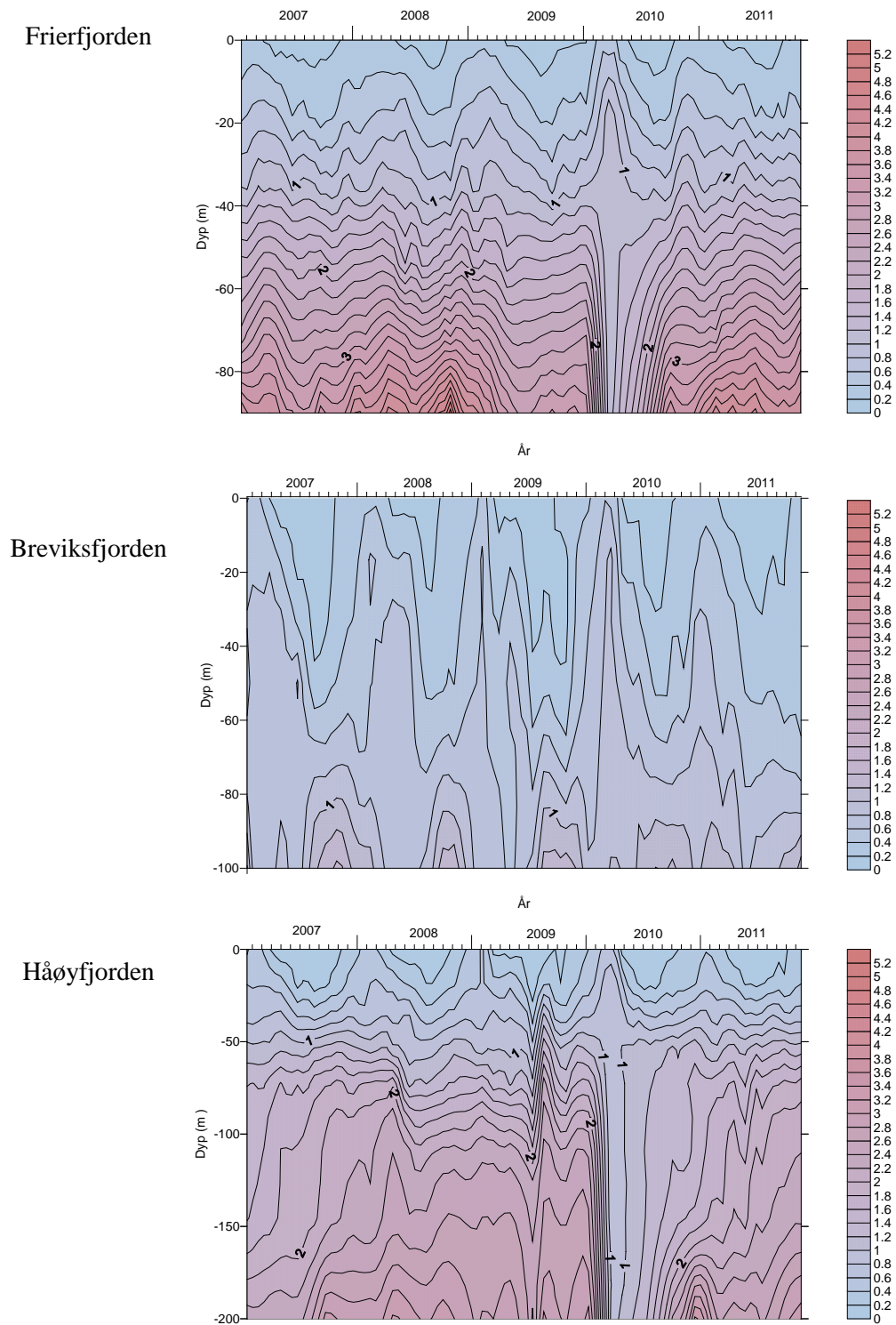
I de intermediære dypene (5-30m) registreres det tilsvarende gradient i nitratkonsentrasjon fra Frierfjorden og utover til Langesundsbukta (Aure & Danielssen 2011). Disse vannmassene er også sterkt preget av ferskvannstilførsel, men vil i enkelte år påvirkes av underliggende vannmasser (Figur 44). I perioden 2007-2011 var det først og fremst vinteren 2009/2010 hvor det ble registret betydelig bidrag av næringssalter fra de underliggende vannmassene til de intermediære dypene.

I overflatelaget varierer fosfatkonsentrasjon gjennom året med høyest verdier på vinteren og lavest på sommeren (Figur 46). I Breviksfjorden er konsentrasjoner og suksjesjon omtrent som man finner utenfor Grenlandsfjordene, der vannmassene tappes for fosfat nedover i dypet i løpet av sommeren. I Frierfjorden og i Håøyfjorden er suksjesjon tydelig kun i de øvre meterene. Den vertikale strukturen er dermed forskjellig fra Breviksfjorden. På grunn av topografiske forhold i Håøyfjorden er det mindre omrøring i vannmassen, med et markant overflatelag med betydelig lavere saltholdighet. Mindre vertikal omrøring og sterk sjiktning fører til akkumulering av fosfat og høyere fosfatverdier i bunnvannet. Utskiftningen av bunnvann i Frierfjorden og Håøyfjorden i 2009/2010 førte til lavere fosfatverdier, men i løpet av 2010 økte verdiene igjen til omtrent samme nivåer som tidligere.



Figur 45. Nitrat ( $\mu\text{M/l}$ ) i vannmassene gjennom overvåkingsperioden i Frierfjorden (øverst), Breviksfjorden og Håøyfjorden.

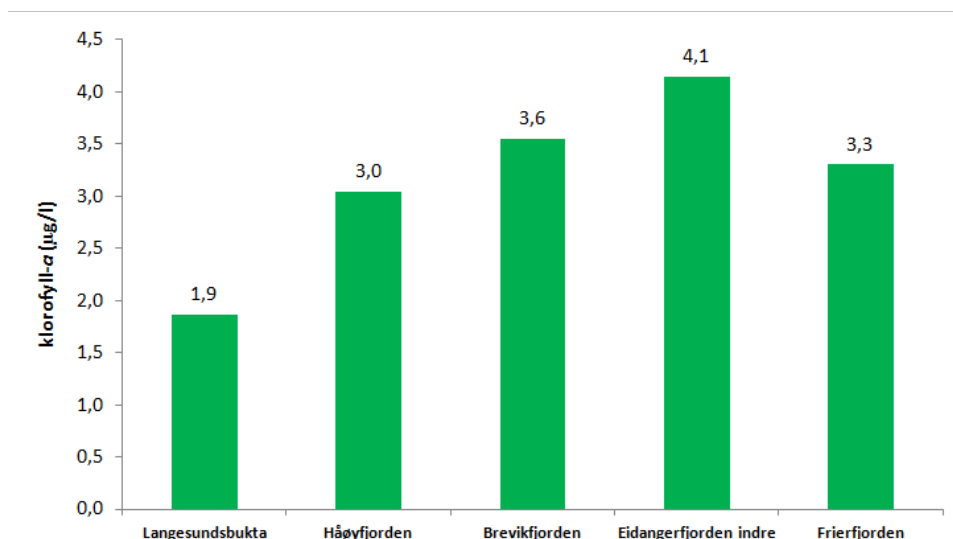




Figur 46. Fosfat ( $\mu\text{M/l}$ ) i vannmassene gjennom overvåkingsperioden i Frierfjorden (øverst), Breviksfjorden og Håøyfjorden.

De store tilførselene av næringssalter (nitrogen) fører til en økning i produksjonen av planteplankton i Grenlandsfjordene. Midlere sommerverdier (juni-august) av klorofyll-a var 1,6 - 2,1 ganger høyere i Grenlandsfjordene enn i Langesundsbukta i sommerperioden 2000-2009 (1,9  $\mu\text{g/l}$ , Figur 47). De høyeste

midlere sommerkverdiene i 0-5 m ble observert i indre Eidangerfjorden på 4,1  $\mu\text{g/l}$ , mens det var noe lavere verdier i Frierfjorden, Brevikfjorden og Håøyfjorden, mellom 3,0 og 3,6  $\mu\text{g/l}$ .

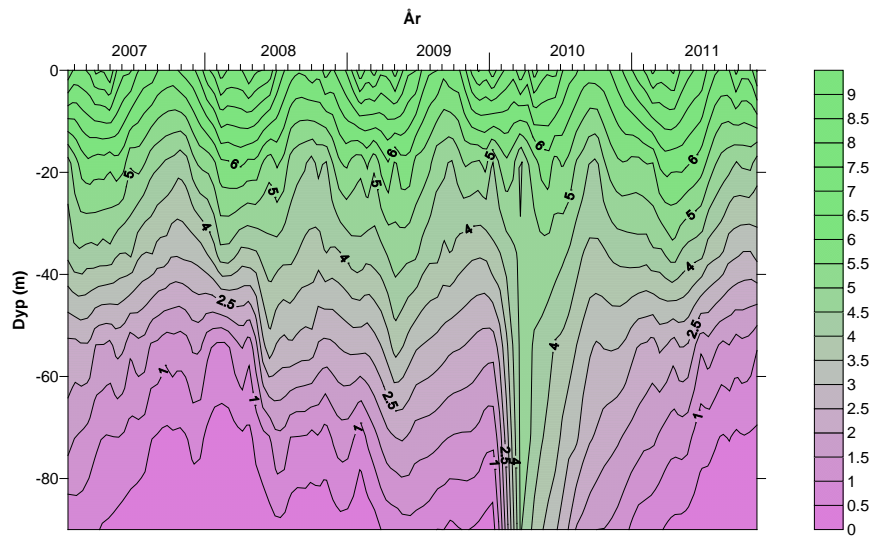


Figur 47. Midlere klorofyll-a (0-5m) i Grenlandsfjordene og i Langesundsbukta for sommerperioden 2000-2009 (Fra Aure & Danielssen 2011).

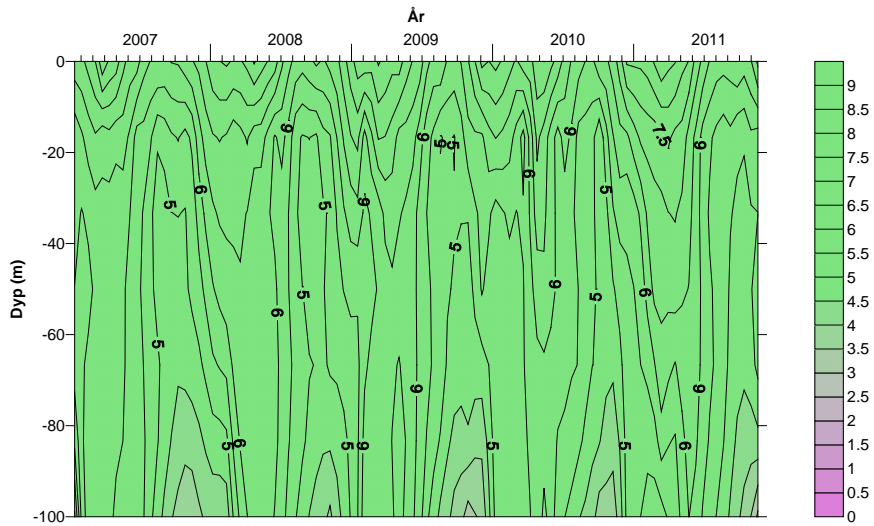
Basert på daterte sedimentkjerner fra Frierfjorden har Alve (2000) ved indirekte metoder sett nærmere på oksygenforhold i bunnvannet bakover i tid. Analysene viser at det var gode oksygenforhold i Frierfjorden i den førindustrielle tid (før 1550) og i sagbruksperioden opp mot 1870-tallet. Det er først i den moderne industriepoken en fikk en økende frekvens av anoksiske forhold i bunnvannet.

Studier av utviklingen i oksygenforholdene i fjordbassengene har vist en klar forverring etter 1975-80 (Aure et al. 1996, Johannessen og Dahl 1996). Årsaken var økte tilførsler av langtransporterte næringssalter og organisk materiale til Skagerrakkysten, som generelt økte oksygenforbruket i fjordbassengene. Det er ikke avdekket noe markante bedringer i Grenlandsfjordene etter at mengden langtransporterte næringssalter ble redusert (kap. 3.1). Også lokal tilførsel av organisk materiale har bidratt til økt forbruk av oksygen. Håøyfjorden er hovedsakelig påvirket av langtransportert organisk belastning, mens Frierfjorden og Brevikfjorden i stor grad er påvirket av lokal tilførsel av organisk materiale (Aure & Danielssen 2011). I perioden 2000-2011 var det forholdsvis bra oksygenforhold i bassengvannet i Brevikfjorden (Figur 48) med regelmessige utskiftninger av vannet i løpet av vinteren/våren. I Frierfjorden har det vært forholdsvis dårlige forhold hele overvåkningsperioden (Figur 48), med kun en utskiftningsperiode (2009/2010). Etter denne har oksygenforholdene gått tilbake til omtrent samme nivå som først i perioden. Over perioden har det ikke vært noe klar trend i vertikal utbredelse av de oksygenfattige vannlagene. For Håøyfjorden er det omtrent som i Frierfjorden - gjennom hele overvåkningsperioden har de hatt reduserte oksygenforhold fra ca 50m og dypere. Kun i første halvdel av 2010 var det bedre oksygenforhold i dypvannet, men forholdene ble igjen dårlige i løpet av høsten 2010 og var på omtrent samme nivå som tidligere i 2011 (Figur 48).

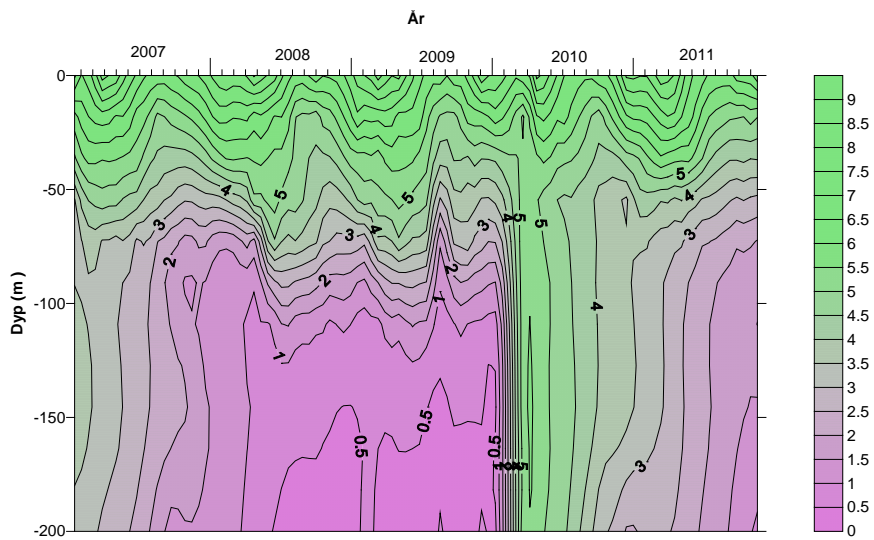
Frier-  
fjorden



Brevik-  
fjorden



Håøy-  
fjorden



Figur 48. Oksygen (ml/l) i bunnvannet i tre av Grenlandsfjordene i 2007-2011.

