

Overvåkning av Ytre Oslofjord 2007

Årsrapport



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 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 2007 Årsrapport	Løpenr. (for bestilling) 5640-2008	Dato 2008-07-03
	Prosjektnr. Undernr. 27250 10	Sider Pris 63
Forfatter(e) Walday, Mats; Gitmark, Janne Naustvoll, Lars (HI); Nilsson, Hans Christer Pedersen, Are; Selvik, John Rune	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Ytre Oslofjord	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for Ytre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn	Oppdragsreferanse 615/08
--------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

Sammen drag

Jordbruk gir størst tilførsler av menneskeskapt fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord (YO). Glomma har siden 1990 vist en økende trend i tilførsler av nitrogen, mens Skienselva har hatt en nedadgående trend. I 2007 var forholdene i Frier-, Håøy- og Langesundsfjordens øvre vannlag generelt gode, mens oksygenforholdene i bunnvannet var dårligere. I randsonen var forholdene stort sett bra, men Drammens-, Idde- og Ringdals-fjorden viste forhøyede nærings saltnivåer. Drammensfjorden, Iddefjorden og Ramsø hadde reduserte oksygenforhold i bunnvannet, og ved Horten ble det registrert hydrogensulfid. De sentrale stasjonene i YO hadde generelt gode miljøforhold, om lag som observert de senere år. Vår oppblomstringen i mars-april var dominert av kiselalger. Sommeren viste moderate mengder av flagellater og lave nærings saltkonsentrasjoner. Forekomsten av grønnalger i fjæra indikerer nærings saltpåvirkning på flere stasjoner. Det var en større grad av nedslamming av bunnen på østsiden av YO. Forholdene på bløtbunn i de åpne delene av YO var gode. Dårligere forhold ble observert i de dypere delene av Frierfjorden, ved Tønsberg, i Drammensfjorden, i grunne deler av Krokstadleira, i dybdehull sør for Fredrikstad og i Iddefjorden. Grenlandsfjordene, Drammensfjorden og Iddefjorden peker seg ut som de mest belastede områdene i YO.

Fire norske emneord 1. Overvåking 2. Ytre Oslofjord 3. Eutrofiering 4. Miljøtilstand	Fire engelske emneord 1. Monitoring 2. Outer Oslofjord 3. Eutrophication 4. Environmental quality
--------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Mats Walday
Prosjektleder


Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Overvåking av Ytre Oslofjord 2007

Årsrapport

Forord

NIVA og Havforskningsinstituttet (HI) gjennomfører, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord og SFT, overvåking av det marine miljøet i Ytre Oslofjord. Oppdraget omfatter beregninger av tilførsler til området, undersøkelser av hydrografi og biologi i vannmassene samt undersøkelser av tilstanden i hardbunns- og bløtbunnsområder. Den foreliggende rapport gir en gjennomgang og drøfting av undersøkelser og resultater fra undersøkelser som er blitt gjennomført i 2007.

Ansvarlig for tilførselsberegningene er John Rune Selvik fra NIVA. Ansvarlig for undersøkelsene av vannmasser er Lars J. Naustvoll fra HI. Ansvarlig for undersøkelsene av bløtbunn er Hans C. Nilsson, NIVA og for hardbunn Mats Walday, NIVA. Janne Gitmark og Are Pedersen fra NIVA har deltatt i undersøkelsene av hardbunn.

Mats Walday fra NIVA er oppdragstakers prosjektleder og Bjørn Svendsen er kontaktperson for oppdragsgiver.

Ved bløtbunnsundersøkelsene er Universitetet i Oslo's forskningsfartøy "Trygve Braarud" blitt benyttet. De fleste vannmasseprøver er samlet inn fra HI's forskningsfartøy "G.M. Dannevig". Anders Flingtorp har samlet inn prøver i Hvalerområdet.

Oslo, 3. juli 2008

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	9
2. Tilførsler til Ytre Oslofjord	11
2.1 Tilførsler av næringssalter til ytre Oslofjord – norske kilder	11
2.1.1 Utslippskilder og kildepesifikke utslipp	11
2.1.2 Målte tilførsler i vassdragene og utviklingstrender	15
3. Overvåking av vannmasser i Ytre Oslofjord	17
3.1 Toktfrekvens og stasjoner i 2007	17
3.2 Metodikk	19
3.2.1 Fysiske parametere	19
3.2.2 Kjemiske parametere	19
3.2.3 Biologiske parametere - planteplankton	20
3.2.4 FerryBox-systemet	20
3.3 Resultater	20
3.3.1 Temperatur og saltholdighet	21
3.3.2 Næringssalter	22
3.3.3 Oksygen	24
3.3.4 Planteplankton	26
4. Overvåking av bunnsamfunn i Ytre Oslofjord	28
4.1 Overvåking av biologien på hardbunnsområder i Ytre Oslofjord	28
4.1.1 Metode og stasjonsvalg	28
4.1.2 Resultater fra strandsonen	31
4.1.3 Resultater fra dykkeregistreringene	36
4.2 Overvåking av biologien på bløtbunnsområder i Ytre Oslofjord	43
4.2.1 Prøvetaking	43
4.2.2 Metode	45
4.2.3 Resultater	46
4.2.4 Indre del av fjord	47
4.2.5 Vestre del av fjord	48
4.2.6 Østre del av fjord	49
4.3 Sammenlikning med tidligere undersøkelser og oppsummering	50
5. Sammenfattende vurdering	51
6. Referanser	52
Vedlegg A. Resultater fra rammeregistreringene	54

Sammendrag

Overvåkningsprogrammet for bunnområdene (bentos) og vannmassene (pelagialen) i Ytre Oslofjord skal fremskaffe informasjon om miljøtilstanden og tilførsler med fokus på næringssalter (eutrofiering). Rapporten beskriver og vurderer resultatene fra undersøkelsene som er blitt gjennomført i 2007.

Tilførselsberegninger gjøres for det året som kommer før undersøkelsene. 2006 var et spesielt varmt år med nedbørmengder noe over normalen på Østlandet. Avrenningen fra elvene var noe høyere enn normalt både om våren og høsten, mens sommeren var noe tørrere enn normalt. Totaltilførslene fra både Glomma, Drammenselva og Numedalslågen var høyere enn årene 2001-2005.

Jordbruk er den største kilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen (hhv 433 og 9606 tonn/år) og tilfører fjorden mer enn dobbelt av det befolkningen gjør. Befolkning og industri bidrar nesten like mye til tilførslene av fosfor (hhv 222 og 195 tonn/år), mens befolkning er en vesentlig større nitrogenkilde enn industri (hhv 4134 og 1214 tonn/år). Akvakultur er en marginal aktivitet, og derfor en marginal kilde for næringssalttilførsler til dette området.

Siden 1990 er det en statistisk trend med økende tilførsler av nitrogen fra Glomma, men mye av trenden forklares av de spesielt lave konsentrasjoner som ble observert tidlig i perioden. Skienselva viser en klar nedadgående trend uten at vi kan peke på spesifikke hendelser i vassdraget.

Ved de sentrale stasjonene i Oslofjorden var miljøforholdene om lag som observert de senere årene. Tilstandsklassifisering basert på sommerverdier ga miljøklasse 'meget god' til 'mindre god' (kl I-III) avhengig av parameter. For Frierfjorden, Håøyfjorden og Langesundsfjorden var miljøforholdene i de øvre vannlag generelt gode (fra meget god-kl I til mindre god-kl III). Oksygenforholdene i bunnvannet ga 'meget dårlig' tilstand for Frierfjorden, 'god' tilstand for Langesundsfjorden, mens Håøyfjorden hadde 'mindre god' tilstand. Miljøforholdene ved stasjonene i randsonen er stort sett bra, men i september var det spesielt Drammensfjorden, Iddefjorden og Ringdalsfjorden som viste høyere næringssaltkonsentrasjoner i overflatelaget enn forventet. Oksygenmålingene viser at lokalitetene "Drammensfjorden", "Iddefjorden" og "Ramsø" fortsatt har reduserte oksygenforhold i bunnvannet. Ved stasjonen "Horten" ble det registrert hydrogensulfid i bunnvannet.

Våroppblomstringen fant sted i mars-april, med dominanse av ulike arter av kiselalger. Typisk for sommerperioden var moderate mengder av flagellater og lave næringssalt-konsentrasjoner. Det ble registrert uvanlig lav saltholdighet i overflaten i perioden juli til august, samtidig med en økning i næringssaltkonsentrasjonene.

Forekomsten av grønnalger i fjæra i Ytre Oslofjord i 2007 indikerer næringssaltpåvirkning på flere av stasjonene. Likhetsanalyser av artssammensetningen på de 12 dykkestasjonene viste en forskjell mellom stasjoner på øst- og vestsiden av fjorden. Forskjellen skyldes blant annet en større grad av nedslamming av bunnen på østsiden av fjorden.

Generelt var bunnforholdene på bløtbunn i de åpne delene av fjorden gode (Tilstandsklasse I og II). Dårligere forhold (Tilstandsklasse IV og V) ble observert i de dypere delene av Frierfjorden, ved Tønsberg, i Drammensfjorden, vest i Kurefjorden, i dybdehull sør for Fredrikstad og i Iddefjorden.

Bortsett fra avgrensede lokale områder så er det Grenlandsfjordene, Drammensfjorden og Iddefjorden som peker seg ut som de mest belastede områder i Ytre Oslofjord.

Summary

The purpose of the monitoring in the outer Oslofjord is to assess the environmental condition of the fjord, and get an overview of the discharges to the fjord, with focus on nutrients and their effects. This report presents and evaluates the results from the investigations in 2007.

The estimation of discharges to the fjord is based on data from the year previous to the monitoring. The temperature in 2006 was higher than normal, while precipitation was slightly above normal. Run-off from the rivers was slightly higher than normal during spring and autumn, but summer was somewhat drier than normal. Total discharge of water from rivers Glomma, Drammenselva and Numedalslågen was the highest since 2000. Agriculture is the main source of anthropogenic contribution of nutrients, nitrogen (N) and phosphorus (P), to the fjord (9606 and 433 tonnes/yr resp). Discharge from waste water treatment plants (WWTP) and industry contribute about the same P loads, while the discharge of N from WWTP is far greater than N from industry. There is an statistically increasing trend of N-input to the fjord from the river Glomma since 1990, but this is probably explained by the extraordinary low concentrations in the beginning of the period. River Skienselva shows a decreasing trend for the entire period. The reason for this is unclear.

At the stations in the central area of outer Oslofjord environmental conditions were mainly good, as has been the case for the last years. In the Frierfjord, Håøyfjord and Langesundsfjord the quality of surface waters was generally good, while oxygen conditions in the bottom water of the Frierfjord were poor. Environmental conditions at the stations in the border area of the outer Oslofjord were mostly good, but with elevated nutrient concentrations in surface waters of the Drammensfjord, Iddefjord and Ringdalsfjord. The Drammensfjord and the Iddefjord had reduced oxygen levels in bottom waters. H₂S was present in bottom waters in the vicinity of the town Horten (near the mouth of the Drammenfjord).

The phytoplankton spring-bloom occurred in March-April, and was dominated by different species of diatoms. During summer moderate amount of plankton, characterised by flagellates, and nutrients levels were low. The surface salinity was reduced in July-August, and during the same period nutrient concentrations increased.

The variation in abundance of littoral green algae in the outer fjord indicates different degrees of impact from nutrients. Sublittoral hard-bottom communities were somewhat different in the western- compared to the eastern part of the fjord. This is partly due to a higher rate of sedimentation in the eastern part.

The soft bottom areas of the open Oslofjord were considered in a good condition, while conditions were poor in the soft bottom areas in: the deeper parts of the Frierfjord, Drammensfjord, near the town of Tønsberg, in the western parts of Kurefjord, in deep holes south of the town of Fredrikstad and in the Iddefjord.

Generally, the Grenlandsfjordene, Drammensfjorden and Iddefjorden are the main areas that are most affected by nutrients.

Title: The Outer Oslofjord – environmental monitoring in 2007

Year: 2008

Author: Walday, Mats; Gitmark, Janne; Naustvoll, Lars (IMR); Nilsson, Hans Christer; Pedersen, Are; Selvik, John Rune

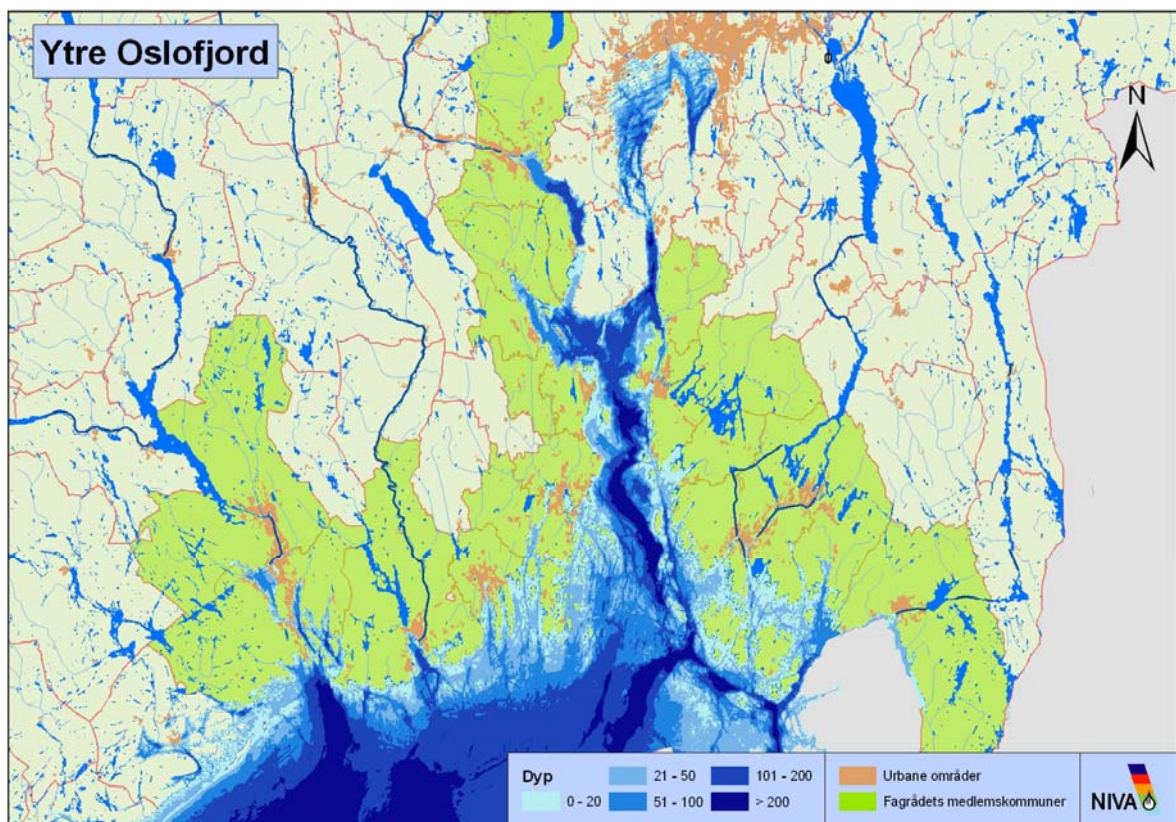
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5375-7

1. Innledning

Programmet for overvåkning av Ytre Oslofjord (YO) dekker fagområdene marin biologi og -kjemi samt oseanografi. I programmet inngår beregning av tilførsler, undersøkelse av vannmasser, undersøkelse av bunnområder og modellkjøring. Programmet utføres som et samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet (HI). Overvåkning av miljøtilstand i et område er langsiktig arbeid. Det tar mange år før trender kan beregnes fordi naturlige og klimatiske variasjoner nødvendigvis gjør lange tidsserier før utsagnskraften er innenfor et akseptabelt konfidensnivå.

Ytre Oslofjord er et stort område som inkluderer åpne havområder, fjorder og Norges største estuarie (Hvaler) (Figur 1). Undersøkelsesområdet er i programmet avgrenset av Drøbaksundet i nord og en linje mellom Koster og nordlige deler av Jomfruland i sør, og vil dekke den geografiske Oslofjorden og Grenlandsfjorden. Dette er et område med et sjøareal på ca 2000 km². De topografiske forhold i fjordsystemet gjør at området er oppdelt i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. Ytre Oslofjord er et svært dynamisk og åpent fjordsystem. På grunn av de topografiske forhold vil det være 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 er i stor grad påvirket av tilførsler fra de store vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva.

I forbindelse med EU's vannrammedirektiv skal de marine influensområdene for de store vassdragene overvåkes og tilstandsvurderes for å sikre en samordnet og helhetlig forvaltning.



Figur 1. Ytre Oslofjord omfatter kystområdet fra svenskegrensa t.o.m. Grenland med unntak av indre Oslofjord (nord for Drøbak), som har et eget overvåkingsprogram.

Programmet i 2007 bygger til stor grad på programmet som har vært gjennomført i 2001-2005 (DNV 2006), men med ny metodikk for sanntidsmåling i vannmasser (FerryBox), fotografisk undersøkelse av sedimenter (SPI) samt presentasjon av resultater via web (AquaMonitor).

Ved siste vurdering av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord (DNV 2006) ble det beskrevet en økning av eutrofinivået innover fjorden, fra ytre området ved Torbjørnskjær og inn til Breiangen. Generelt ble tilstanden i ytre område beskrevet som god, mens den i Breiangen var god til mindre god avhengig av parameter som benyttes. Tilstanden i enkelte av de lokale bassengene ble karakterisert som dårlig. Viktigste lokale årsak til eutrofieringen var tilførsler med elvene, og jordbruk var den største tilførselskilden.

2. Tilførsler til Ytre Oslofjord

2.1 Tilførsler av næringsalter til ytre Oslofjord – norske kilder

2.1.1 Utslippskilder og kildespesifikke utslipp

Tilførselsdata fra norske kilder sammenstilles hvert år som del av Statlig program for forurensningsovervåking (Selvik et al. 2007). Dette er teoretisk beregnede tilførsler basert på de nasjonale registre over ulike utslippskilder samt koeffisienter for tap av næringsalter fra jordbruksmark (bakgrunnsavrenning). Overvåkingsprogrammet for ytre Oslofjord har ingen egen innsamling og bearbeiding av tilførselsdata, men må derimot bygge på de statlige prosjektene på elvetilførsler (RID) og teoretisk beregnede tilførsler (TEOTIL2). De data som presenteres her kommer derfor fra 2006. Kildedata rapporteres inn til de statlige etater fra industri, kommuner og anleggseiere og rapportene fra statlig program blir først ferdigstilt sent på året.

Avløpsdata hentes fra KOSTRA-systemet og er gjenstand for kvalitetssikring fra SSB (SFT-oppdrag). Industridata hentes fra industriens egenrapportering til SFT mht. til utslipp av ulike komponenter. Akvakultur baseres på innrapporterte produksjonsparametre i systemet ALTINN som NIVA deretter utnytter til å beregne utslipp av nitrogen og fosfor. Jordbrukstilførsler baseres på tapskoeffisienter som utarbeides av Bioforsk hvert år, bl.a. på basis av måledata i JOVA-felt¹ og årlig statistikk fra de offentlige tilskuddsordningene for landbruket.

Data fra vassdragsområdene rundt ytre Oslofjord er hentet ut og vist summert i Figur 2 og Figur 3 nedenfor. Kildefordelte data for de enkelte vassdragsområdene er vist i Figur 4 og Figur 5. Data er hentet fra vassdragsområdene 1-4 og 10-17².