#### 4.2.2 Tilstand på bunnen

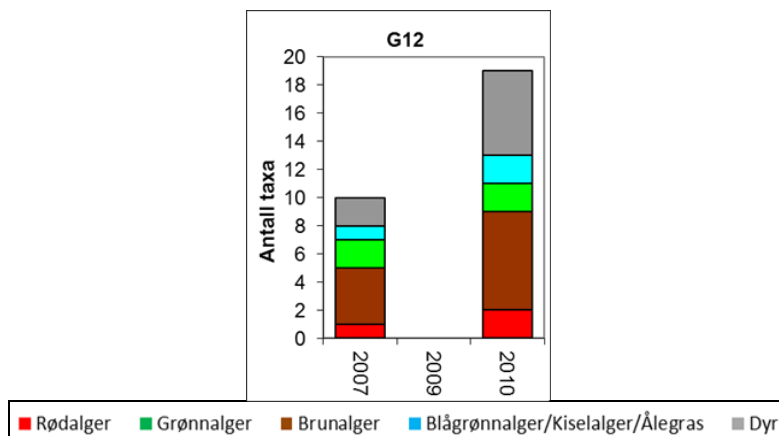
Tilstanden i sedimentene i Grenlandsfjordene har generelt sett vært stabil med meget dårlige forhold på stasjon BC-1 og GI-1 i hhv Frierfjorden og Håøyfjorden, god status på den grunnere stasjonen i Frierfjorden (GFD-3) og i Brevikfjorden (FG-1) og meget god status på den grunneste Frierfjordstasjonen (GFG-1), se Tabell 25 og Vedlegg B. Den dype stasjonen i Frierfjorden (BC-1) har gjennom hele undersøkelsesperioden meget dårlige oksygenforhold i bunnvannet (Tabell 11). Dette gir dårlige levetilstander for de dyr som skal leve i disse bunnområdene, og det er også blitt registrert meget dårlig habitatkvalitet (BHQ) i bunnen av Frierfjorden gjennom overvåkingsperioden (Tabell 25). Unntaket er 2010 og det antas at dypvannsutskiftningen vinteren før ga bedre sedimentkvalitet på den dype Frierfjordstasjonen det året.

Tabell 25. Sedimentkvalitet i Grenlandsfjordene. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativ tall indikerer at tilstanden er blitt redusert.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
BC-1	Frierfjorden	94						-0,6
GFD-3	Frierfjorden	42						-0,2
GFG-1	Frierfjorden	17						0,0
FG-1	Brevikfjorden	105						0,8
GI-1	Håøyfjorden	205						-8,7
GKD-1	Brevikfjorden	47						-2,0

På hardbunnsstasjonen i Breviksfjorden (G12) var det nesten dobbelt så mange organismer i strandsonen i 2010 sammenlignet med 2007 (Figur 49). Mange dyr er assosiert til forekomst av de store brunalgene og en økt forekomst av brunalgene vil trekke til seg flere dyr. Forhøyede tilførsler av næringsalter på denne stasjonen er oftest knyttet til perioder med stor ferskvannspåvirkning. I 2010 var den øvre strandsonen på G12 ganske annerledes enn på øvrige strandsonestasjonene i Ytre Oslofjord (Walday et al. 2011). Det som skiller stasjon G12 fra de andre stasjonene er hovedsakelig svært mye kiselalger/blågrønnalger og *Ulva* spp (grønske) på G12, mens blæretang ikke ble observert. Det ble også registrert en lavere forekomst av fjæreblood og steinrur på stasjon G12. Kisel- og blågrønnalgene dannet et glatt belegg på fjellet. *Ulva* spp er en hurtigvoksende grønnalgegruppe som kan danne tette "tepper" på fjellet. Det er sannsynlig at stor vekst av disse algene hemmer veksten av andre alger og dyr.

Overvåkingsprogrammet for sukkertare gjør dykkeundersøkelser på stasjon G12 og har rapportert en bedring i tilstanden for denne tarearten på stasjonen (Trannum et al. 2012). I 2005 og 2008 var det dårlig tilstand, mens de tre siste årene har vist en moderat tilstand for sukkertaren her i Breviksfjorden. Nedre voksegrense har også bedret seg og var i 2011 litt dypere enn i 2009 og 2010. Generelt var mangfoldet av alger og dyr på G12 større i 2011 enn i 2010 og 2009.



Figur 49. Antall taxa i strandsonen på stasjonen i Breviksfjorden.

## 4.3 Iddefjorden

### 4.3.1 Hydrografiske forhold

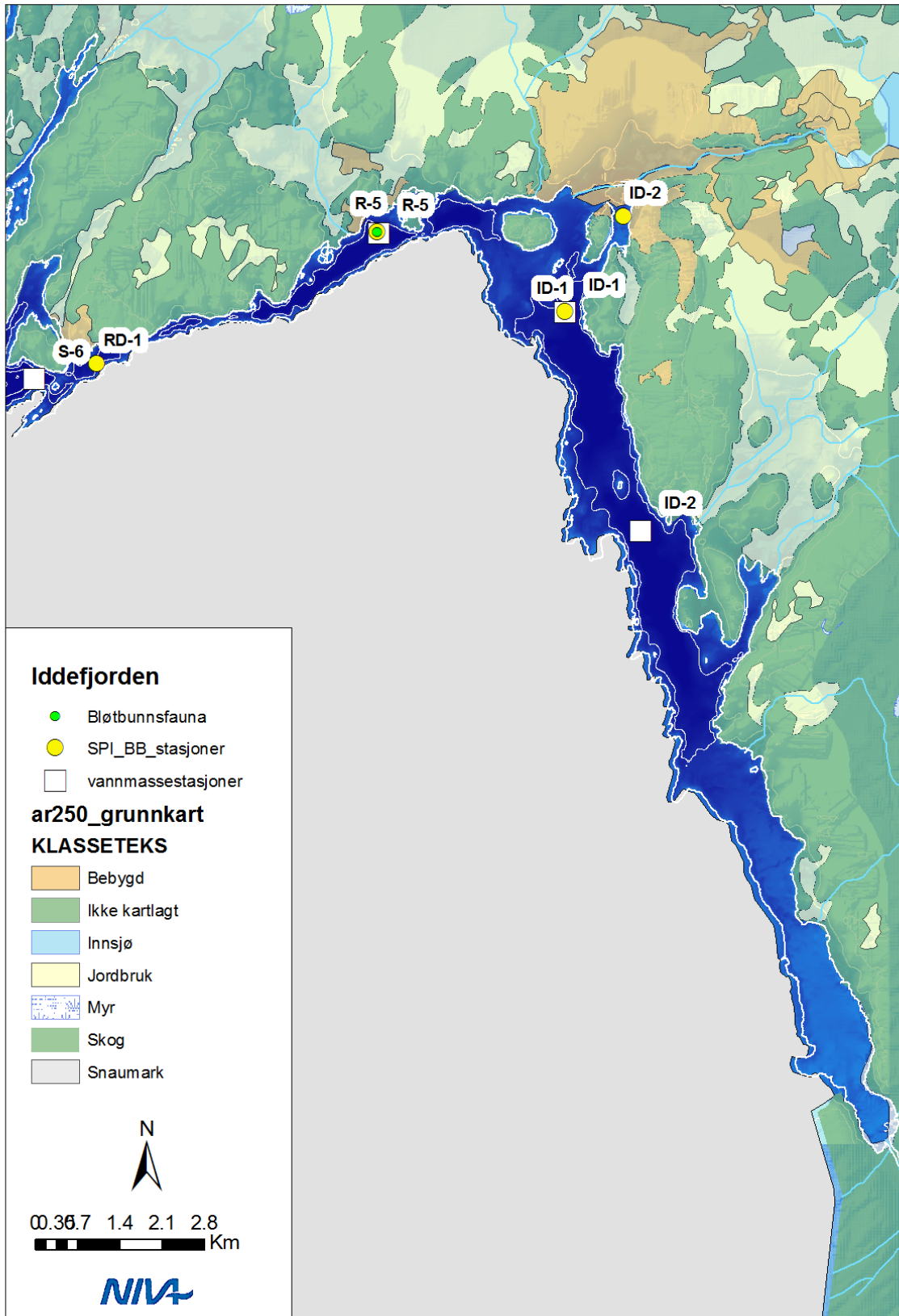
Berge et al. (1997) har beskrevet dette fjordområdet hydrofysikk: Iddefjorden (m. Ringdalsfjorden) er en smal, lang (ca. 25 km) og relativt grunn fjord med største dyp på vel 40m. De dypere vannlag er avskåret fra vannmassene i Singlefjorden av to hovedterskler på ca 9 m (Bjällvarp og Svinesund). Innenfor Svinesund finnes ytterligere terskler på ca 20 m dyp som skiller Iddefjorden fra Ringdalsfjorden.

Ringdals-/Iddefjordens vannkvalitet avhenger av hvor ofte de ulike vannlagene blir fornyet med vann utenfor fjorden. Viktige faktorer for vannets oppholdstid er størrelsen av den ferskvannsdrevne estuarine sirkulasjonen, vannstandsvariasjonene (inklusive tidevann), intermediære transporter drevet av egenvektsvariasjoner i kystvannet utenfor fjorden og dypvannsfornyelsene som genereres når egenvekten på vannet utenfor fjorden over terskeldyp er større enn egenvekten på vannet under terskeldyp inne i fjorden.

Det er to hovedkilder for ferskvann i fjorden; Enningdalselva innerst i fjorden og Tista ved Halden. Midlere ferskvannstilførsel er ca. 30 m<sup>3</sup>/s, hvorav midlere vannføring i Tista (ved Tistedalsfossen) er ca. 21 m<sup>3</sup>/s, med årsmiddelvariasjon mellom 12-30 m<sup>3</sup>/s og vanlig flom på ca 80 m<sup>3</sup>/s. Midlere vannføring i Enningdalselva er ca. 50 % av vannføringen i Tista dvs. ca. 10 m<sup>3</sup>/s.

Saltholdigheten i overflatelaget bestemmes til stor del av variasjoner i den lokale ferskvannstilførselen, når ferskvannet blandes med underliggende sjøvann og danner et brakkvannslag med gradvis økende saltholdighet med økende avstand fra ferskvannskilden. Over året varierer overflatevannets midlere saltholdighet fra ca. 1 til 18 innenfor Svinesund (basert på observasjoner fra 1990-91 og 1993-95). Tidspunkt for laveste og høyeste saltholdighet styres av ferskvannstilførselen. Overflatesaltholdigheten er sjelden over 18. Under overflatevannet blir saltholdigheten avhengig av tilført vann fra Singlefjorden og kystvannet. Imidlertid vil overflatelaget i Singlefjorden kunne være influert av ferskvannstilførsel fra Glomma. Glommainfluert brakkvann kan til tider strømme inn i Iddefjordens mellomlag (intermediært vann). Saltholdigheten i mellomlaget varierer i hovedsak mellom 18 og 28, men kan til tider bli over 29. I dypvannet er saltholdighetsvariasjonen betydelig redusert med normale årsvariasjoner mellom 28 og 30, men er observert til over 31.

I Iddefjorden er årstidsvariasjonene omtrent de samme som i Ringdalsfjorden, med gjennomgående noe lavere saltholdighet i de ulike lagene.



Figur 50. Iddefjorden og Ringdalsfjorden. Bunntopografi og stasjonsplassering.

Iddefjorden er påvirket av eutrofiering som følge av utslipp fra befolkning og industri, samt avrenning fra landbruk. Det ligger store mengder forurensede sedimenter i Iddefjorden som lekker forurensninger selv om dette avtar etterhvert som ny sedimentering legger seg oppå de gamle sedimentene.

Området er tidligere definert med risiko for ikke å tilfredstille Vanndirektivets krav om god vannstatus i 2015 (Berge et al. 2004).

Vannkvaliteten i fjordområdet i observasjonsperioden vises i Tabell 26. For Iddefjorden og Ringdalsfjorden har det vært små endringer i de kjemiske forholdene i overvåkningsperioden. Tilstanden er noe forverret i Ringdalsfjorden fra perioden 2001-2005 til 2007-2011, både for sommer og vinter. I Iddefjorden er de kjemiske forholdene omtrent uendret (Gode (II) til Mindre Gode (III)) i perioden 2007-2011. Iddefjordstasjonen kommer bedre ut i den kjemiske tilstandsvurderingen enn den utenforliggende stasjonen i Ringdalsfjorden. For parameterne nitrat og total nitrogen er forholdene bedre i Iddefjorden enn i Ringdalsfjorden. Dette var spesielt merkbart i 2007 og 2011 (Tabell 26), to år med forholdsvis høy ferskvannstilførsel. Den samme tendensen ser man i fosfatverdiene der Iddefjorden har hatt lavere sommerkonsentrasjoner enn i Ringdalsfjorden. Tilstanden i forhold til planteplankton (klorofyll-a) har vært Mindre god eller Dårlig, men i 2011 var den God på begge stasjoner (Tabell 26).

På RA-5 innerst i Ringdalsfjorden var oksygenforholdene i perioden 2001-2005 Meget dårlige. I den siste overvåkningsperioden (2007-2011) har tilstanden i bunnvannet i hovedsak vært Dårlig, noe som kan anses som en marginal forbedring i bunnvannet (Tabell 26). Inne i Iddefjorden har oksygenforholdene stort sett vært Meget dårlige i overvåkningsperioden.