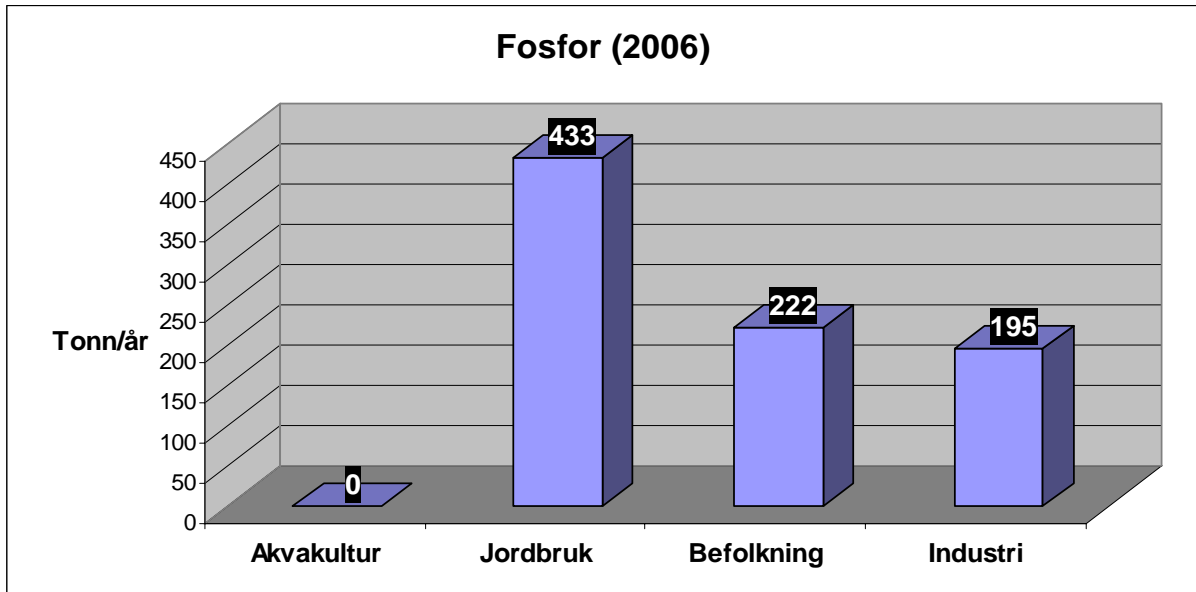
Jordbruk er den største kilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen. Befolkning og industri bidrar nesten like mye til tilførslene av fosfor, mens befolkning er en vesentlig større nitrogenkilde enn industri. Akvakultur er en marginal aktivitet, og derfor en marginal kilde for næringsalttilførsler til dette området.

Teotil-rapporten (Selvik et al., 2007) påpeker at det er en del ukvantifisert usikkerhet knyttet til tilførselstallene og spesielt pekes det på at industri-tilførslene bør kunne forbedres. Det er verdt å merke seg at vassdragsområdet på Hurumlandet har en svært stor industrikomponent mht. fosfor. Dette er knyttet til innrapporterte utslipp fra Tofte industrier as i 2006.

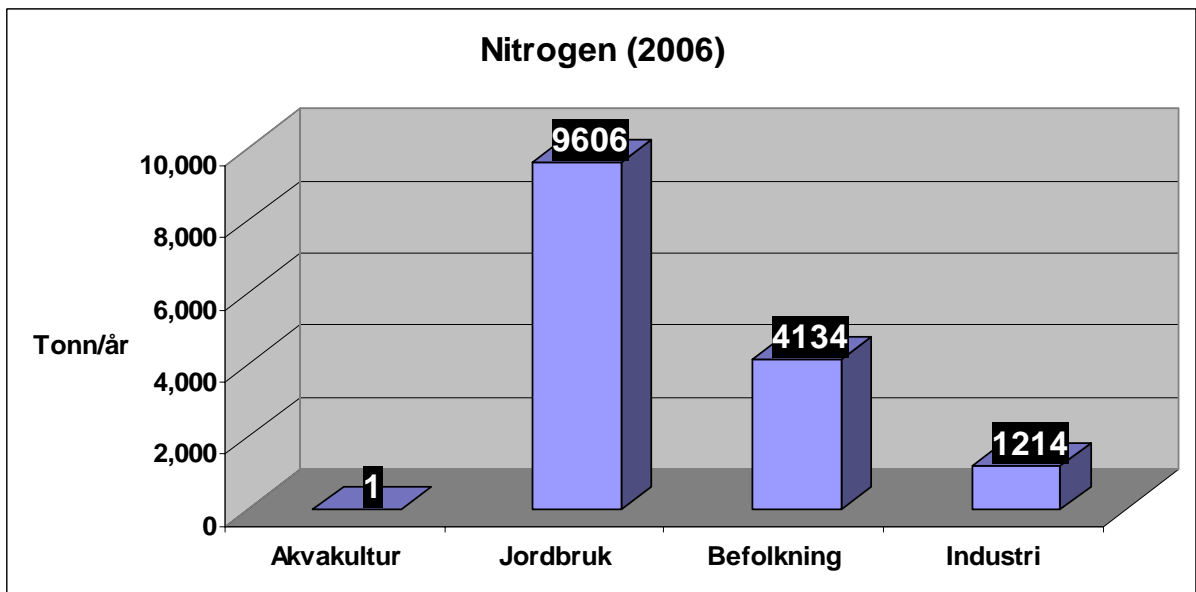
Tilførslene fra indre Oslofjord til Ytre Oslofjord er ikke tatt med. Langtransporterte næringsalter med havstrømmene er ikke tatt med.

¹ JOVA-programmet er landbrukets overvåkingsprogram og består av et nett av målestasjoner i små nedbørfelt dominert av jordbruk. Det måles avrenning og analyseres for vannkvalitet i bekker i jordbrukslandskapet. Programmet utgjør en del av det empiriske grunnlaget for å estimere stofftapet fra norske jordbruksarealer.

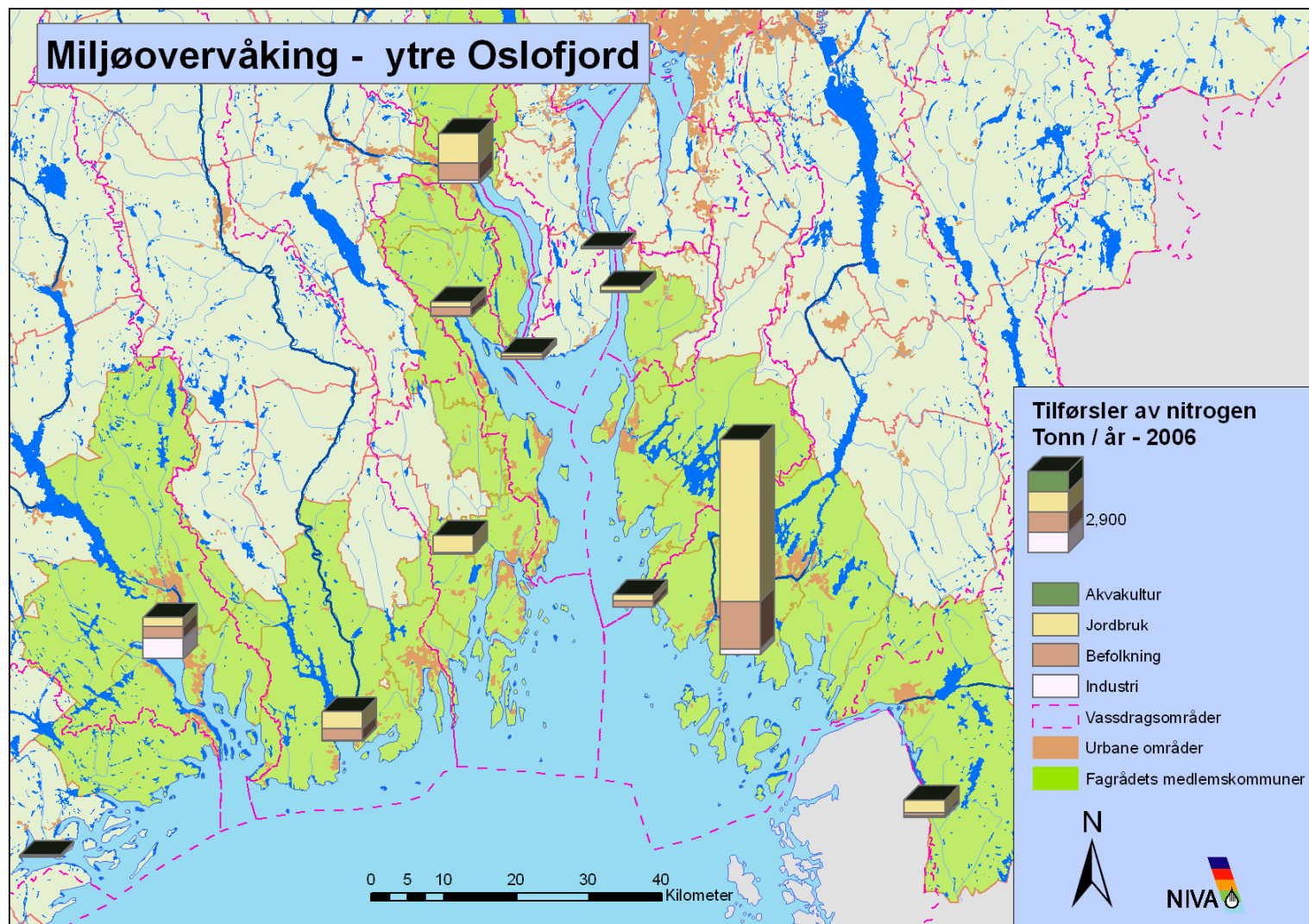
² Norge er delt inn i en rekke vassdragsområder med navn etter de større elver (omtalt i Selvik et al., 2006). Tilførselsdata i denne rapporten er relatert til de vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord (nr. 001 til 004 og 010 til 017).



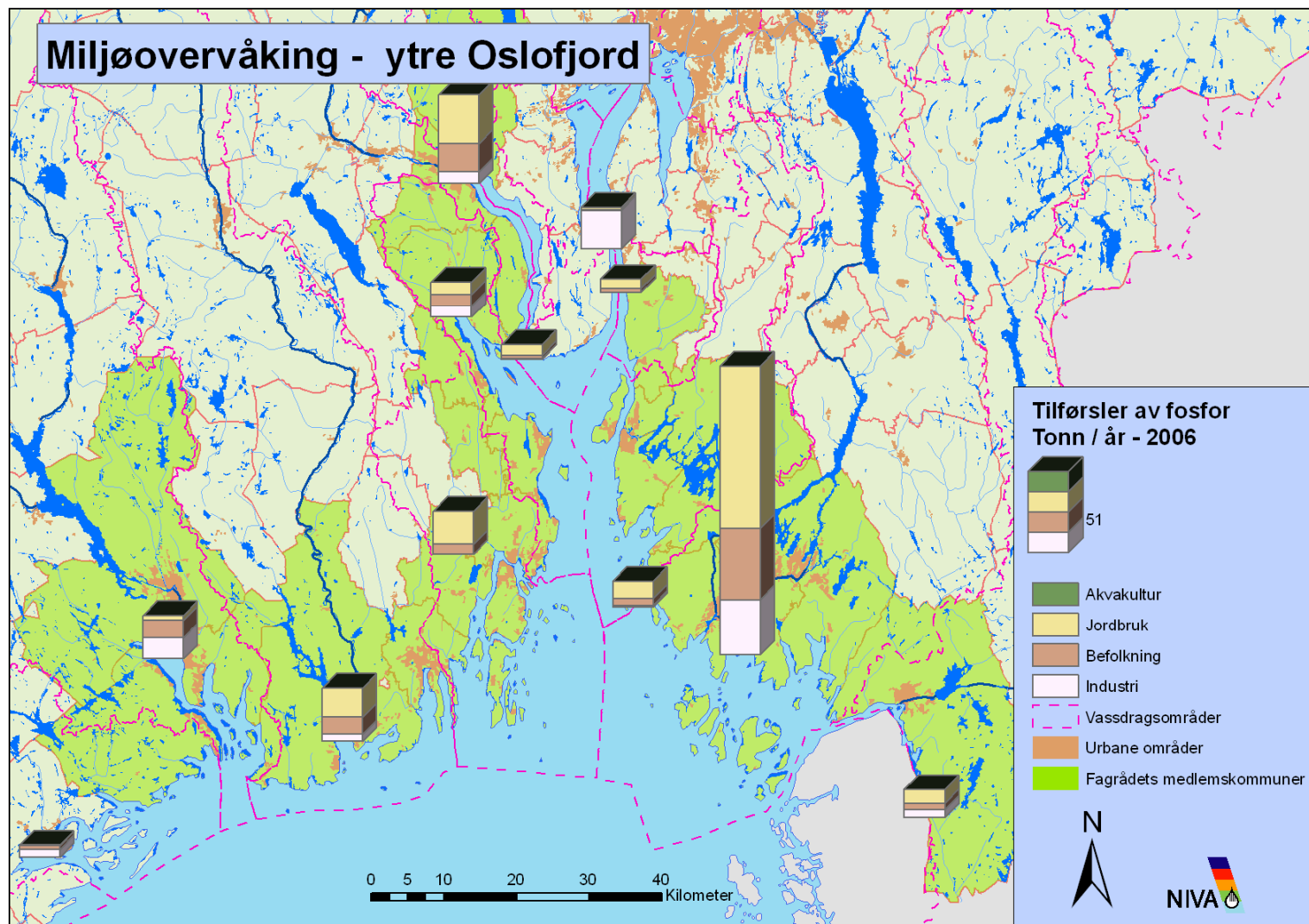
Figur 2. Summerte tilførsler av fosfor fra vassdragsområdene rundt Ytre Oslofjord.



Figur 3. Summerte tilførsler av nitrogen fra vassdragsområdene rundt Ytre Oslofjord.



Figur 4. Kildefordelte data på tilførsler av nitrogen for de enkelte vassdragsområdene rundt Ytre Oslofjord. Tegnforklaringen illustrerer høyden på en søyle tilsvarende 2.900 tonn nitrogen fordelt på de 4 kildene.



Figur 5. Kildefordelte data på tilførsler av fosfor for de enkelte vassdragsområdene rundt Ytre Oslofjord. Tegnforklaringen illustrerer høyden på en søyle tilsvarende 51 tonn fosfor fordelt på de 4 kildene.

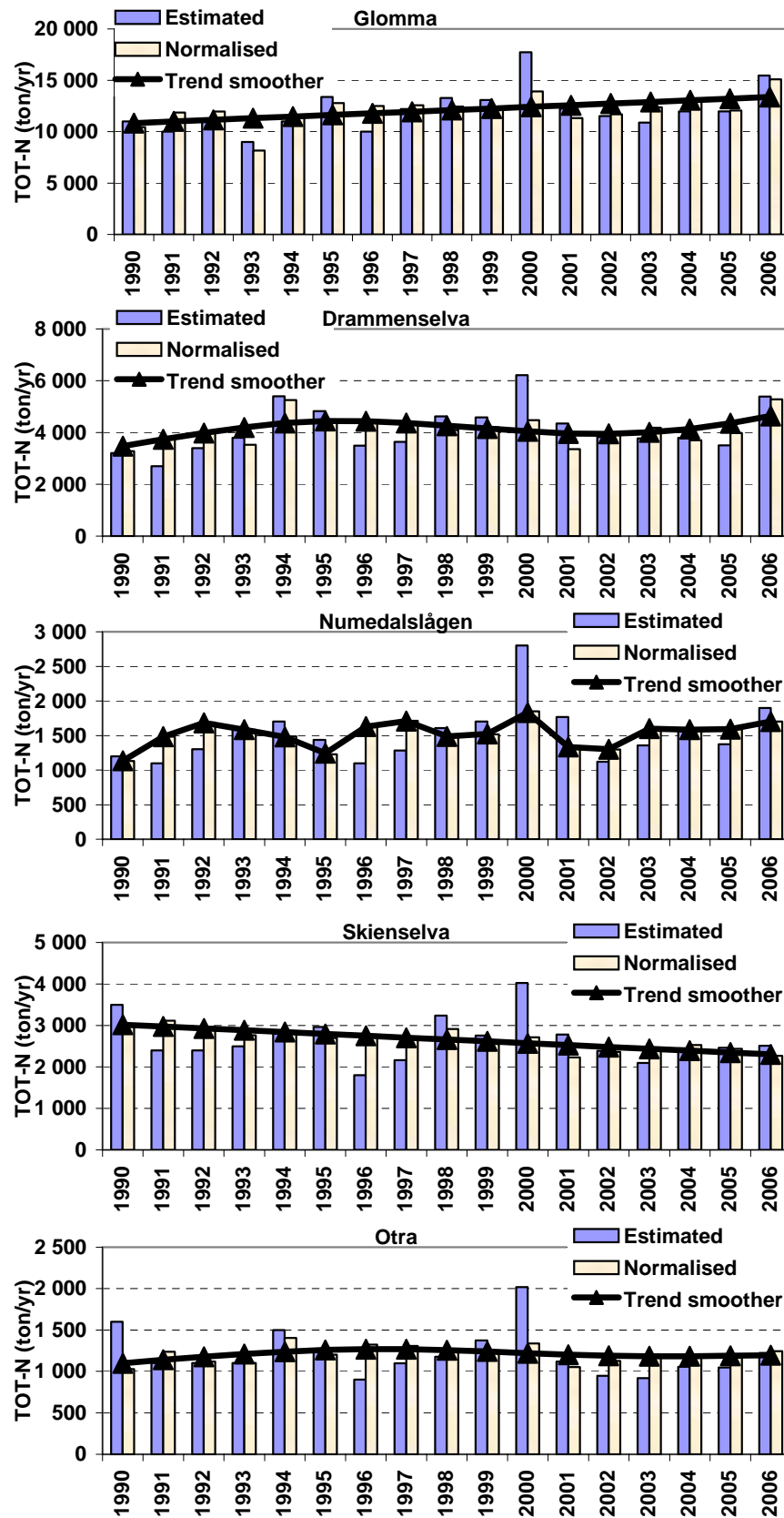
2.1.2 Målte tilførsler i vassdragene og utviklingstrender

I tillegg til de teoretiske beregningene i TEOTIL-prosjektet måles det stoffkonsentrasjoner og vannføring i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva hver måned eller hyppigere. Glomma og Drammenselva ble prøvetatt 16 ganger, mens Numedalslågen og Skienselva ble prøvetatt 12 ganger. Tista og Tokkeelva ble prøvetatt 4 ganger.

Året 2006 var et spesielt varmt år med nedbørmengder noe over normalen på Østlandet. For de fire ovennevnte elvene var avrenningen høyere enn normalt både om våren og høsten, mens sommeren var noe tørrere enn normalt. Totaltilførslene (årets og normalisert³) fra både Glomma, Drammenselva og Numedalslågen var høyere enn årene etter 2000.

Hvis man ser på data for hele observasjonsperioden siden 1990 (Figur 6) ser vi at Glomma synes å indikere en økende trend mht tilførsler av nitrogen, men forklares mye av spesielt lave konsentrasjoner som ble observert tidlig i perioden (1990-1993). Skienselva viser en klar nedadgående trend uten at vi kan peke på spesifikke hendelser i vassdraget. Drammenselva og Numedalslågen viser ingen klare trender i denne perioden.

³ Med normalisering menes her en skalering av årets stofftransport i forhold til den gjennomsnittlige vannføring målt i perioden 1960 til 1990. Intensjonen med dette er å fjerne litt av de mellomårlege variasjonene som skyldes om det var et vått eller tørt år.



Figur 6. Estimert, vannføringsnormalisert og trendlinje for fem store elver øst for Lindesnes i 1990-2006.

3. Overvåking av vannmasser i Ytre Oslofjord

Overvåkningsprogrammet for de frie vannmasser skal fremskaffe informasjon om miljøtilstand og tilførsler, med fokus på næringsalter (eutrofiering). Resultatene skal gi en årlig oversikt over tilførsel av næringsalter, tilstand og organisk belastning i fjordsystemet. Videre skal de danne grunnlag for senere bruk av modeller for området (validering). I programmet er det tatt hensyn til krav i EU's vannrammedirektiv (VRD), SFT's klassifisering av miljøkvaliteten, tidligere overvåkning (DNV rapport nr 2006-0831) og samordning med andre programmer i området (eks. indre Oslofjord, SFT's kystovervåkning). I tillegg er det i valg av stasjonsnett, prøvetakningsdyp og frekvens lagt vekt på nødvendigheten av et faglig nivå som er tilstrekkelig til å kunne forklare årsaker til observert tilstand og eventuelle endringer.

Følgende parametere undersøkes:

Fysiske:	Saltholdighet, temperatur, siktdyp
Kjemiske:	Nitrat, nitritt, fosfat, silikat, total nitrogen, total fosfor og oksygen.
Biologisk:	Klorofyll-a, klorofyll-a fluoresens og kvalitative og kvantitative prøver for planteplankton

3.1 Toktfrekvens og stasjoner i 2007

Ved valg av stasjonsnett er det tatt utgangspunkt i tidligere benyttede stasjoner, influensområde for større vassdrag, andre overvåkningsprogrammer i området og tilgjengelig kunnskap. Programmet omfatter stasjoner som dekker de "sentrale" delene av hovedfjorden, og stasjoner som gir en dekning i "randsonen". Det er valgt å definere stasjoner i Grenland som "sentrale" stasjoner. Overvåkning av stasjoner i de sentrale delene av fjorden vil fremskaffe nødvendig informasjon om tilførsel av næringsalter fra utenforliggende områder, samt til en viss grad ferskvannstilførsel. Stasjonene i randsonen vil være viktig for å se på lokale forhold og tilførsler fra de ulike vassdragene.

De sentrale stasjonene er samme stasjoner som har inngått i overvåkningsprogrammer siden 1995. Tabell 1 viser stasjonene som representerer de "sentrale" delene av overvåkingsområdet.