Tabell 26. Vannkvalitet i Iddefjorden og Ringdalsfjorden gjennom overvåkingsperioden 2007-2011, og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrappporter.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)						Høst (sept-nov)	Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N
ID-2 Iddefj	2001-2005											
	2007	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
2011	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III	
RA-5 Ringdalsfj	2001-2005											
	2007	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2008	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2009	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
	2010	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III
2011	III	III	III	III	III	III	V	III	III	III	III	

Tilstandsklasser

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

#### 4.3.2 Tilstand på bunnen

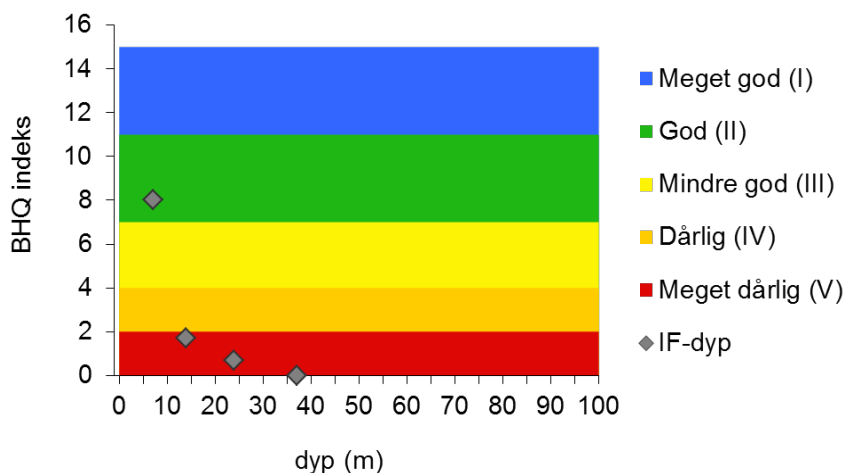
Bunnkvaliteten i Iddefjorden og Ringdalsfjorden har vært undersøkt med SPI-kamera. I Tabell 27 er resultatene fra to stasjoner som er undersøkt gjennom hele perioden, ID-1 og R-5, samt to stasjoner med færre prøvetakinger, ID-2 som er en grunn stasjon nær Halden og RD-1 som ligger ytterst i Ringdalsfjorden og kun har vært undersøkt i 2011. I Ringdalsfjorden har samtlige undersøkelser vist en God tilstand i sedimentene, mens forholdene i Iddefjorden i hovedsak har vært Meget dårlige. Det kan likevel se ut til at det i de senere år har vært en bedring på stasjon ID-1, og tilstanden hadde endret seg til Mindre god i 2011.

Ved undersøkelsene i 2007 ble det gjort utvidete undersøkelser med SPI i dybdegradienter i Iddefjorden. Bunnforholdene var da meget dårlige i hele Iddefjorden på dyp dypere en 10m (Figur 51). I de dypeste områdene i fjorden og inne i Halden havn ble det observert treflis i sedimentene.

På stasjonene i Ringdalsfjorden (R-5) er det gjennomført faunaundersøkelser på bløtbunn ved flere anledninger. Resultatene fra disse indikerer en bedring av tilstanden og ved de to siste prøvetakingene (2008 og 2011) var tilstanden God i hht. Vannforskriften (cf Tabell 21).

Tabell 27. Sedimentkvalitet i Iddefjorden og Ringdalsfjorden. Endring i tilstandsindeks fra 2007 til 2011 er også vist, positive tall indikerer at tilstanden er blitt forbedret. Grå felter indikerer at det enten ikke er tatt prøver eller at det ikke har vært mulig å klassifisere bildene.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	2011-2007
ID-1	Iddefjorden	29						4,0
ID-2	Iddefjorden v Halden	8,1						-
R-5	Ringdalsfjorden	33						1,3
RD-1	Y. Ringdalsfjorden	32						-



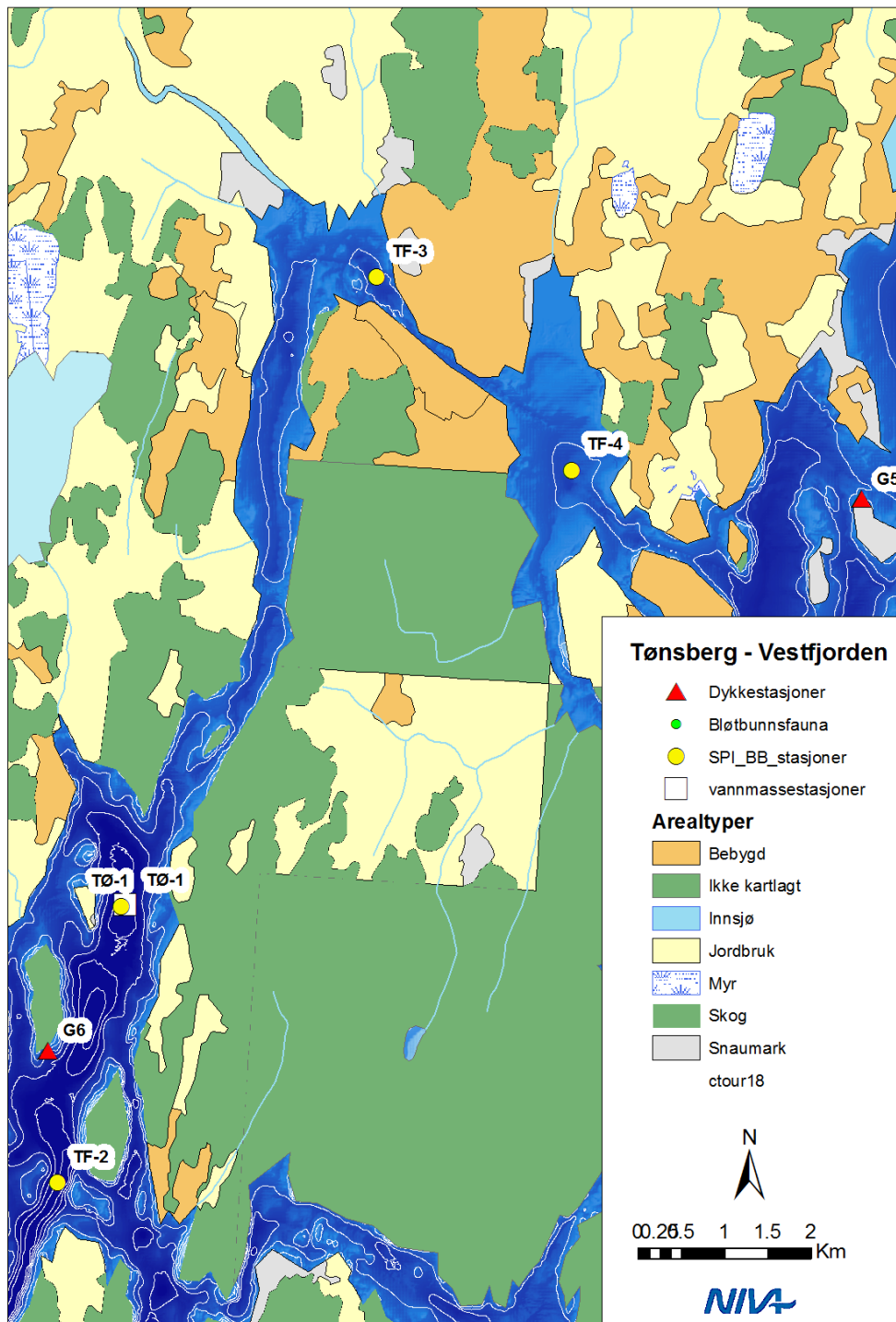
Figur 51. Tilstandsklasse og BHQ-indeks for utvidete undersøkelser i Iddefjorden i 2007 (ID-dyp som består av stasjonene IF-01 til -04) (Waldy et al. 2008).

## 4.4 Tønsberg – Vestfjorden

### 4.4.1 Hydrografiske forhold

Tønsbergfjorden er en forholdsvis lang fjord med dype og grunne områder (Figur 52). I de indre delene ved Tønsberg renner Aulielva ut og bringer ferskvann til overflatelaget. Vestfjorden er forholdsvis grunn fra Tønsberg til Gåsø. Her åpner fjorden seg noe og blir noe dypere, og en renne med dypere vann kan følges ut forbi Årø. I den ytre delen er det flere mindre bassenger med dypere vann avskilt av grunne områder. De ytre delene av Tønsbergfjorden står i god kontakt med Skagerrak med god utveksling av vannmasser. Innover i Tønsbergfjorden og i Vestfjorden vil sirkulasjon av dypvann være noe redusert på grunn av de topografiske forholdene. På grunn av dette kan man anta at de indre delene vil være følsom for større endringer i tilførseler.





Figur 52. Tønsbergområdet. Bunntopografi og stasjonsplassering.

Den vannkjemiske tilstanden i Vestfjorden ved Tønsberg har ikke endret seg mye i løpet av overvåkingsperioden (Tabell 28). For de ulike kjemiske parameterene har tilstanden variert mellom Meget god og God fra det ene til det andre året. Eneste parameter som viser stabil endring er total fosfat som i perioden 2001-2005 var Mindre god og i den siste perioden har vært God. Oksygenforholdene i bunnvannet har variert noe i løpet av 10 år med overvåking. Frem til 2007 var tilstanden Mindre God. Deretter fulgte det 3 år med God til Meget God tilstand, men siste året (2011) var tilstanden tilbake til

Mindre god. Det er ingen klar forklaring på denne endringen i oksygenforholdene siste året sammenlignet med tidligere år

Tabell 28. Vannkvalitet ved Tønsberg, stasjon TØ-1, gjennom overvåkingsperioden 2007-2011, og som et gjennomsnitt for perioden 2001-2005. Kun tilstandsklasser, i hht. Molvær 1997, er vist. Tallverdiene finnes i de resp. års fagrapporter.

Stasjon	År	Klassifisering sommerverdier (jun-aug)						Høst (sept-nov)		Vinterverdier (des-feb)			
		Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	Chl a	Sikt	O <sub>2</sub>	Fosfat	Tot P	Nitrat	Tot N	
TØ-1	2001-2005												
Vestfjorden	2007												
	2008												
	2009												
	2010												
	2011												

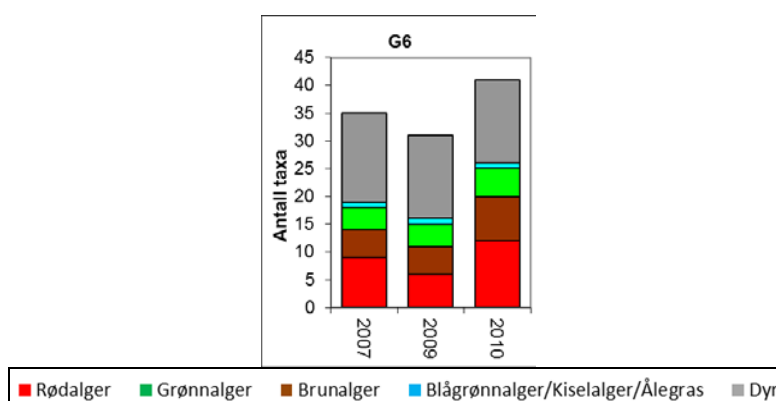
Tilstandsklasser
I. Meget god
II. God
III. Mindre god
IV. Dårlig
V. Meget dårlig

#### 4.4.2 Tilstand på bunnen

Samtlige tre sedimentstasjoner ved Tønsberg har vist en positiv utvikling gjennom overvåkingsperioden (Tabell 29). Høsten 2011 var det imidlertid mindre god oksygentilstand i bunnvannet på stasjon TØ-1 (Tabell 28, ref kart i Figur 52). Vi vet ikke om dette har hatt negative følger for sedimentkvaliteten i området, det er ganske trangt og innestengt og derfor sårbart for organisk belastning. De tre sedimentstasjonene bør undersøkes videre og det vil være interessant å se hvorvidt den positive utviklingen vedvarer.

Stasjon G6 er eneste hardbunnsstasjon i dette fjordområdet. Stasjonen ligger i nærheten av sedimentstasjon TØ-1. Det er her gjort dykke- og rammeundersøkelser. Strandsonen er frisk og artsrik med en god fordeling mellom dyr og de ulike algeklassene (Figur 53). Det har vært en økning i antall taxa av brun- og rødalger i overvåkingsperioden. Stasjon G6 ligger i vanntype 'sterkt ferskvannspåvirket kyst' – en kan derfor ikke bruke nedre voksegrense for å beregne status for vannkvalitet i denne vannforekomsten. Transektundersøkelsene registrerte flere arter i 2010 enn i 2007 (Figur 56) og artsantallet er nokså likt det en finner på de øvrige dykkestasjonene i Ytre Oslofjord. Stasjonen skiller seg imidlertid ut fra de øvrige mht hvilken arter som lever der (Figur 57). Det er grunn til å tro at denne stasjonens ganske innelukkede beliggenhet er bidragende til at den skiller seg ut.

På denne stasjonen var det store forekomster av tarmsjøluping (*Ciona intestinalis*) i 2010 og dette var viktigste årsak til at de statistiske analysene viste en ganske stor forskjell i organismsammensetning mellom 2007 og 2010 (Figur 59).



Figur 53. Antall taxa i strandsonen på stasjon G6 i Vestfjorden v. Tønsberg.

Bunnkvaliteten i Vestfjorden/Tønsbergområdet er undersøkt med sedimentprofilkamera (SPI) og har generelt blitt bedre utover i overvåkingsprogrammet fra 2007 til 2011, og tilsvarende i 2011 moderat (TF-4), god (TF-3, TØ-1) eller meget god kvalitet (TF-2), se Tabell 29 og Vedlegg B.

Tabell 29. Sedimentkvalitet i Tønsbergområdet. Endring i tilstandsindeks fra 2007-2011 er også vist, negativ tall indikerer at tilstanden er blitt redusert. Grå felter indikerer at det enten ikke er tatt prøver eller at det ikke har vært mulig å klassifisere bildene. For stasjonsoversikt se Figur 47 og Vedlegg B.