I valg av stasjoner i randsonen er det tatt utgangspunkt i de 18 stasjoner som er benyttet i overvåkningsprogrammet i perioden 2001-2005. Tabell 2 viser stasjoner i randsonen til Oslofjordsystemet. Figur 7 viser plassering av randsonen- og sentrale stasjoner.

Tabell 1. Stasjoner i de sentrale delene av Oslofjordsystemet og Grenland

Stasjon	Kommentar
OF 1	Ligger i de ytre områdene og gjenspeiler forholdene i Hvalerbassenget
OF 2	Smaleste utløp til Skagerrak og inkluderer forholdene i Rauerbassenget
OF 4	Skillet mellom de ytre og indre del av ytre Oslofjord, dekker nordlige deler av Raurerbassenget samt et lokalt terskelbasseng (terskel ca 200m)
OF 5	Influensområdet for blant annet Drammensfjorden, inkluderer overvåkning av terskelbassenget i Breiangen
OF 7	Influensområdet for indre Oslofjord, inkluderer overvåkning av terskelbassenget i Drøbaksundet
Frierfjorden (BC-1)	Influensområdet for Skienvassdraget, skal gi en gradient ut fjordsystemet, med ulik belastningsgrad
Langesund (FG-1)	
Håøyfjorden (GI-1)	

Tabell 2. Stasjoner i randsonen av Oslofjordsystemet

Stasjon	Kommentar
Leira (Ø-1)	Influensområde for Glomma (Vesterelva)
Ramsø (I-1)	Influensområde for Glomma, redusert tilstand
Haslau (S-9)	Influensområde for Glomma, redusert tilstand
Ringdalsfjorden (R-5)	Influensområdet til Iddefjordsystemet, redusert tilstand
Midtre Iddefjorden (ID-2)	Påvirkning fra industrien, Haldensvassdraget
Larviksfjorden (LA-1)	Dekker delvis influensområdet til Numedalslågen,
Sandefjord (SF-1)	Inngått i tidligere overvåkning
Vestfjorden (TØ-1)	Dekker influensområdet til Aulielva, bør muligens trekkes lengre inn da området innefor er mer influert
Sandebukta (SAN-3)	Påvirkning fra industrien
Mossesundet (MO-2)	Påvirkning fra industrien
Midtre Drammens-fjorden (D-2)	Influensområdet til Drammenselva/Lierelva,
Horten havn (HO-1)	Inngått i tidligere overvåkning, belastet område
Vallø, Tønsberg (TØ-2)	Inngått i tidligere overvåkning
Krokstadfjorden (KF-1)	Inngått i tidligere overvåkning

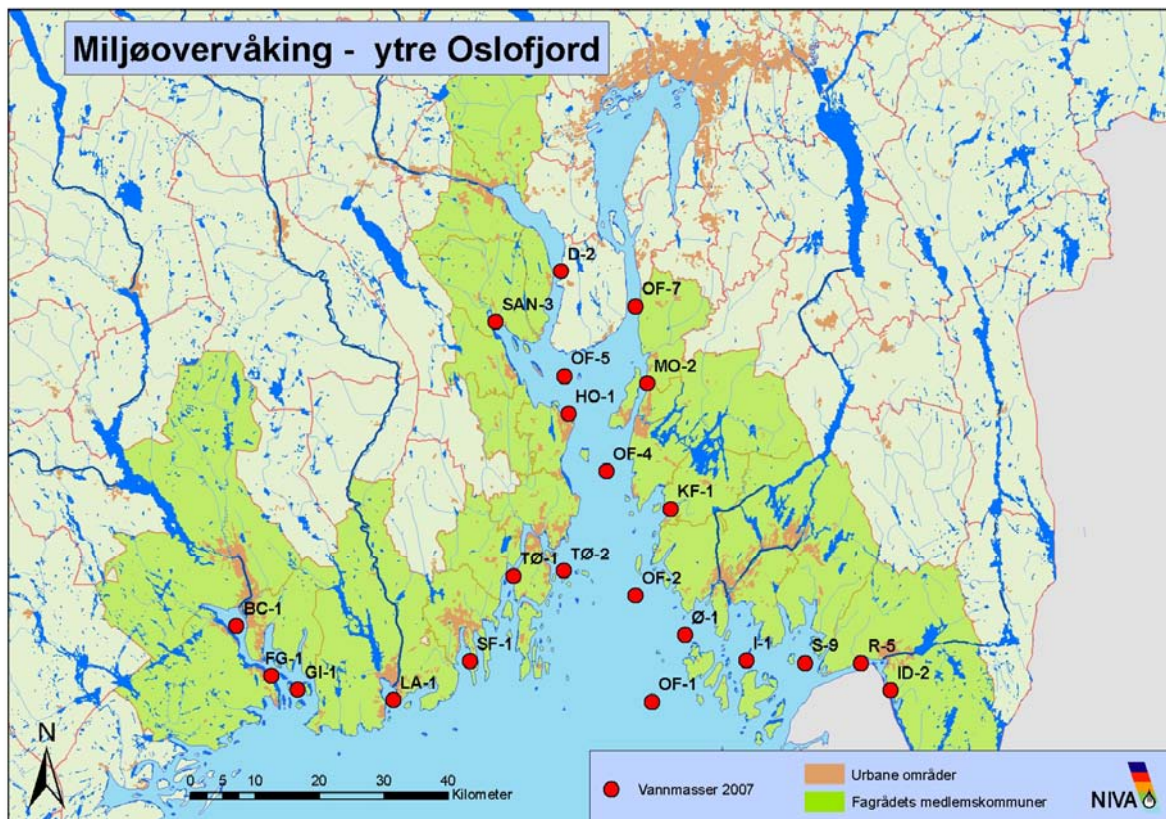
Undersøkelse av sentrale stasjoner i 2007

De sentrale stasjonene ble undersøkt i mai, juni, juli, august og september/oktober og desember. Undersøkelser av stasjoner i juli og desember ble gjort med Ferrybox-systemet ombord på Color Festival med prøvetakning i 5m dyp. Ved de øvrige undersøkelsene ble det tatt vertikal profil i henhold til kapittel 3.2. Ved undersøkelsene i juli og desember var ikke oksygen inkludert. I desember utgikk prøvetakningen for planteplankton.

Undersøkelse av stasjoner i randsonen i 2007

I september/oktober 2007 var det en omfattende undersøkelse av stasjoner i randsonen, en periode av året hvor oksygenforholdene erfaringsmessig er på det laveste i fjordbassengene. I tillegg ble Hvalerområdet prøvetatt 2 ganger i juli. Følgende stasjoner ble undersøkt i september/oktober: Larviksfjorden (LA-1), Sandefjordsfjorden (SF-1), Vestfjorden (TØ-1), Vallø (TØ-2), Horten havn (HO-1), Sandebukta (SAN-3), midtre Drammensfjorden (D-2), Krokstadfjorden (KF-1), Mossesundet/Kippenes (MO-2), Leira (Ø-1), Ramsø (I-1), Haslau (S-9), Ringdalsfjorden (R-5) og Midtre Iddefjorden (ID-2). Det ble prøvetatt fulle profiler ved alle stasjoner fra 0m til dypeste dyp (standarddyp), for alle de kjemiske og fysiske parametrene.

Planteplankton ble prøvetatt fra dypene 0, 2 og 5m som blandingsprøve, og klorofyll-a i de 5 øverste dypene (når stasjonen er så dyp). I forbindelse med toktet i Hvaler i juli ble det tatt vannprøver fra 2 og 20 meters dyp. Oksygen og planteplankton ble ikke inkludert i prøvetakningen i juli.



Figur 7. Lokalisering av vannmassestasjoner i Ytre Oslofjord.

3.2 Metodikk

3.2.1 Fysiske parametere

Det ble prøvetatt fysiske parametere på alle stasjoner. På de fleste stasjonene ble parametrene samlet som full vertikal profil. På Ferrybox-stasjonene er det kun samlet inn fra ett dyp (ca 5m). Saltholdighet, tetthet og temperatur ble prøvetatt ved bruk av CTD-sonde eller tilsvarende. Ved toktet i Hvaler i juli ble det benyttet en mini-STD. Siktdyp ble målt på alle stasjoner.

3.2.2 Kjemiske parametere

Vannprøver for kjemiske data ble samlet inn fra standarddyp (ICES) som vertikal profil (sentrale stasjoner og randsonen) eller i ett spesifikt dyp (Ferrybox). Vannprøvene ble samlet inn med vannhentere eller prøvetakningssystemet til Ferrybox. Analysene av prøver fra de sentrale stasjoner og randsonen ble foretatt ved Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium i Flødevigen, og for Ferrybox-prøvene ved NIVA. Uorganiske næringssalter ble analysert med autoanalysator i henhold til metoder beskrevet av Bendschneider & Robinson (1952) for nitrogen, og Grasshoff (1965) for fosfat. Totalnitrogen og totalfosfat ble analysert i henhold til metoder beskrevet av Valderrama (1981). Oksygenprøvene er analysert i henhold til Winkler-metoden.

3.2.3 Biologiske parametere - planteplankton

Planteplankton er mikroskopiske encellede planter som svever fritt i vannmassene. Planteplanktonet utnytter tilgjengelige næringssalter, sollys og karbondioksid til sin vekst. I tillegg må de fysiske forholdene ligge til rette for biomasseøkning, spesielt er vannets stabilitet viktig. Ved dannelse av stabile overflatelag vil forholdene ligge til rette for økning i biomassen, enten ved å nyttegjøre naturlig tilgjengelige næringssalter eller ved mer lokal tilførsel av næringssalter til overflatelaget.

Det ble foretatt kontinuerlige målinger av fluorescens ved hjelp av sonder i forbindelse med innsamling av fysiske parameter. Fluorescensdata kan benyttes til å si noe om fordelingen av fotosyntetiserende mikroalger, men det er ikke alltid at fluorescens direkte kan sammenlignes med klorofyll-a. For bestemmelse av klorofyll-a ble det tatt vannprøver fra standarddyp ned til 50m. Mengden klorofyll-a er bestemt fluorometrisk basert på metoder beskrevet i Holm-Hansen *et. al* (1965) eller Norsk Standard. Analysene ble foretatt ved Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium i Flødevigen og ved NIVA. I overvåkingen av planteplankton benyttes det kvalitative og kvantitative prøver. Resultatene skal gi en oversikt over tilstedeværelsen av ulike arter (kvalitativt) og et estimat av mengden av de ulike artene (kvantitativt). Kvalitative prøver av planteplankton ble samlet inn med 10µm håvtrekk fra 5m til overflaten. For kvantitative prøver ble det tatt en blandingsprøve fra dybene 0m, 2m og 5m (eventuelt fra 2/5m der kun ett dyp benyttes). Opparbeidelsen av de kvantitative prøvene ble gjort ved Havforskningsinstituttets algelaboratorium i Flødevigen, og er i henhold til metoder beskrevet i Norsk Standard.