Stasjon			2007	2008	2009	2010	2011	2011-2007
navn	sted	dyp	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	BHQ	
TF-2	Tønsbergfjorden	54						0,3
TF-3	Tønsberg	13						7,0
TØ-1	Tønsbergfjorden	74						1,5
TF-4	Træla	10,5						6,0

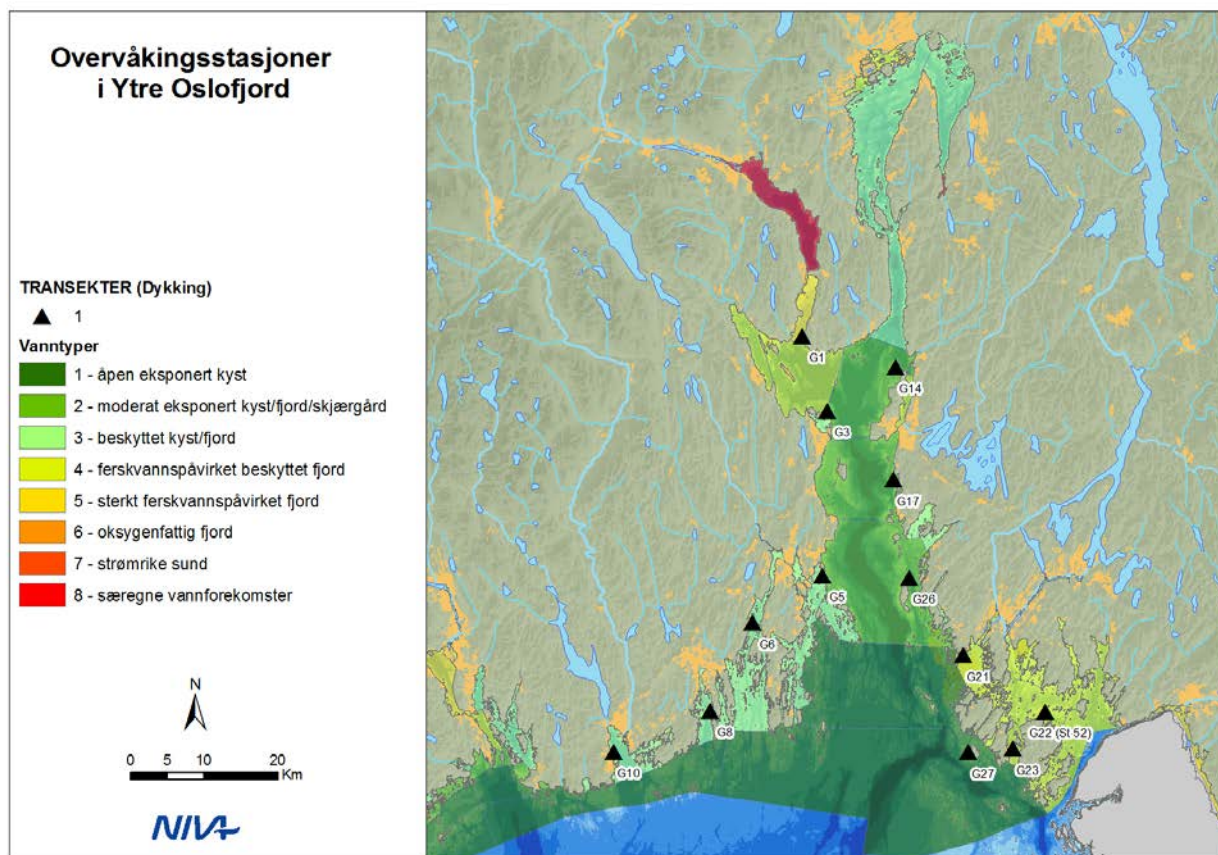
Utvidet SPI-fotografering i 2010 viste at i Vestfjorden innenfor Nøtterøy var bunnforholdene meget dårlige i dybbassenget mellom 16,5 og 13,5m dyp, og i Tønsberg havn på 13m (TF-3), mens tilstanden var god på 8m dyp ved utløpet fra Aulielva og syd i de ytre deler av Vestfjorden på 10,5m dyp (Figur 54).



Figur 54. Tilstandsklasser på bløtbunn i 2010 i henhold til BHQ-indeksen, og bilder fra tre stasjoner langs dybdegradienten fra 16,5 til 8 m i Vestfjorden syd Tønsberg (SPI, Rosenberg m. fl. 2004).

## 5. Dykkeregistreringene

På kartet i Figur 55 vises plasseringen til de hardbunnstasjoner hvor det er utført dykkeregistreringer. Overordnede resultater fra de dykkeundersøkelsene som er gjort i 2007 og 2010 i overvåkingsperioden, i form av antall taxa av de ulike organismetypene som er funnet, er vist i Figur 56. På ni av stasjonene er det registrert mer enn 80 taxa, og mest på stasjon 27, Akerøya utenfor Hvaler, hvor det i 2007 ble funnet over 100 taxa av ulike organismer. Til sammenligning er det på de eksponerte Skagerrakstasjonene som inngår i Kystovervåkingsprogrammet normalt registrert rundt 70-90 taxa. Færrest organismer er funnet på st 52 Vestre Damholmen i Hvalerestuaret og G17 Fuglevik sør for Moss. Kommentarer til dykke-registreringene er også gitt under beskrivelsen av de ulike delområdene tidligere i rapporten.

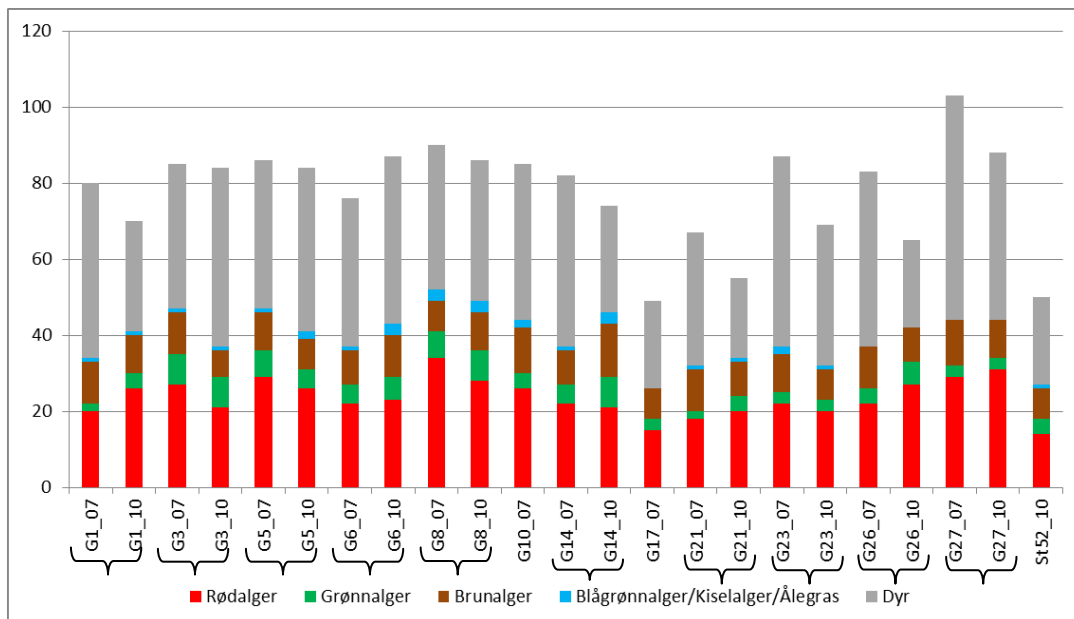


Figur 55. Stasjoner for dykkeregistreringer 2007 og 2010 i overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord.

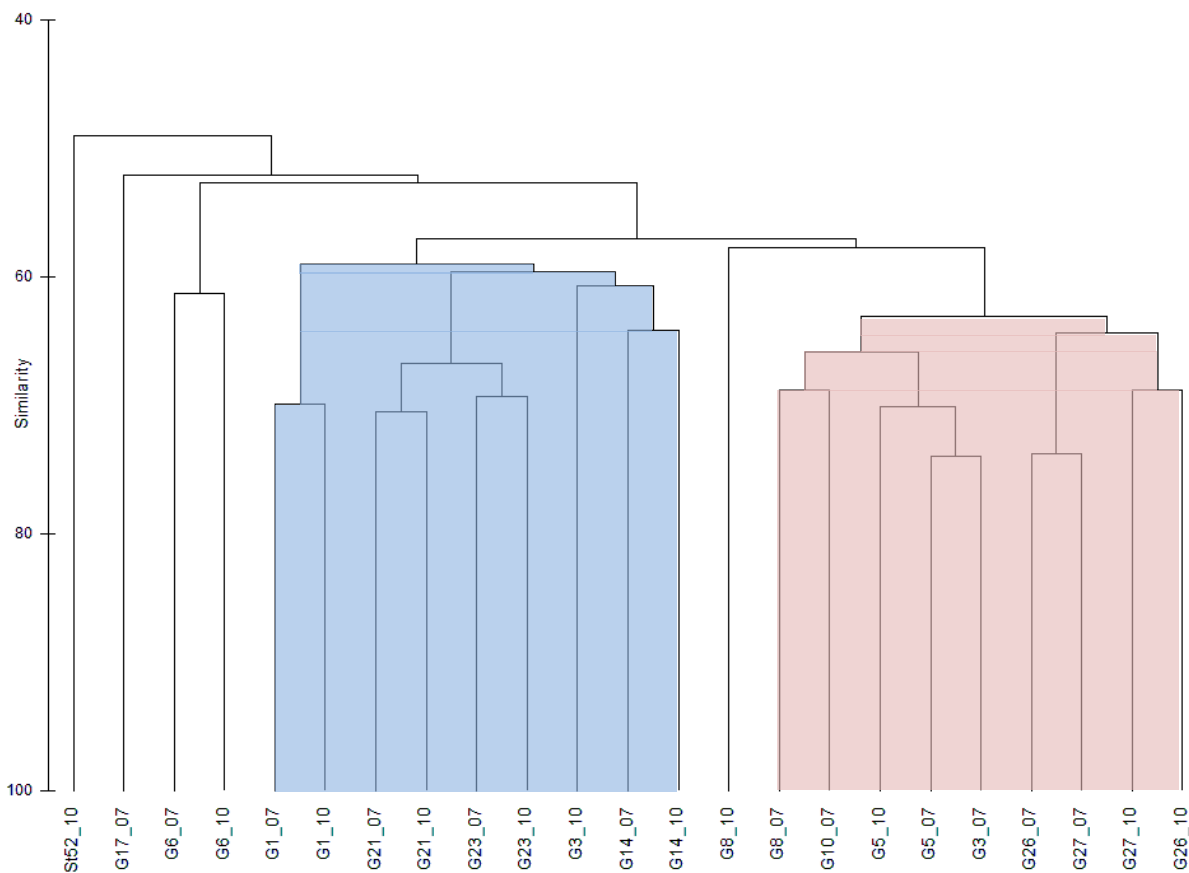
For å kunne vurdere likheten i sammensetning av alger og dyr mellom undersøkelsesår og mellom stasjoner er det i Figur 57 presentert resultater fra likhetsanalyser i form av et dendrogram hvor både alger og dyr inngår i analysen. Arter/taxa som lett kan forveksles er slått sammen i analysene. Dataene er rottransformert. I analysene er forekomsten av hver enkelt art/taxa summert fra alle de registrerte dyp.

Dendrogrammet identifiserer 2 grupper av prøver med relativt stor innbyrdes likhet. Disse er merket med hver sin farge i figuren. En kan se at for de fleste stasjoner er sammensetningen av alger og dyr ganske lik mellom de to årene. Tydelige unntak er stasjon G3 utenfor Horten og G8 i Sandefjordsfjorden hvor det var større ulikhet mellom årene. Stasjon G3 viste seg ved undersøkelsene i 2007 å være lite egnet for dykkeundersøkelser og ble derfor flyttet til undersøkelsene i 2010. Dette er hovedårsak til at de to årene

er forskjellige på den stasjonen. Stasjon G3 er derfor ikke tatt med i sammenlikningen av resultatene fra 2007 og 2010. Stasjon G17 Fuglevik og stasjon 52 i Hvalerestuaret er kun undersøkt ett år.



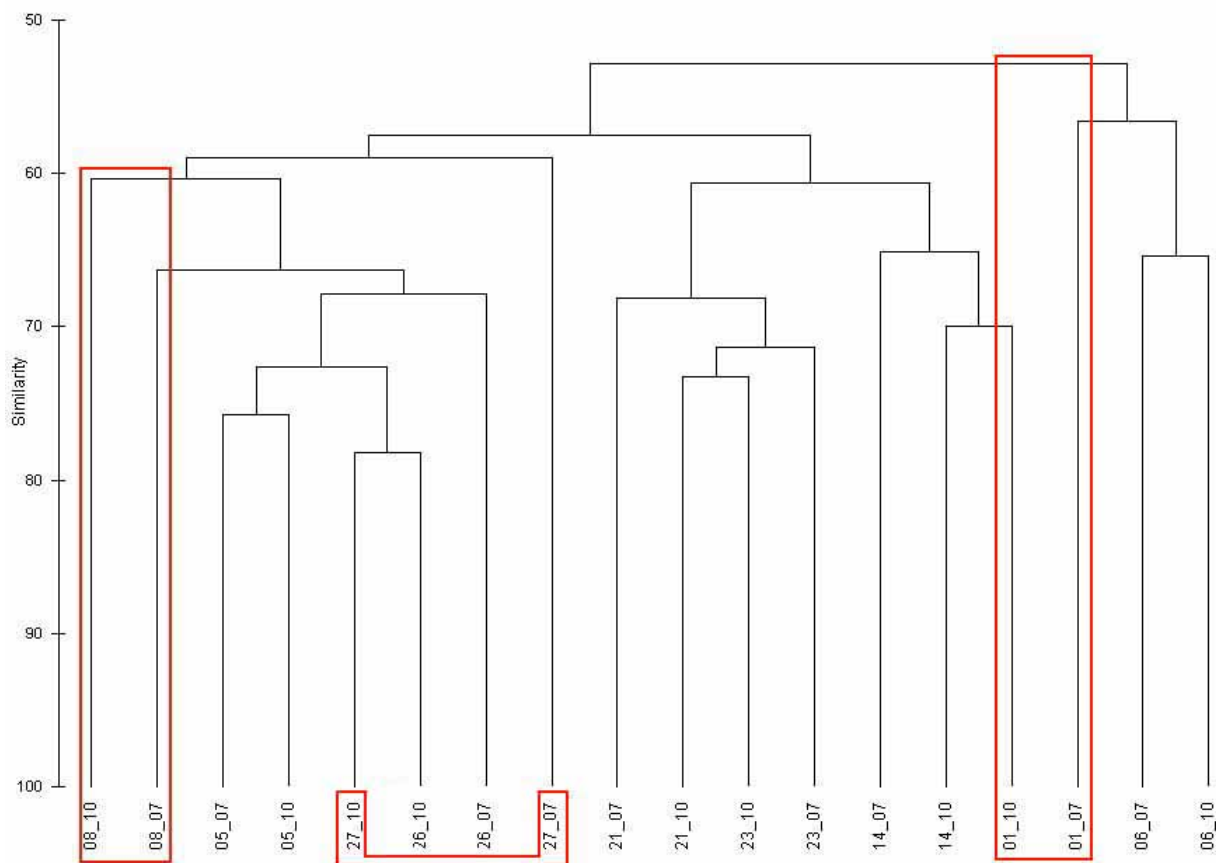
Figur 56. Transektregistreringer. Antall taxa av dyr, ålegras, rød-, brun-, grønn-, blågrønn- og kiselalger på de ulike stasjonene i 2007 og 2010. Maks dykkedyp på hver stasjon er vist i Tabell 34 i vedlegg.



Figur 57. Dendrogram som viser likhet mellom stasjoner og år (2007 og 2010) mht artssammensetning av alger og dyr.

Den gruppen av stasjoner som er merket med blå farge i Figur 57 er stasjoner fra indre- og østre del av Ytre Oslofjord. Den rosa gruppen er stasjoner i de vestlige områder og de to mer sentralt beliggende stasjonene Rauerkalven (G26) og Akerøya (G27) på østsiden av fjorden. Utenom de to gruppene er det stasjon 52 inne i det ferskvannspåvirkede Hvaler-estuaret som i størst grad skiller seg fra de øvrige stasjonene. Stasjon 17 Fuglevik viste seg å være dårlig egnet for dykkeundersøkelser og ble derfor fjernet fra programmet etter undersøkelsene i 2007. Stasjon G6 ligger i den innelukkede Vestfjorden sør for Tønsberg og har også en artsammensetning som skiller seg fra de øvrige. Analysen indikerer altså at hardbunnsamfunn i de indre deler av fjorden og ved Hvaler er noe forskjellige fra samfunnene i ytre og vestlige deler av fjorden.

Sammenligning av bare algetransektene utført i 2007 og 2010 viser at stasjonene hadde relativt like algesamfunn – alle har en likhet større enn 50 %. De stasjonene som har endret seg mest i perioden er stasjon G1 på Hurum, G8 i Sandefjordsfjorden og G27 Akerøya (Figur 58).



Figur 58. Cluster-analyse av algetransektene i 2007 og 2010. De stasjoner med størst ulikhet i sammensetning av algesamfunnet mellom årene er avmerket. Betegnelsene indikerer stasjonsnummer og år; f.eks 27\_10 som er stasjon G27 i 2010.

For å kunne vurdere årsaken til ulikhetene på disse tre stasjonene er det utført en SIMPER-analyse, og i Tabell 30 vises for den enkelte stasjon de tre algeartene som bidrar mest til ulikhetene mellom 2007 og 2010.

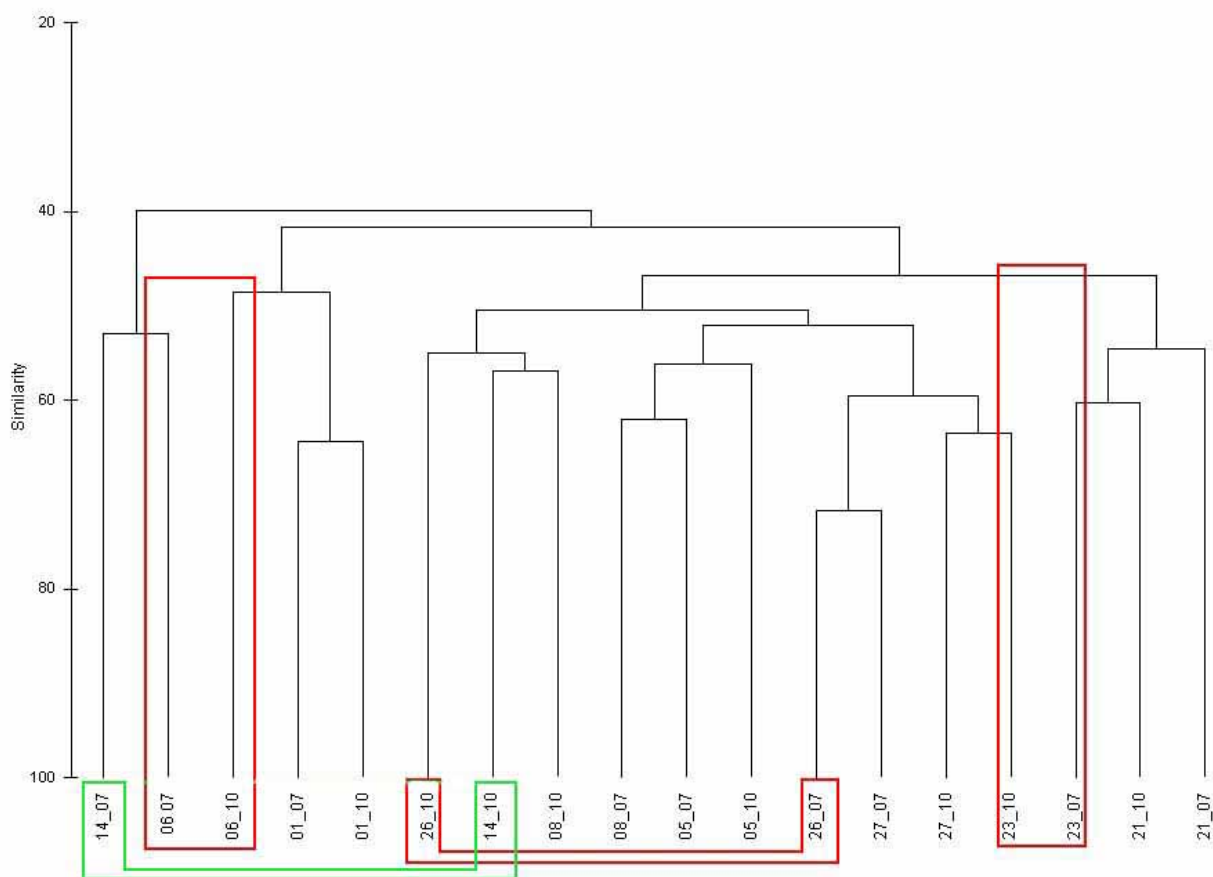
Tabell 30. Viser de tre algeartene som bidrar mest til ulikheten mellom 2007 og 2010 på de tre stasjonene G1, G8 og G27. Gjennomsnittlig forekomst hvert av årene, ulikhet, %-betydning samt kumulativ %-betydning

G1 ved Hurum	G1_2007	G1_2010			
Average dissimilarity = 45,48	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Delesseria sanguinea</i>	49,00	17,00	4,38	9,64	9,64
<i>Cruoria</i> sp.	0,00	21,00	3,15	6,93	16,57
<i>Heterosiphonia japonica</i>	0,00	22,00	3,01	6,63	23,19
G8 Sandefjordsfjorden	G8_2007	G8_2010			
Average dissimilarity = 40,51	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Spermothamnion repens</i>	0,00	22,00	2,96	7,31	7,31
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	22,00	0,00	2,96	7,31	14,62
<i>Phyllophora truncata</i>	16,00	0,00	2,15	5,32	19,93
G27 Akerøya	G27_2007	G27_2010			
Average dissimilarity = 37,66	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Spermothamnion repens</i>	10,00	58,00	4,72	12,53	12,53
<i>Cruoria</i> sp.	7,00	48,00	4,03	10,70	23,24
<i>Trailiella intricata</i>	18,00	42,00	2,36	6,27	29,50

Ved stasjon G1 på Hurum er det nedgang i forekomsten av rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*) som har størst betydning for ulikheten mellom de to årene. Fagerving er en ganske stor og lett gjenkjennelig alge som mister bladene sine utover høsten, men hvor midtribben står igjen og er flerårig. Den kan vokse så dypt som 30m og er en av algene som inngår i beregningen av det biologiske kvalitetselementet 'nedre voksegrense'. I vanntype 1 'åpen eksponert kyst' (ref Figur 55) er referanseverdien for nedre voksegrense for fagerving 30m, i vanntype 2 og 3 er den 17m. For øvrige vanntyper eksisterer ikke referanseverdier. Referansedydene for fagerving og sukkertare er vist i Tabell 31.

På stasjon G8 i Sandefjordsfjorden og G27 Akerøya er det økte forekomster av den trådformete rødalgen kryptlo (*Spermothamnion repens*) som betyr mest for ulikheten mellom de to årene. Algen danner loaktige dotter på fjell og på andre alger.

Sammenligning av kun faunatransektene utført i 2007 og 2010 viser at stasjonene også da er relativt like – men i noe mindre grad enn for algene - alle har en likhet større eller lik 40 % (Figur 59). De stasjonene som har endret seg mest mellom de to årene er stasjon G6 i Vestfjorden sør for Tønsberg, G14 på Bevøya utenfor Soon, G23 i Løperen og G26 på Rauerkalven.



Figur 59. Cluster-analyse av faunatransektene i 2007 og 2010. De stasjoner med størst ulikhet mellom årene er avmerket. Betegnelsene indikerer stasjonsnummer og år; f.eks 27\_10 som er stasjon G27 i 2010.

Også her er det utført en SIMPER-analyse for å vurdere årsaken til ulikhetene, og nedenfor vises for den enkelte stasjon de tre dyreartene som bidrar mest til ulikhetene mellom 2007 og 2010:

G6 Vestfjorden v. Tønsberg	G6_2007	G6_2010			
Average dissimilarity = 69,40	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Ciona intestinalis</i>	0,00	41,00	8,84	12,73	12,73
<i>Sagartiidae</i> indet.	0,00	30,00	6,47	9,32	22,05
<i>Parasmittina trispinosa</i>	0,00	18,00	3,88	5,59	27,64
G14 Bevøya	G14_2007	G14_2010			
Average dissimilarity = 52,77	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Ciona intestinalis</i>	0,00	38,00	8,09	15,32	15,32
<i>Sagartiidae</i> indet.	0,00	16,00	3,40	6,45	21,77
<i>Halichondria panicea</i>	2,00	18,00	3,40	6,45	28,23
G23 Løperen	G23_2007	G23_2010			
Average dissimilarity = 45,42	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Sagartiidae</i> indet.	0,00	22,00	3,66	8,06	8,06
<i>Ciona intestinalis</i>	4,00	22,00	3,00	6,59	14,65
<i>Crisia eburnea</i>	2,00	18,00	2,66	5,86	20,51
G26 Rauerkalven	G26_2007	G26_2010			
Average dissimilarity = 40,51	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Contrib%	Cum.%
<i>Ciona intestinalis</i>	2,00	50,00	7,91	15,24	15,24
<i>Campanularia johnstoni</i>	28,00	0,00	4,61	8,89	24,13
<i>Laomedea geniculata</i>	23,00	0,00	3,79	7,30	31,43

Generelt for alle fire stasjonene er det store forekomster av tarmsjøpungen (*Ciona intestinalis*) i 2010 som er sterkt bidragende til forskjellen mellom årene. Sjøroser av familien *Sagartiidae* hadde også større



forekomster i 2010 enn 2007. Tarmsjøpungen er en meget vanlig art som under spesielle forhold kan danne store sammenhengende ansamlinger. Arten lever vanligvis i ca 1 år og har en rask vekst. Av denne grunn kan den ha store variasjoner i forekomst mellom år. Arten forekommer også i brakkvann. I 2010 var tarmsjøpung den vanligst registrerte dyrearten på hardbunn i Ytre Oslofjord og den var vanlig forekommende på samtlige stasjoner unntatt V. Damholmen inne i Hvalerestuaret.

Det er i særlig grad forekomstene av bunnlevende makroskopiske alger som egner seg til å vurdere miljøtilstand. Hvor langt ned i vannmassene det er tilstrekkelig lys til at makroalger kan vokse (kompensasjonsdypet) er for eksempel et godt mål på vannkvalitet. Siktdyp gir et øyeblikksbilde for måletidspunktet, mens den nedre voksegrensen for alger gir et akkumulert mål på vannets klarhet. Jo dypere lyset trenger ned, jo dypere kan algene vokse. Men siden algene trenger en viss tid, kanskje år, på å etablere en bestand, reflekterer deres nedre voksegrense en ”gjennomsnittlig” kvalitet for vannets klarhet. Det skal bemerkes at det også er andre faktorer som kan begrense nedre voksegrense (som for eksempel kråkebollebeiting), og som må tas i betraktning.

I overvåkingen av Ytre Oslofjord måles nedre voksegrense om sensommeren/tidlig høst, men den nedre voksegrensen vil være bestemt av vannkvaliteten og andre påvirkningsfaktorer i en lengre periode før registreringene finner sted (vår, vinter og høst og sommer året før, dette varierer for ulike arter etter bl.a. livslengde). I Tabell 30 er det gjort en oppsummering av tilstanden på dykkerstasjonene i Ytre Oslofjord i 2007 og 2010 med tanke på nedre voksegrense for makroalger. Denne klassifiseringen er i henhold til Vannforskriften.

De fleste stasjoner har en god eller meget god tilstand i forhold til dette kvalitetselementet. I den nordlige/indre delen av fjorden ved G17 Fuglevik og på G23 i Løperen ved Hvaler er det imidlertid blitt registrert moderat tilstand.

Det største dyp på stasjonene hvor det er blitt registrert spredte forekomster av oppreiste alger er vist i Figur 61. Det dypeste funnet var på 22m dyp på Akerøya (G27) i 2010. Enkeltindivider kan ha vært funnet dypere, men slike funn vil være tilfeldige og er derfor ikke inkludert i analysene.

Tabell 31. Oppsummering av økologisk kvalitet på stasjoner i Ytre Oslofjord i hht Vannforskriftens kvalitetselementet nedre voksegrense for makroalger.

Nord			Øst				Vest	
2007			2007					2007
<b>G3</b>	<b>G14</b>	<b>G17</b>	<b>G10</b>	<b>G23</b>	<b>G26</b>	<b>G27</b>		<b>G5</b>
<b>GOD</b>	<b>GOD</b>	<b>MODERAT</b>	<b>MEGET GOD</b>	<b>MODERAT</b>	<b>GOD</b>	<b>GOD</b>		<b>MEGET GOD</b>
2010			2010					2010
<b>G3</b>	<b>G14</b>			<b>G23</b>	<b>G26</b>	<b>G27</b>	<b>St 52</b>	<b>G5</b>
<b>GOD</b>	<b>GOD</b>			<b>GOD</b>	<b>GOD</b>	<b>GOD</b>	<b>MODERAT</b>	<b>GOD</b>
								<b>MEGET GOD</b>

Tabell 32. Oversikt over referanseverdi (m) for nedre voksegrense for sukkertare og fagerving.