3.2.4 FerryBox-systemet

Siden 2001 har Ferrybox-systemet vært i drift, blant annet på strekningen fra Oslo til Hirthals/Fredrikshavn med målinger av temperatur, saltholdighet, alger og partikler. Systemet brukes i Indre Oslofjord og for Kystovervåkingen både i Skagerrak og på Vestlandet. Systemet inngår også i algeovervåknings-programmet for Mattilsynet.

Ferrybox-systemet er benyttet for prøvetakning ved de sentrale stasjonene i den geografiske Oslofjorden (OF 1, OF 2, OF 4 og OF 7). Kontinuerlige målinger av temperatur, saltholdighet, klorofyll-a fluorescence og turbiditet ble foretatt på vann fra ca 4-5 meters dyp hvert minutt, som tilsvarer en geografisk oppløslighet/avstand på 300-400 m. I tillegg ble det tatt vannprøver for analyser av planteplankton, klorofyll-a og næringssalter fra 4-5 meters dyp. Prøvene for klorofyll-a, alger og næringssalter ble transportert til laboratoriet samme kveld som prøvene er samlet. Klorofyll-a og næringssalter er analysert ved NIVA, og planteplankton ved Havforskningsinstituttet.

3.3 Resultater

For Frierfjorden, Håøyfjorden og Langesundsfjorden har miljøkvaliteten i de øvre vannlag i 2007 generelt vært god (fra meget god-kl I til mindre god-kl III), og omtrent som forventet i forhold til det man har sett i de senere årene. Oksygenforholdet i bunnvannet i Frierfjorden var i 2007 dårlige (kl IV) og omtrent som observert i senere årene. Oksygenforholdene i bunnvannet i Langesundsfjorden (god-kl II) og Håøyfjorden (meget dårlig-kl V) var som forventet etter ca 1980.

Miljøforholdene ved stasjonene i randsonen var stort sett bra. Ved enkelte lokaliteter var det fortsatt en del belastning og noen er mer utsatt for lokale tilførsler enn andre. I september 2007 var det spesielt Drammensfjorden, Iddefjorden og Ringdalsfjorden som viste høyere næringssaltkonsentrasjoner enn forventet i overflatelaget. Forhøyede konsentrasjoner var forårsaket av lokal avrenning. Oksygenmålingene viste at lokalitetene Drammensfjorden (meget dårlig-kl V), Iddefjorden (kl V) og Ramsø (kl IV) fortsatt hadde reduserte oksygenforhold i bunnvannet. Ved stasjonen "Horten" ble det, som eneste stasjon, registret H₂S, i bunnvannet. Det pågikk en stor oppblomstring av ulike kiselalger på dette tidspunktet ved denne stasjonen.

Ved de sentrale stasjonene i den geografiske Oslofjorden (OF -1 til OF -7) var miljøforholdene for det meste gode til meget gode (kl II – kl I) og om lag som observert de senere årene. Vinterstid var det forhøyede nitratkonsentrasjoner på OF-2, OF-4, OF-5 og OF-6, tilsvarende mindre god tilstand (kl III). Våroppblomstringen fant sted i mars-april, med dominanse av ulike arter av kiselalger. Våroppblomstringen resulterte i en kraftig nedgang i de uorganiske næringssaltene; nitrat, fosfat og silikat. Typisk for sommerperioden var moderate mengder av flagellater og lave næringssaltkonsentrasjoner. Det ble registrert lavere saltholdighet i overflaten i perioden juli til august. I denne perioden ble det også registrert en økning i næringssaltkonsentrasjonene. Det ble ikke observert noen større oppblomstringer av dinoflagellater høsten 2007, men enkelte mer eller mindre lokale oppblomstringer av kiselalger.

3.3.1 Temperatur og saltholdighet

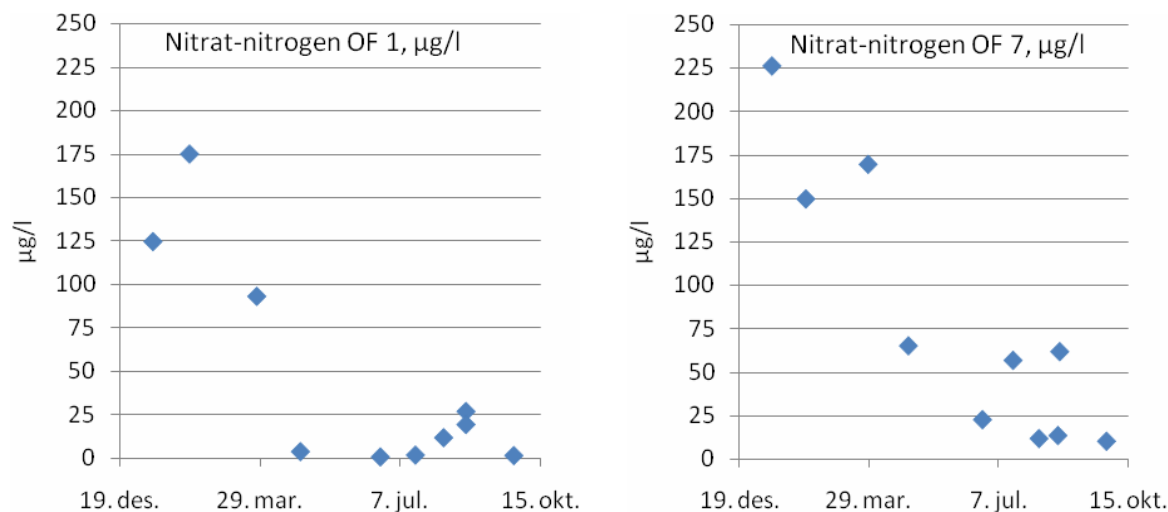
Vannets saltholdighet vil variere betydelig gjennom året og med dypet. I overflaten vil vannets saltholdighet stort sett styres av ferskvannstilførslen fra de lokale elver (Glomma, Drammenselva etc.), mens det i dypereliggende vannlag i større grad påvirkes av vannmasser fra utenforliggende områder. Transport av vann fra indre Skagerrak til Ytre Oslofjord mellom overflatelaget og ca 100-125 meters dyp styres av i hovedsak av vindforhold og strømvariasjonen i Skagerrak, samt topografiske begrensninger. I de dypere vannmasser skjer fornyelsen av vann fra Skagerrak mer sporadisk ved dypvannsfornyelser, dvs. når tyngre vann fra Skagerrak strømmer inn over tersklene og ned i de dypere bassengene. Enkelte fjordområder med grunne terskler (for eksempel Drammensfjord) tilføres bare nytt dypvann enkelte år, mens dypbassengene i sentrale Oslofjorden i varierende grad tilføres nytt dypvann hvert år.

Vannmassene i Ytre Oslofjord kan grovt deles inn etter saltholdigheten. Brakkvann (saltholdighet < 25), Skagerrak kystvann (saltholdighet 25-32), Skagerrakvann (saltholdighet 32-35) og Atlantiske vannmasser (saltholdighet > 35).

I 2007 ble det ved OF 1 registrert to perioder med innstrømning av Atlantisk vann (mars og august). Ved begge tilfeller ble det Atlantiske vannet observert fra bunn og opp til ca. 100 meters dyp (Figur 8). Disse innstrømningene resulterte ikke i utskiftninger i de innenforliggende bassengene. Indre Oslofjord fikk dog en dypvannsfornyelse vinteren 2007, men ikke av Atlantisk vann (Magnusson et al. 2008).

Vannmassene er mer eller mindre lagdelte året rundt i ytre Oslofjord, men lagdelingen blir mer markert når den lokale ferskvannstilførslen øker om våren, først ved snøsmelting i lavlandet og senere når smeltingen i fjellområdene kulminerer, normalt i mai/juni. Saltholdigheten i overflatelaget avtar og det dannes et markert brakkvannslag. Denne lagdeling er essensielt for at planteplankton skal kunne øke i mengden. Normalt er lysforhold og lagdeling tilstrekkelig i mars når våroppblomstringen starter. Størrelsen på de sekundære blomstringene i løpet av vår og sommer varierer i størrelse etter tilførsler av næringssalter både fra land og ved innblanding av næringsrikt vann fra de dypereliggende vannmasser. Enkelte år vil store lokale nedbørmengder og tilførsel av ferskvann og næringssalter kunne resultere i større (ofte relativt lokale) oppblomstringer.

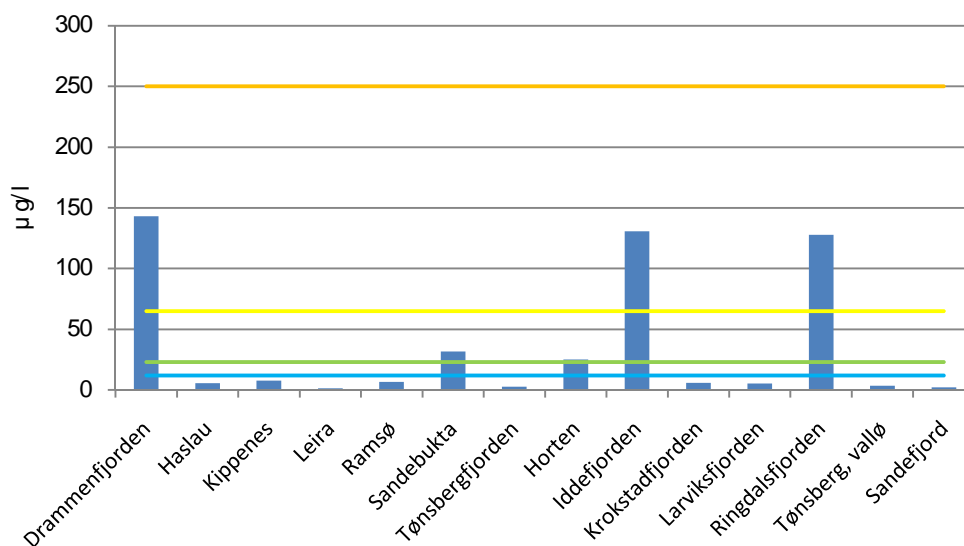
I Figur 9 er det vist hvordan næringssaltkonsentrasjonen i overflatelaget varierte gjennom året ved OF 1 og OF 7. Den lille økningen på OF 7 i mars skyldtes avrenningstilførsler i forbindelse med smelting. Økningen på sommeren (mellom juli og august) henger sammen med en reduksjon i saltholdigheten som følge av mye nedbør, særlig i juli.



Figur 9. Viser nitrogen konsentrasjone ved OF1 og OF 7 i løpet av 2007.

Klassifiseringen av miljøtilstand, i henhold SFTs klassifisering og basert på sommerverdier, viste at stasjonene i den geografiske Oslofjorden falt i miljøklassene 'meget god' til 'mindre god' (kl I-III) avhengig av parameter (Tabell 3). For fosfat og total-fosfat var tilstanden 'meget god' til 'god' ved alle OF-stasjonene. For nitrogen (nitrat) og total nitrogen lå alle i klasse 'meget god' til 'god', unntatt OF 4 som kom ut som 'mindre god' for nitrogen (nitrat), da det i slutten av august ble målt noe forhøyede verdier. Tilsvarende økning ble registrert på OF 7, noe som resulterte i at denne stasjonen lå helt på grensen mellom 'god' og 'mindre god'. Vinterstid var det forhøyede nitrat-konsentrasjoner ved OF-stasjonene, noe som resulterte i tilstandsklasse 'mindre god' (kl III). For fosfat var tilstanden 'meget god' til 'god'.

Stasjonene i randsonen ble bare undersøkt en gang på høsten 2007. Av den grunn er det usikkert å foreta en tilstandsvurdering for disse stasjonene basert på kriteriene i SFTs miljøklassifisering. Miljøforholdene ved stasjonene i randsonen var stort sett bra. Ved enkelte lokaliteter var det fortsatt en del belastning og noen var mer utsatt for lokale tilførsler. I september 2007 var det spesielt Drammensfjorden, Iddefjorden og Ringdalsfjorden som viste høyere næringssaltkonsentrasjoner i overflatelaget (Figur 10).



Figur 10. Nitratkonsentrasjonen i 5m dyp ved stasjonene i randsonen i slutten av september 2007. Linjene i figuren viser klassifisering av tilstand basert på sommerverdier og saltholdighet over 20. Stasjonen i Drammensfjorden var den eneste med saltholdighet under 20 (17,4). Fargene angir miljøklasse som i Tabell 3.

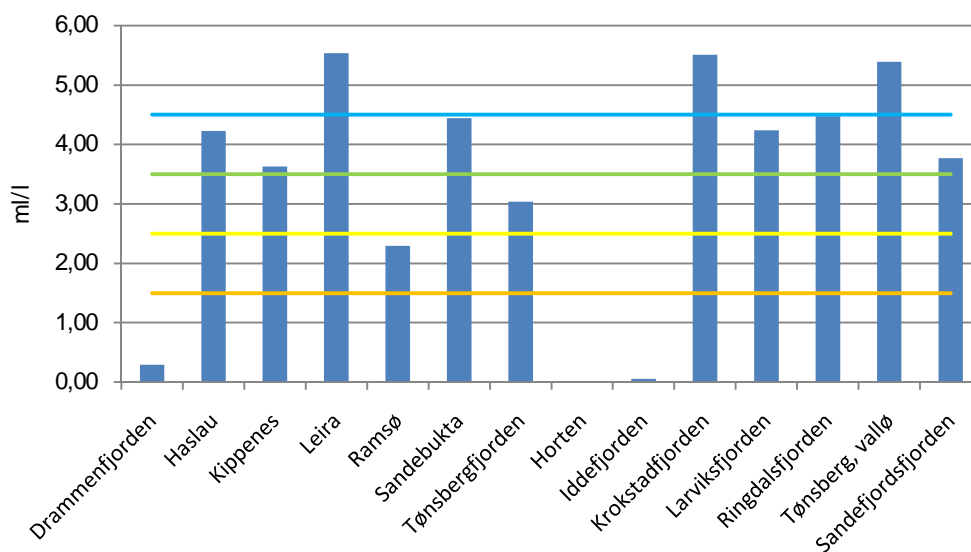
3.3.3 Oksygen

Organisk materiale tilføres dypvannet enten ved at biologisk produsert materiale synker i vannsøylen eller ved at det tilføres organisk materiale fra lokale landbaserte kilder. Ved nedbrytning av organisk materiale vil oksygen forbrukes i bunnvannet. Høy belastning av organisk materiale vil ofte gi seg utslag i lave oksygenverdier i bunnvannet. En bedring av oksygenforholdene vil bare inntreffe dersom det blir tilført oksygen til bunnvannet. Dette skjer som oftest ved at innstrømmende vann, fra utenforliggende områder og med høyere oksygenkonsentrasjon, erstatter eksisterende vannmasser. Forutsetningen for dette er i stor grad styrt av bunntopografien, spesielt tilstedeværelse av terskler.

I de sentrale deler av Oslofjorden var oksygenforholdene i bunnvannet stort sett gode (miljøklasse 'meget god' til 'god', Tabell 3). Problemer med oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet ble registrert fra deler av Grenland, Hvaler og Drammensfjorden.

Oksygenforholdet i bunnvannet i Frierfjorden var i 2007 omtrent som observert tidligere, det vil si tilstandsklasse 'meget dårlig' (kl V, se Tabell 3). Oksygenforholdene i bunnvannet i Langesundfjorden ('god', kl II) og Håøyfjorden ('mindre god', kl III) var som forventet og lik med tidligere års registreringer.

Oksygenforholdene i dypvannet i randsonen var for de fleste stasjonene 'god' til 'meget god' (Figur 11), merk at det kun er basert på én måling i september. Lokalitetene "Drammensfjorden" (meget dårlig-kl V), "Iddefjorden" (kl V) og "Ramsø" (kl IV) hadde fortsatt reduserte oksygenforhold i bunnvannet. Ved stasjonen "Horten" ble det, som eneste stasjon, registret H₂S, i bunnvannet. Det pågikk en stor oppblomstring av ulike kiselalger på dette tidspunktet ved denne stasjonen.



Figur 11. Oksygenforholdene ved bunnen på stasjonene i randsonen i september 2007. Linjene indikerer grensene mellom de ulike miljøklassene i SFT 97:03.

I Tabell 3 er det foretatt en oppsummering og miljøklassifisering i henhold til de retningslinjer som er gitt i SFTs veiledning for miljøklassifisering (97:03). Klassifiseringen er kun gjort for de sentrale stasjoner i ytre Oslofjord, da stasjoner i randsonen hadde for lav frekvens til en slik klassifisering i 2007.

Tabell 3. Miljøklassifisering i henhold til SFT 1997:03 ved de sentrale stasjonene i ytre Oslofjord og i Grenlandsfjordene.

Stasjon	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Klorofyll-a (µg/l)	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*	Sesong
OF-1	12	1	12	215	3,11	5,02	4	Sommer
	149	18	-	-	-	-	-	Vinter
OF-2	11	1	12	235	3,36	4,31	3	Sommer
	190	16	-	-	-	-	-	Vinter
OF-4	24	1,6	11	255	3,04	5,33	5	Sommer
	155	15	-	-	-	-	-	Vinter
OF-5	11	3,7	11	222	2,43	3,67	3	Sommer
	180	17	-	-	-	-	-	Vinter
OF-7	23	3,3	12	254	4,4	5,22	5	Sommer
	188	17	-	-	-	-	-	Vinter
BC-1	195	3,7	11	385	4,16	0,21	3	Sommer
	269	7	-	-	-	-	-	Vinter
FG-1	67	3,6	12	388	4,16	4,27	3	Sommer
	180	14	-	-	-	-	-	Vinter
GI-1	16	2,7	13	307	2,40	3,30	4	Sommer
	146	17	-	-	-	-	-	Vinter

* bruken av siktdyp vil være svært avhengig av lysforholdene den aktuelle dagen, blant annet tidspunkt på dagen for prøvetakning. Det er tatt hensyn til saltholdigheter under 20.

Fargen angir miljøklasse: I - Meget god, II - God, III - Mindre god, IV- dårlig og V- Meget dårlig.

3.3.4 Planteplankton

Planteplankton viser betydelig variasjon i biomasse og sammensetning gjennom et år, innenfor relativt korte tidsperioder, og mellom år. Høy variabilitet og lav prøvetakningsfrekvens setter ofte begrensninger for tolkningsmulighet av planteplanktondata og medfører at data må tolkes med en viss forsiktighet. Selv med denne variabiliteten er det noen trekk som går igjen fra år til år. Så snart det foreligger en viss lagdeling i vannsøylen, og lystilgangen er tilstrekkelig, ligger forholdene til rette for våroppblomstringen. Kiselalger dominerer denne oppblomstringen, som oftest *Skeletonema*, *Thalassiosira* og *Chaetoceros*.

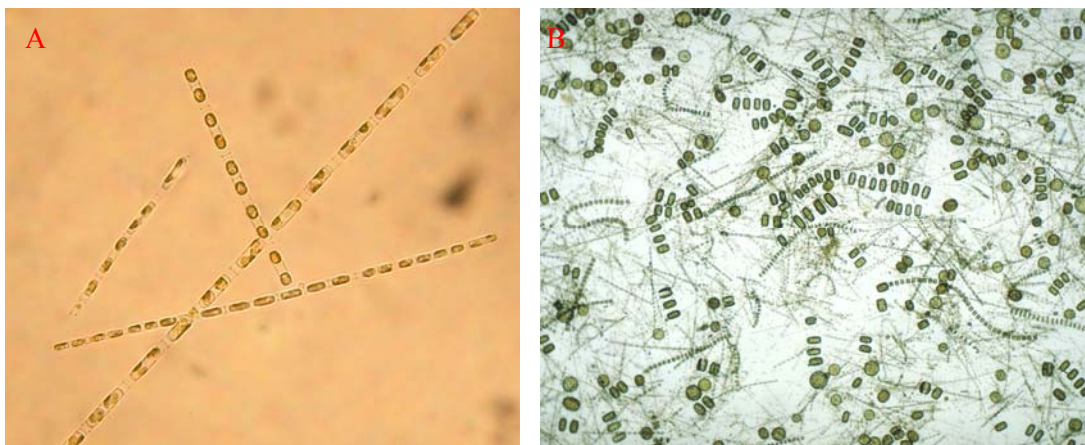
Våroppblomstringen i 2007 kom i gang i slutten av februar og fortsatte utover i mars, noe som er vanlig i Skagerrak. Oppblomstringen resulterte i en kraftig nedgang i de uorganiske nærings saltene (nitrat, fosfat og silikat), -etter våroppblomstringen ser vi ofte et minimum (april-mai), før det igjen blir økte mengder.