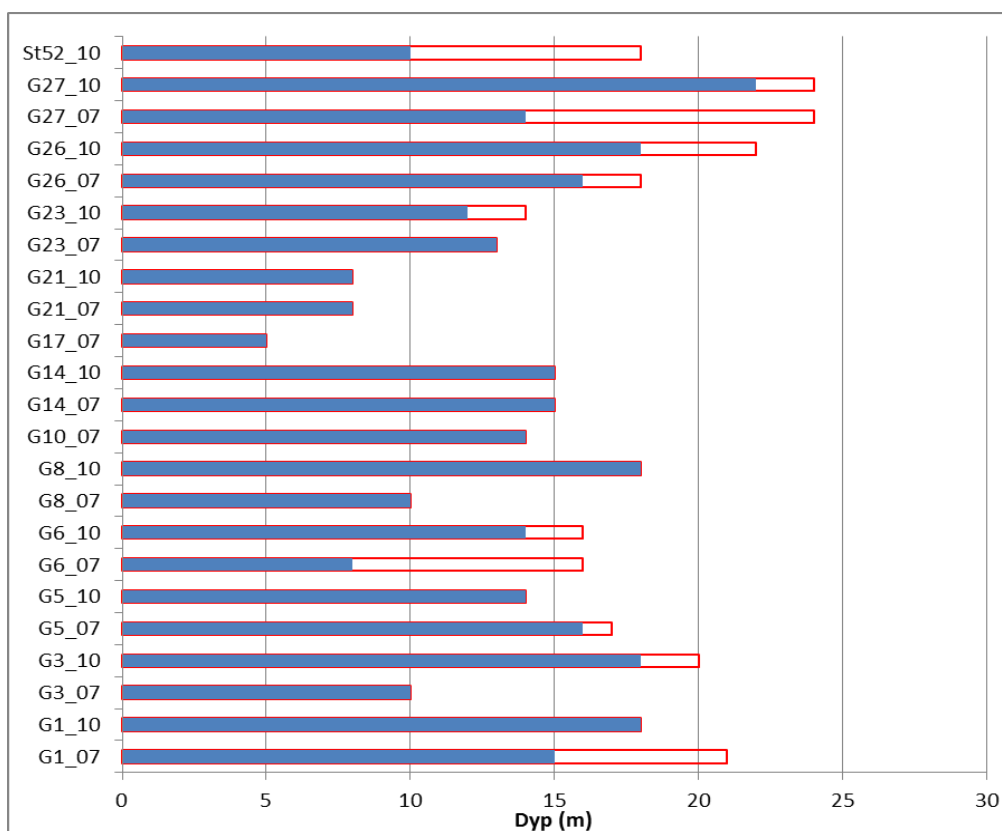
Arter\ Vanntype (Norsk navn)	Kyst/fjord- Ekspontert SK1 Dyp i meter	Kyst/fjord- Moderat ekspontert SK2 Dyp i meter	Fjord – Beskyttet - SK3 Dyp i meter
Sukkertare	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Fagerving	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>17</b>

Sukkertarens (*Latissima saccharina*) nedre voksegrense på YO-stasjonene er vist i Figur 60. I Løperen (G23) kan det se ut som om det har vært en stor bedring siden 2007, med en dobling av nedre voksegrense, mens G1 ved Hurum viser en kraftig redusert nedre voksegrense siden 2007. Den store endringen på G3 utenfor Horten kan forklares med at stasjonen ble flyttet i 2010.

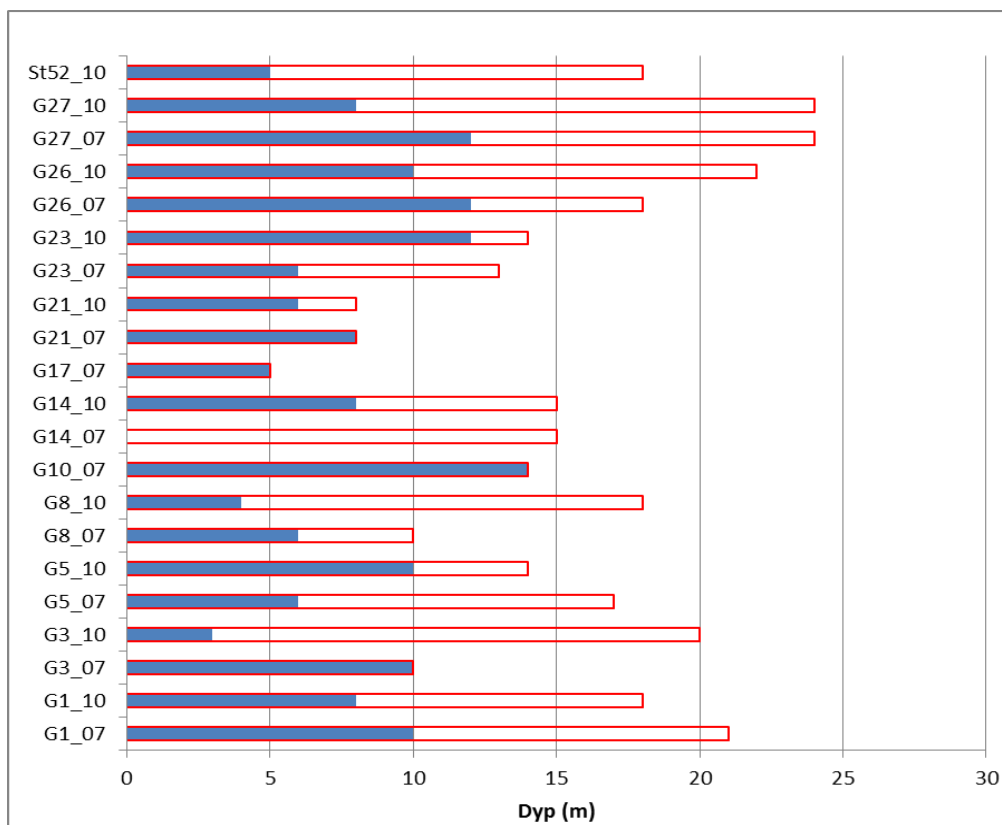
Akerøya (G27) er den eneste av gruntvannsstationene som ligger i vanntype SK1. Referansedyppet for sukkertare og fagerving er henholdsvis 16 og 30m i denne vanntypen. Fra Figur 60 ser vi at sukkertare har et betydelig redusert voksedyp på G27 i forhold til referansen. Det samme gjelder for fagerving. Heller ikke på de to eksponerte kystovervåkingsstasjonene KYO-02 ved Færder fyr og KYO-03 ytterst i Sandefjordsfjorden er det blitt registrert nedre voksegrense som er lik referanseverdien, men i henhold til Vannforskriften er tilstanden god. Det er naturlig å anta at det er en betydelig sammenheng mellom de registrerte verdiene for nedre voksegrense i Ytre Oslofjord og det siktdyp man har i fjorden. Siktdypet er imidlertid for det meste klassifisert som dårlig og dette viser igjen til den usikkerhet vi mener det knytter seg til parameteren siktdyp i områder som Ytre Oslofjord.

Stasjon G5 Torgersøya, G3 Østøya, G14 Bevøya og G26 Rauerkalven tilhører vanntype SK2, mens G8 i Sandefjordsfjorden og G6 i Vestfjorden ved Tønsberg tilhører vanntype SK3. Resterende dykkestasjoner hører til vanntype SK4 som *ikke har etablert referanseverdier for nedre voksegrense*. På Rauerkalven var sukkertarens nedre voksegrense i 2007 lik referansedypp, mens den var noe mindre men fortsatt god i 2010.

I Krokstad- og Kurefjorden er det i 2010 gjort registreringer av nedre voksegrense for MORSA-prosjektet. Kurefjorden kom ut med Meget god tilstand, mens Krokstadfjorden ble klassifisert til Moderat tilstand.



Figur 60. Nedre voksegrense – første registrering av spredt forekomst av opprett alge – rødt omriss viser største dykkedyp. Stasjon G3 ble flyttet i 2010.



Figur 61. Nedre voksegrense – første registrering av sukkertare – rødt omriss viser største dykkedyp. Stasjon G3 ble flyttet i 2010.

## 6. Anbefalinger

Generelt anbefales en videreføring av overvåkingen i Ytre Oslofjord. Stasjonsvalg og prøvetakingsfrekvens for de enkelte delområder bør vurderes på bakgrunn av fremkomne resultater.

For å kunne vurdere sannsynlige effekter av eventuelle fremtidige regionale og lokale tiltak er det viktig som bakgrunnsinformasjon å ha en best mulig kunnskap om tilstanden i de store sentrale vannmassene i Ytre Oslofjord. Kvaliteten på dette vannet er også av stor betydning for kvaliteten på vannet i sidefjorder og i randområdene. Det anbefales en fortsatt overvåking av hele vannsøylen på sentrale stasjoner i fjorden.

Man bør sikre seg data som kan estimere oksygenforbruket i ulike bassenger i Ytre Oslofjord.

Beregninger har vist at det har vært en nedgang i transporten av næringssalter fra Tyskebukta til Skagerrak, noe som også er positivt for miljøtilstanden i Ytre Oslofjord, særlig de ytre deler. Resultatene er basert på data fra 1996-2006. Ved å følge opp dette med en ny utredning om cirka 5 års tid kan det gis en sikrere vurdering om hvorvidt nedgangen er en trend eller ikke.

Overvåkingen viser at høye nitrogenverdier i fjordens vannmasser oftest er knyttet til kraftige nedbørperioder og avrenning. Mulige konsekvenser av forventede klimaendringer på nitrogentilførsler, og eventuelle effekter av dette, anbefales utredet.

I Mossesundet vil det være interessant å overvåke hva som skjer med vannmiljøet etter at Petterson har lagt ned sin produksjon. Det anbefales å ta opp overvåkingen av vannmasser på den sørligste av stasjonene i Mossesundet (Mo-1).

Overvåkingen har vist at det i Ytre Oslofjord er en svak sammenheng mellom siktdyp å ene siden, og næringssalter og planktonproduksjon på den andre siden. Klassegrenser for klassifisering av miljøtilstand i henhold til siktdyp bør revurderes for Oslofjorden og liknende fjordområder.

Fokusområdene bør følges opp med overvåking:

- Bunnsedimentene på stasjonen i Tønsbergområdet har vist en bedring i tilstand i overvåkingsperioden. Er dette en trend eller bare tilfeldig, og er sjøområdene rundt Tønsberg generelt på bedringens vei?
- Drammensfjorden, Iddefjorden og Grenlandsfjordene har over en lengre tidsperiode vist redusert tilstand på grunn av dårlige oksygenforhold. Det anbefales at disse områdene følges opp med fremtidige undersøkelser av utviklingen i det pelagiske miljø og bunnforhold. Samtidig bør man inkludere vertikale profiler av oksygenkonsentrasjon, slik at man kan følge med eventuelle vertikale endringer i oksygenkonsentrasjon og vurdere bunnarealet dette har betydning for. Oksygenprofiler kan også benyttes til å beregne oksygenforbruksraten i dypere vannlag og sammenligne dette med andre lokaliteter uten lokal belastning. Dette bidrar til å kvantifisere betydningen av de lokale tilførsler.
- Iddefjorden er en grensefjord med problemer og bør derfor følges spesielt opp. Samarbeid med «Iddefjordsgruppa» og svenske fag- og forvaltningsmiljøer er i den sammenheng viktig. Det bør inkluderes biologiske registreringer på grunt vann i fjordens strandsone. Det er uklart hvordan forventet naturtilstand for fjorden kan være og dette bør undersøkes nærmere.

Det bør vurderes nærmere behov for studier av årsaker og kvantifisering av avlastningsbehov i områder med avvikende tilstand.

Nasjonalparken Ytre Hvaler/Kosterhavet har som hensikt å starte opp en overvåking av nasjonalparkområdet. Denne bør koordineres med Fagrådets overvåking av Ytre Oslofjord, og eventuell annen overvåking i området.

## 7. Referanser

Alve E. 1991. Foraminifera, climatic change, and pollution: a study of late Holocene sediments in DFrammensfjorden, Southeast Norway. *The Holocene* 1,3: 243-261.

Aure J., Danielssen D. & Sætre R. 1996. Assessment of eutrophication in Skagerrak coastal water using oxygen consumption in fjordic basins. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 589-595. 1996.

Aure, J., Danielsen, D., Magnusson, J. 2010. Langtransporterte tilførsler av næringssalter til Ytre Oslofjord 1996-2006. *Fisken og Havet* 4-2010. 21s.

Aure J. & Danielssen D. 2011. Miljøundersøkelser i norske fjorder: Grenlandsfjordene 2000-2009. Havforskningsinstituttet. *Fisken og Havet* 3. 23s

Berge, J.A., S. Borgvang, S. Evans og P.E. Iversen (eds) 1991. Overvåking av svensk norsk grensefarvann - Sammendragsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp.445/91-TA741/91, 29s.

Berge JA, Bjerkgeng B, Magnusson J, Rygg B, Stigebrandt A, Walday M. 1997. Miljøundersøkelser i forbindelse med en mulig utdyping av tersklene i Iddefjorden/Ringdalsfjorden. NIVA-rapport 3695-97. 134s.

Berge D., et al. 2004. Karakterisering - Haldenvassdraget med utenforliggende fjordområder. NIVA-rapport 4785-2004. 126s.

Braarud, T. & Bursa, A. 1939. The phytoplankton of the Oslo Fjord 1933-1934. - Hvalråd. *Skr.*19:1-63.

Braarud, T. & Nygaard, I., 1967. Fytoplankton. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. I. Undersøkelsen 1962-65. Delrapport 4. - Norsk Institutt for Vannforskning (1967):1-171.

DNV 2006. Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Femårsrapport 2001 – 2005. Det Norske Veritas, Rapport nr. 2006-0831. 127s.

Johannesen T. & Dahl E. 1996. Decline in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1926-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication?. *Limnol. Oceanogr.* 41(4):766-778.

Moy F. & Walday M. 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994 Hardbunnsundersøkelser 1992-1994. NIVA-rapport 3442-1996. 84s.

Norderhaug, K., Aure, Jan (HI), Falkenhaus, Tone (HI), Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Moy, Frithjof, Omli, Lena (HI), Rygg, B., Trannum, H. 2010. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2009. NIVA-rapport 5953-2010. 112s.

Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49:728-739

Rygg, B. 1986. Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982-1984. Delrapport 3. Bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 1863. 24s.

Selvik, John Rune (NIVA), Tjomsland, Torulv (NIVA), Høgåsen, Tore (NIVA), Eggestad, Hans Olav (BIOFORSK), 2010. TEOTIL: Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2009 - tabeller og figurer. Notat fra NIVA. TA-2741.

Selvik, J.R., Tjomsland, T., Borgvang, S.A. & Eggestad, H.O., 2007. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL. Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport nr 973/2006, TA-2211/2006. NIVA-rapport, L.nr. 5330-2007. 57 s.

Skarbøvik Eva (Bioforsk), Per Stålnacke (Bioforsk), Øyvind Kaste (NIVA), John Rune Selvik (NIVA), Torulv Tjomsland (NIVA), Tore Høgåsen (NIVA), Stein Beldring (NVE), 2011. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2010. NIVA-rapport 6225-2011. 186 s.

Skjoldal, H.R., Aure, J., Bakke, T., Dahl, F.E., Fredriksen, S., Gray, J.S., Heldal, M., Røed, L.P., Olsen, Y., Tangen, K., Molvær, J. 1996. Ytre Oslofjord, Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringsalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutroforhold i fjorder og kystfarvann, 147s.

Tangen, K., 1985. *Gyrodinium aureolum* og andre dinoflagellater i Oslofjorden, 1966-1982. - Flødev. Meld. 3:33-54.

Tjomsland, T., Selvik, J., Brænden, R., 2010. Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA Rapport 5914. 58 s.

Trannum HC, K.M. Norderhaug, L. Naustvoll, B. Bjerkeng, J.K. Gitmark, F. Moy 2012. Miljøovervåking av sukkertare langs kysten. Sukkertareovervåkingsprogrammet 2011. Årsrapport for 2011. KLIF rapport TA-2903/2012. NIVA-rapport 6327-2012. 59s.

Turrell WR, Henderson EW, Slessor G, Payne R, Adams RD. 1992. Seasonal changes in the circulation of the northern North Sea. Cont Shelf Res 12:257–286

Walday Mats, Gitmark Janne, Naustvoll Lars, Norling Karl, Selvik John Rune, Sørensen Kai. 2011. Overvåking av Ytre Oslofjord 2010. Årsrapport. NIVA-rapport 6184-2011. 77s.

## Vedlegg A.

### Metodikk vannmasser

Analysen av de uorganiske næringssaltene foretas med autoanalysator i henhold til metoder beskrevet av Bendschneider & Robinson (1952) for nitrogen og av Grasshoff (1965) for fosfat. Totalt nitrogen/fosfat ble analysert i henhold til metoder beskrevet av Valderrama (1981). For randstasjonene, Grenland og enkelte dekninger av OF stasjonene ble analysene foretatt av Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium i Flødevigen. NIVA's kjemilaboratorium var ansvarlig for analysene av prøver fra FerryBox systemet og ekstra sommerdekning i Hvaler. Bestemmelse av oksygen ble gjort i henhold til Winklers-metode (ref). Oksygen var ikke inkludert i prøvetakningen med FerryBox systemet.

Innsamling av kvalitative prøver for planteplankton ble utført med 10 $\mu$ m håvtrekk fra 5m til overflaten. Kvantitative prøver er samlet inn som blandingsprøve fra dypene 0m, 2m og 5m (eventuelt fra 2 eller 5m der kun ett dyp benyttes). Opparbeidelsen av de kvantitative prøvene er gjort i henhold til "Utermöhl metode" beskrevet i Norsk Standard (NS 9429) i perioden 2007-2010. Opparbeidningen av de kvantitative prøvene ble endret fra og med 2011. Det siste året ble opparbeidningen foretatt i henhold til "filtrering og sedimentasjon metode" beskrevet i Norsk Standard (NS 9429).

Ferrybox målingene har vært operative i Oslofjorden i 10 år. NIVA har bygget opp systemet fra starten gjennom NFR prosjekter, deretter EU-prosjektet FerryBox og andre EU-prosjekter og prosjekter for den Europeiske romfart organisasjonen ESA og Norsk Romsenter. Deretter har systemet vært utnyttet i Kystovervåkingsprosjekter og av Fagrådene for indre og ytre Oslofjord, samt andre som f.eks av DN for utvikling av Naturindeksen. Color Line har vært operatør av linjen og fartøyene Color Festival, Prinsesse Ragnhild og nå Color Fantasy har operert linjen.

Systemet består av ett gjennomstrømningssystem med vanninntak på 4 m hvor det er plassert sensorer for temperatur, salinitet og klorofyll-a fluorescens. Videre finnes sensorer for turbiditet, oksygen, oppløst organisk material og blågrønnalger, samt lys og havfargesensorer på dekk. Målingene gjøres hvert minutt tilsvarende ca hver 500 m og er tilgjengelige i sann tid. Sanntidsmålingene har vært anvendt ved spesielle episoder som f.eks. skadelige algeoppblomstringer. I tillegg finnes en viktig prøvetagningsenhet hvor vannprøver kan utløses på posisjoner (f.eks. som for OF-stasjonene) eller manuelt ved episoder som ønskes dokumentert. Prøvene kan da analyseres for variable som ikke måles med sensorer og for kalibreringsprøver av sensorene. Sensordata som inngår her som f.eks. klorofyll-a fluorescens er kalibrert basert på slike prøver.

I Ytre Oslofjord har det blitt samlet inn data fra Ferrybox-system siden 2003. I perioden 2003-2008 var det installert på Color Festival, som trafikkerte ruten Oslo-Fredrikshavn, med Prinsesse Ragnhild på samme rute i en kortere periode i 2008. I denne perioden var det daglige passeringer, nordover på ettermiddagen og sørover om kvelden, med noe annen rute i helgene. Fra og med 2009 er systemet installert på Color Fantasy som trafikkerer ruten Oslo-Kiel, med passering annen hver dag, nordover om morgen og sørover om ettermiddagen. Det er her valgt å basere datapresentasjonen bare på ettermiddagspasseringene, som både i 2003-2008 og 2009-2011 har stort sett har ligget innenfor tidsrommet fra kl. 12 til kl. 17 målt som UTC-tid (i praksis lik GMT). Passeringstiden er forskjøvet fram og tilbake med en time henholdsvis vår og høst, fordi rutetidene følger omstilling til sommertid.

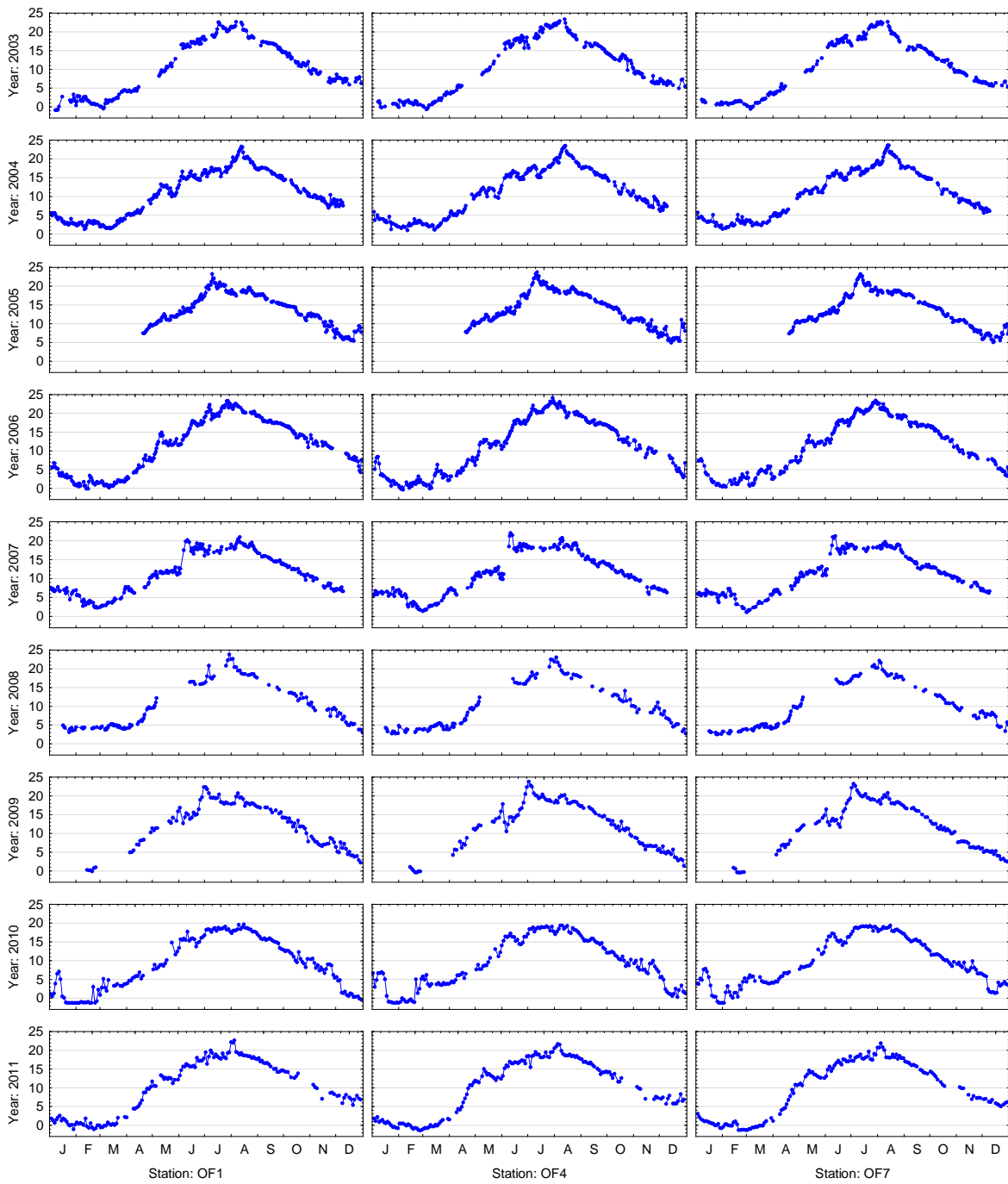


Sensordata er oppsummert for tre strekninger i ytre Oslofjord, omtrent tilsvarende stasjon OF1, OF4 og OF7 i overvåkingsprogrammet. For hver stasjon er det tatt med målinger innenfor et breddegradsvindu på  $\pm 0,25^\circ$  rundt posisjonen til stasjonen. Dette tilsvarer ca. 2,5 km fra stasjonens breddegrad i hver retning, og gir data fra ca. 10 posisjoner fra hver passering. Stasjonsposisjonene er:

Stasjonsnavn	Breddegrad	Lengdegrad
OF1	59.0411	10.7544
OF2	59.1867	10.6917
OF7	59.5900	10.6400

For hver ettermiddagspassering er det beregnet gjennomsnittsverdier av temperatur, saltholdighet og klorofyll-fluorescens over alle posisjonene innenfor definert breddegradsvindu. I praksis er det gjort ved å beregne gjennomsnitt pr. døgn, men bare ta med observasjoner innenfor tidsvinduet fra kl. 12 til 17.

Gjennomsnittsverdiene er vist i kapittel 3.5.1 som tidsplokk med oppdeling etter stasjon og år med figur for temperatur og figur for saltholdighet og klorofyll-fluorescens sammen. Passeringene har som nevnt stort sett vært daglige eller hvert annet døgn. Det har vært enkelte lengre opphold i målingene ved driftsstans og bytte av skip. Opphold på 3 dager eller mer er vist som åpne mellomrom i plottene, mens punkter som ligger tettere er forbundet med linjer.

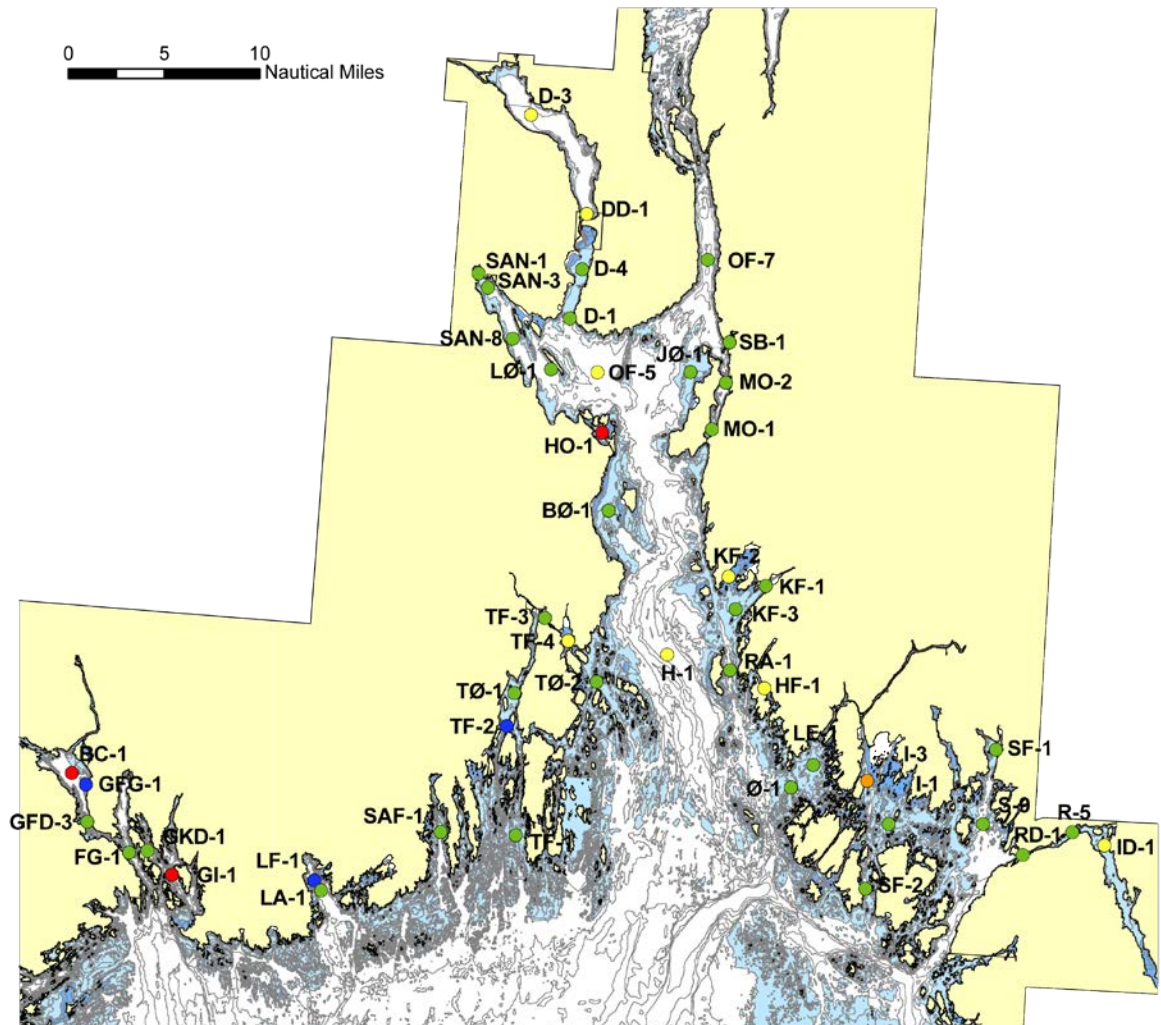


Figur 62. Temperatur på 4 m dyp fra Ferryboksmålinger i ytre Oslofjord 2003-2011.

## Vedlegg B.

Tabell 33. Stasjon, posisjon, dyp, SPI variabler: apparent Redox Potential Discontinuity (aRPD), Benthic Habitat Quality (BHQ) og Tilstandsklasse (TK) for enkelte år 2007-2011. Trender fra to-årsperioder og fireårsperioden 2007-2011, positive tall viser en forbedring over tid.

Stasjon			2007			2008			2009			2010			2011			Δ BHQ indeks			
Navn	Latitud	Longitud	Dyp	RPD	BHQ	TK	RPD	BHQ	TK	RPD	BHQ	TK	RPD	BHQ	TK	RPD	BHQ	TK	2009-2007	2011-2009	2011-2007
BC-1	59,10410	9,61720	94	0,3	1,3	5	0,0	1,0	5	0,0	0,7	5	0,7	3,0	4	0	0,8	5	-0,7	0,1	-0,6
BØ-1	59,36650	10,49330	28	3,5	11,0	2	3,1	10,7	2	2,7	10,0	2	3,5	12,3	1	2,2	8,0	2	-1,0	-2,0	-3,0
D-1	59,53160	10,40470	85	3,0	9,5	2	3,2	10,3	2	2,7	10,0	2	3,1	11,7	1	1,9	8,3	2	0,5	-1,7	-1,2
D-3	59,70580	10,31350	97	0,0	0,7	5	0,0	1,0	5	0,0	0,3	5	0,6	2,0	5	0,9	5,0	3	-0,3	4,7	4,3
D-4	59,57470	10,41990	22	2,6	8,7	2	2,8	9,0	2	2,3	8,0	2	2,8	9,0	2	1,7	7,3	2	-0,7	-0,8	-1,4
DD-1	59,62320	10,42130	107	0,8	4,7	3	2,6	8,0	2	0,2	2,3	4	2,3	8,3	2	1,1	6,3	3	-2,3	4,0	1,7
FG-1	59,03900	9,72350	105	2,8	9,0	2	2,3	8,3	2	3,0	9,5	2	2,2	8,3	2	2,4	9,8	2	0,5	0,3	0,8
GFD-3	59,06280	9,64880	42	2,7	8,7	2	3,5	8,7	2	3,2	9,5	2	2,8	8,7	2	2,6	8,5	2	0,8	-1,0	-0,2
GFG-1	59,09510	9,64130	17	2,7	8,3	1	2,8	9,0	1	2,5	8,0	2	3,0	8,3	1	2,2	8,3	1	-0,3	0,3	0,0
GI-1	59,02270	9,79830	205	5,0	9,7	2	3,0	9,0	2	0,0	1,0	5	0,1	2,0	5	0	1,0	5	-8,7	0,0	-8,7
GKD-1	59,04140	9,75100	47	2,7	9,3	2	2,1	9,0	2	2,0	7,0	3	2,8	10,0	2	1,9	7,3	2	-2,3	0,3	-2,0
H-1	59,24530	10,60940	343	3,7	10,0	2	4,9	9,8	2	4,2	10,3	1	3,0	9,8	2	1,8	6,3	3	0,3	-4,0	-3,7
HF-1	59,22110	10,77790	7	1,3	5,0	3	1,0	4,3	3	1,0	3,3	4	1,8	5,0	3	1,7	4,7	3	-1,7	1,3	-0,3
HO-1	59,43400	10,47270	25	0,0	0,0	5	0,0	0,0	5	0,0	0,0	5	0	0,8	5	0	1,0	5	0,0	1,0	1,0
I-1	59,10950	11,00190	51	2,1	9,3	2	3,0	10,3	2	3,1	11,0	2	2,6	11,0	2	2,8	8,0	2	1,7	-3,0	-1,3
I-3	59,14630	10,96190	54	0,3	3,3	4	0,5	4,0	4	0,0	2,3	4	2,3	7,0	3	0,8	3,5	4	-1,0	1,2	0,2
ID-1	59,10160	11,36910	29	0,0	0,3	5	0,0	0,3	5	0,0	0,0	5	0,8	3,3	4	0,3	4,3	3	-0,3	4,3	4,0
ID-2	59,11600	11,38460	8,1	0,0	0,0	5	0,0	0,0	5	0,0	0,0	5	0	1,0	5	-	-	-	0,0	-	-
JØ-1	59,49180	10,61680	34	2,0	8,7	2	3,3	10,3	2	2,1	10,3	2	3,2	10,7	2	1,4	8,7	2	1,7	-1,7	0,0
KF-1	59,31010	10,76880	17	0,7	9,7	1	1,8	7,0	2	2,7	9,0	1	2,1	9,5	1	1,7	7,5	2	-0,7	-1,5	-2,2
KF-2	59,31620	10,70460	7	0,7	3,7	4	0,7	3,0	4	1,1	3,3	4	1,4	4,0	4	1,9	5,5	3	-0,3	2,2	1,8
KF-3	59,28830	10,72030	22	2,8	10,0	2	2,4	8,7	2	2,0	8,3	2	2,9	9,0	2	2	9,0	2	-1,7	0,7	-1,0
LA-1	59,01930	10,05180	105	2,9	10,7	2	2,9	10,3	2	2,6	9,7	2	3,6	11,7	1	3,6	9,3	2	-1,0	-0,4	-1,4
LE-1	59,15680	10,86850	28	2,6	10,7	2	2,7	10,0	2	2,3	10,7	2	2,6	10,3	2	2,5	7,5	2	0,0	-3,2	-3,2
LF-1	59,02720	10,03970	85	2,4	9,7	2	2,7	9,0	2	2,8	9,7	2	3,4	10,0	2	4,3	11,3	1	0,0	1,6	1,6
LØ-1	59,48590	10,37820	66	3,7	10,7	2	3,0	10,0	2	3,2	11,3	1	2,1	10,0	2	3,7	9,5	2	0,7	-1,8	-1,2
MO-1	59,44330	10,66020	46	2,9	8,3	2	2,9	10,0	2	3,0	9,7	2	2,8	8,7	2	3,1	8,0	2	1,3	-1,7	-0,3
MO-2	59,48450	10,67840	105	2,6	10,3	2	3,0	9,7	2	2,6	10,3	2	1,9	8,5	2	2,9	8,0	2	0,0	-2,3	-2,3
Ø-1	59,13650	10,83380	52	5,4	10,7	2	3,7	10,0	2	3,6	9,7	2	2,8	8,0	2	2,5	9,3	2	-1,0	-0,4	-1,4
OF-5	59,48660	10,45830	199	4,9	10,3	2	4,8	11,5	1	4,2	9,0	2	2,6	8,0	2	2	6,7	3	-1,3	-2,3	-3,7
OF-7	59,59070	10,63550	210	3,6	9,7	2	4,1	10,0	2	3,9	12,0	1	3,3	10,0	2	2,8	7,3	2	2,3	-4,7	-2,3
R-5	59,11180	11,31370	33	2,4	7,7	2	2,5	10,0	2	2,0	7,3	2	4,6	9,3	2	3,6	9,0	2	-0,3	1,7	1,3
RA-1	59,23510	10,71710	120	3,2	10,3	2	4,5	11,0	2	2,8	9,7	2	2,7	11,0	2	3,2	10,3	2	-0,7	0,6	-0,1
RD-1	59,08995	11,23548	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,8	2	-	-	-
S-9	59,11430	11,16190	95	5,8	12,0	1	Forstyrret	-	-	1,5	6,0	3	4,0	9,0	2	2,6	8,7	2	-6,0	2,7	-3,3
SAF-1	59,07800	10,25000	55	4,0	9,3	2	3,5	9,5	2	2,8	9,5	2	2,8	9,7	2	2,9	9,3	2	0,2	-0,3	-0,1
SAN-1	59,56170	10,24380	23	2,7	9,0	2	2,4	8,3	2	2,4	9,7	2	3,1	8,3	2	2,8	8,7	2	0,7	-1,0	-0,3
SAN-3	59,55080	10,25760	47	3,7	11,0	2	3,0	9,7	2	2,9	10,7	2	3,2	11,0	2	2,9	8,3	2	-0,3	-2,3	-2,7
SAN-8	59,50910	10,30510	73	3,8	10,5	2	3,0	11,0	2	3,8	11,7	1	3,4	9,7	2	2,8	8,3	2	1,2	-3,3	-2,2
SB-1	59,52010	10,68040	34	2,0	9,3	2	1,7	7,7	2	2,2	8,0	2	2,6	9,3	2	3,4	9,3	2	-1,3	1,3	-0,1
SF-1	59,17980	11,17690	35	2,6	9,3	2	3,2	10,5	2	2,7	8,3	2	2,4	10,0	2	2,7	9,8	2	-1,0	1,4	0,4
SF-2	59,05230	10,96960	68	3,3	11,3	1	2,9	8,3	2	3,1	8,3	2	-	-	-	2,6	8,3	2	-3,0	0,0	-3,0
TF-1	59,07910	10,37370	44	2,0	7,7	2	2,6	8,0	2	3,0	10,0	2	1,8	7,7	2	3,3	9,0	2	2,3	-1,0	1,3
TF-2	59,17350	10,34580	54	3,0	11,0	2	Forstyrret	-	-	2,9	9,5	2	3,3	10,3	2	3,6	11,3	1	-1,5	1,8	0,3
TF-3	59,26960	10,39730	13	0,0	0,0	5	0,0	1,0	5	0,8	4,3	3	0	1	5	1,6	7,0	2	4,3	2,7	7,0
TF-4	59,25110	10,43970	10,5	0,0	0,0	5	0,0	1,0	5	0,0	1,0	5	1,2	6,0	3	0,9	6,0	3	1,0	5,0	6,0
TØ-1	59,20260	10,35460	74	1,7	9,0	2	3,4	11,0	2	2,6	8,3	2	2,5	10,3	2	2,6	10,5	2	-0,7	2,2	1,5
TØ-2	59,21690	10,49200	38	2,6	11,3	1	2,0	8,3	2	2,6	10,0	2	2,4	10,3	2	2	8,3	2	-1,3	-1,7	-3,0
Middels				2,5	7,9	2,5	2,4	7,7	2,5	2,2	7,4	2,6	2,4	8,1	2,4	2,2	7,6	2,3	-0,5	0,0	-0,5



Figur 63. Tilstandsklasser for bløtbunn i henhold til BHQ-indeksen (SPI, Rosenberg m. fl. 2004) fra alle stasjoner i Ytre Oslofjord som ble innsamlet i 2011.

## Vedlegg C.

Tabell 34. Rammer. Antall taxa av rød-, brun-, grønnalger, 'annet' (kiselalger, blågrønnalger) og dyr på rammestasjonene i 2007, 2009 og 2010. Merk at ikke samtlige stasjoner ble undersøkt i hvert av de tre årene.

Hele																									
2007	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25
Rød	4	6	7	10	7	9	6	7	3	3	13	1	7	11	6	4	12	1	8	7	6	2	1	2	5
Brun	6	6	3	9	5	5	6	6	5	3	7	4	3	6	7	6	2	4	6	7	6	3	8	4	7
Grønn	4	4	4	3	3	4	5	5	1	5	6	2	3	10	3	3	3	3	5	2	2	2	2	3	1
Annet	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0	1	1	0	0
Dyr	5	8	5	5	15	16	19	21	11	3	11	2	15	11	7	3	12	2	15	12	7	2	3	9	8
SUM	20	25	19	27	30	35	36	39	20	15	37	10	28	39	23	16	30	12	35	28	21	10	15	18	21
2009	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25
Rød	6	x	5	x	7	6	x	8	x	2	x	x	x	7	x	x	11	x	x	x	8	x	6	x	x
Brun	6	x	4	x	5	5	x	9	x	3	x	x	x	6	x	x	4	x	x	x	7	x	6	x	x
Grønn	8	x	3	x	4	4	x	6	x	3	x	x	x	5	x	x	4	x	x	x	2	x	3	x	x
Annet	1	x	2	x	1	1	x	1	x	1	x	x	x	1	x	x	1	x	x	x	1	x	2	x	x
Dyr	9	x	8	x	13	15	x	17	x	3	x	x	x	9	x	x	8	x	x	x	7	x	5	x	x
SUM	30	x	22	x	30	31	x	41	x	12	x	x	x	28	x	x	28	x	x	x	25	x	22	x	x
2010	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25
Rød	x	10	6	4	11	12	6	8	2	1	8	2	7	10	10	5	8	1	7	5	13	7	3	6	8
Brun	x	5	3	5	7	8	8	9	4	3	12	7	7	10	7	4	4	5	7	7	7	6	7	6	5
Grønn	x	4	3	2	6	5	4	5	3	5	7	2	8	7	4	5	3	4	6	5	3	3	3	4	5
Annet	x	2	0	0	3	1	2	1	1	3	2	0	2	1	0	1	1	1	1	1	0	3	1	1	2
Dyr	x	8	4	7	12	15	13	16	9	6	16	6	17	15	8	8	7	1	18	17	7	5	3	8	7
SUM	x	29	16	18	39	41	33	39	19	18	46	19	39	44	30	22	23	12	39	35	30	24	17	25	27

Tabell 35. Transekter. Antall taxa registrert av dyr, ålegras, lav, rød-, brun-, grønn-, blågrønn- og kiselalger. Maks dykkedyp fra hver stasjon.

	G1_07	G3_07	G5_07	G6_07	G8_07	G10_07	G14_07	G17_07	G21_07	G23_07	G26_07	G27_07	-
Rødalger	20	27	29	22	34	26	22	15	18	22	22	29	-
Brunalger	11	11	10	9	8	12	9	8	11	10	11	12	-
Grønnalger	2	8	7	5	7	4	5	3	2	3	4	3	-
Blågrønn/Kiselalger	1	1	1	1	2	2	1	-	1	2	-	-	-
Ålegras/Lav	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-
Dyr	46	38	39	39	38	41	45	23	35	50	46	59	-
Max dykkedyp A/D	21/20	10	17/14	16	10	14/16	15	5	8	13/14	18	24	-
	G1_10	G3_10	G5_10	G6_10	G8_10	-	G14_10	-	G21_10	G23_10	G26_10	G27_10	St52_10
Rødalger	26	21	26	23	28	-	21	-	20	20	27	31	14
Brunalger	10	7	8	11	10	-	14	-	9	8	9	10	8
Grønnalger	4	8	5	6	8	-	8	-	4	3	6	3	4
Blågrønn/Kiselalger	1	1	2	3	2	-	3	-	1	1	-	-	1
Ålegras/Lav	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Dyr	29	47	43	44	37	-	28	-	21	37	23	44	23
Max dykkedyp A/D	18/20	20/16	14/16	16	18	-	15/14	-	8	14	22	24	18/20

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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