Sent på våren og om sommeren er planteplankton oftest dominert av små flagellater og dinoflagellater. Det ble imidlertid ikke registrert *Emiliana huxleyi* ved de sentrale OF -stasjonene i 2007. Dette avviker fra tidligere år, da arten neste årlig danner større oppblomstringer i deler av fjorden (spesielt de ytre delene).

På høsten observerer man ofte større oppblomstringer av dinoflagellater eller kiselalger. I 2007 var det kiselalger som dominert på høsten. Artene *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, *Dactyliosolen fragilissimus* og *Pseudo-nitzschia calliantha* var de dominerende, og med høyest tetthet på vestsiden av fjorden. Ved lokalitetene "Horten Havn", "Tønsberg" og "Sandefjord" var disse artene spesielt tallrike.

Enkelte arter er normalt mer fremtredende i områder med stor tilførsel av ferskvann. Arter som *Prorocentrum minimum*, *Chaetoceros trondheimii* og *Chaetoceros tenuissimus* var vanlige ved stasjoner med lav saltholdighet (Iddefjorden, Frierfjorden og i Hvaler). I 2007 var dette vanlige og dominerende arter ved flere av lokalitetene med lav saltholdighet, spesielt om høsten.

SFTs klassifiseringssystem av tilstand, basert på klorofyll-a viser at OF stasjonene kommer i klassen 'god' til 'mindre god' (se Tabell 3). Årsaken til at noen stasjoner kom dårligere ut var de forholdsvis høye tetthetene av *Skeletonema* på høsten (Figur 12).



Figur 12. *Skeletonema costatum* (A), en av de vanligste algene i Oslofjorden. Bilde fra våroppblomstringen (B) med ulike arter av kiselalgeslektene *Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Thalassiosira*. Foto: Havforskningsinstituttet, Flødevigen

Planteplanktonet i Grenland i 2007 avvek også lite fra det som er registrert tidligere. Tilstanden, basert på SFT's klorofyll-a klasser og juni og augustmålingene, viste 'mindre god' for Frierfjorden og Langesundsfjorden, mens Håøyfjorden hadde 'god' tilstand. Inne i Frierfjorden ble det observert en del av brakkevannsartene *Chaetoceros tenuissinus*, *Chaetoceros thronsenii* og *Prorocentrum minimum*. Spesielt de to *Chaetoceros*-artene var fremtredende innerst i Frierfjorden i september. Mengden av disse avtok utover fjorden, mens Skagerrak-former som *Leptocylindrus* og *Dactylisolen* ble mer fremtredende. Samtidig ble det registrert en kraftig oppblomstring av *Skeletonema costatum* inne i Frierfjorden. De høye tetthetene av kiselalger inne i Frierfjorden i september avviker fra "normalsituasjon" inne i Grenland.

Det ble i slutten av august observert 'tomatsuppe' i sjøen mange steder i Vestfold, noe som skapte bekymring hos folk. Det var særlig i bukter og vikene disse observasjonene er gjort (Figur 13). 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 vi tok 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 om sensommeren, og om natten, kan observeres i sjøen spesielt når den blir stresset 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. Utskillelse av ammoniakk fra store mengder *Noctiluca* vil kunne ha en giftvirkning på omgivelsene. Det ble i 2006 rapportert om stikkende ubehag hos mennesker som hadde badet i vann med mye *Noctiluca* ved Hvaler. Det er ikke rapportert om negative effekter fra den oppblomstringen som ble observert i 2007.



Figur 13. Masseforekomster av den store planktonorganismen *Noctiluca scintillans* i Ytre Oslofjord. Til høyre mikroskopibilde av et individ. Foto: Are Pedersen, NIVA.

4. Overvåking av bunnsamfunn i Ytre Oslofjord

Bunnen i Ytre Oslofjord kan grovt sett deles i to hovedtyper: 1) bunn bestående av fast substrat som fjell og stein og 2) bunn bestående av bløtt substrat som sand, leire og mudder. Bløtbunn dannes i områder hvor partikler som sedimenterer har anledning til å akkumulere på bunnen. Hardbunn har vi der hvor partikler ikke kan akkumulere, enten fordi energi i vannet (strøm, bølger) hindrer akkumulering eller fordi bunnen er så bratt at sedimenterende partikler vil rase videre ned mot større dyp.

På grunt vann finner vi ofte hardbunn fordi bølger vasker bort partikler som legger seg på bunnen. I disse områder vokser både alger og dyr. Algene er fastvoksende på bunnen, mens dyrene kan være fastvoksende, krypende eller svømmende. Med økende dyp avtar lyset med det resultat at mengden alger avtar til fordel for dyr. På større dyp dominerer bløtbunn og her lever bare dyr. Mange av dem lever nedgravd i bunnen, andre lever på bunnen, mens noen lever like over bunnen.

4.1 Overvåking av biologien på hardbunnsområder i Ytre Oslofjord

Overvåkingen omfatter undersøkelser av alger og dyr på hardbunn – fjell og stein. Dette er biologiske systemer hvor endringer i de ytre forutsetninger ofte vil vise seg ved endringer i de biologiske samfunn; f.eks. er en økning i grønnalgeforekomster ofte et resultat av økte næringssalttilførsler, og en heving av nedre voksegrense for bunnlevende alger vanligvis et resultat av redusert sikt i vannmassene. Fjell og steinbunn er dominerende og viktige substrat for de fleste organismer på grunt vann i Oslofjorden.

Det er tidligere utført en rekke biologiske undersøkelser på grunne hardbunnsområder i Ytre Oslofjord. Bakgrunn og formål for undersøkelsene har variert og noen systematisk overvåking av hele området har ikke blitt gjennomført før overvåkingen startet opp i 2001. Det statlige Kystovervåkingsprogrammet omfatter imidlertid fire lokaliteter i Ytre Oslofjord. Disse ligger i området fra Færder fyr og vestover til Sandefjordsfjorden. Magnusson (1997) har gitt en oversikt over undersøkelser utført i Ytre Oslofjord i tiden frem til 1994. I den siste vurdering av tilstanden hos gruntvannsamfunnene i Ytre Oslofjord (DNV 2006) ble de stasjonene som ligger i områder med stor ferskvannstilførsel fra elver definert som næringssaltpåvirkede. Sandefjordsbukta i Sandefjordsfjorden hadde også et algesamfunn som klart var negativt påvirket av næringssalter.

4.1.1 Metode og stasjonsvalg

Undersøkelsene er i henhold til Norsk standard for hardbunnsundersøkelser (NS9424). Arbeidet ble utført av en marin botaniker og en marin zoolog. Ved dykkerregistreringene har det i tillegg vært en assistent tilstede.

Mesteparten av det eksisterende stasjonsnettet fra undersøkelsene i 2001-2005 er beholdt for å få gode tidsserier, men to av dykkestasjonene (G19 og G22) er flyttet til mer sentrale deler av fjorden - de lokaliteter hvor Sundene (1953) og Fredriksen & Rueness (1990) tidligere har gjennomført undersøkelser på sublitoral hardbunn. Disse er Veslekalven på Rauer og Akerøya utenfor Hvaler. Strandsonundersøkelsene er beholdt på G19 og G22.

Undersøkelser av marin flora og fauna på hardbunn i strandsonen

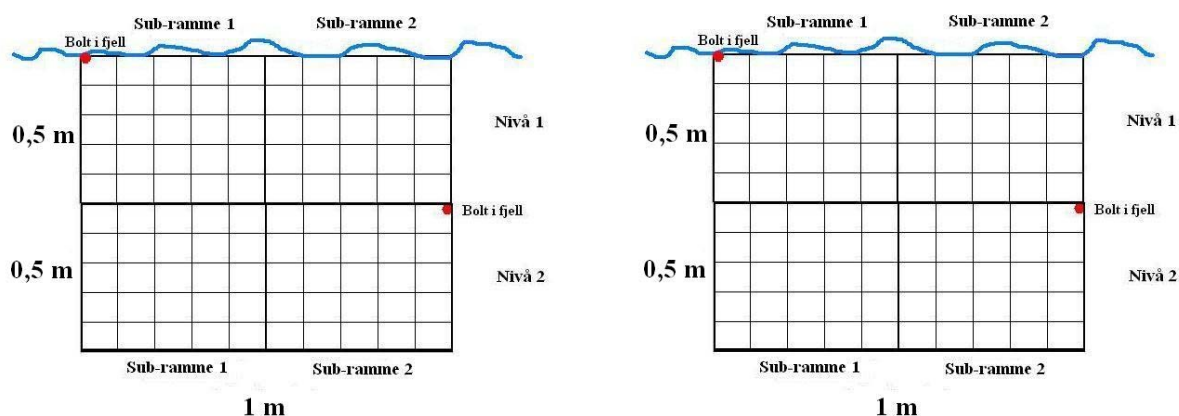
Det ble registrert tilstedeværelse og mengde (dekningsgrad) av alle makroskopiske (> 1 mm) fastsittende alger og dyr innenfor en ramme på 1 x 0,5 m (Figur 14). Rammen er inndelt i 50 ruter på 10 x 10 cm. Til sammen 4 rammer fordelt på 2 dybdenivåer ble undersøkt; med 2 rammer i hvert nivå; nivå 1 i midlere lavvannsmærke (øvre del av rurbeltet) og en halv meter ned, nivå 2 ble satt like under

nivå 1. Rammene plasseres på faste, markerte flater på fjellet, slik at nøyaktig samme område undersøkes hvert år. Til sammen ble det undersøkt 25 stasjoner i 2007.

På de stasjoner det ikke ble dykket, ble det gjort en befaring i en horisontal bredde av 8 meter for å fange opp de arter som ikke befinner seg innenfor de relativt begrensede areal (tilsammen 2 m²) som avgrenses av rammene. Forekomsten (mengden) anslåes da etter følgende gradering:

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1) enkeltfunn | (< 5% dekning) |
| 2) spredt forekomst | (5-20 % dekning) |
| 3) vanlig | (20-80% dekning) |
| 4) dominerende | (>80% dekning) |

Organismer som ikke kunne identifiseres i felt, ble samlet inn og senere bestemt til art (eller høyere taxanivå) under lupe eller mikroskop. I tillegg til feltregistreringene ble det tatt bilder av alle stasjoner og eventuelle karaktertrekk ved strandsonesamfunnene.



Figur 14. Skjematiske beskrivelser av rammene og deres plassering i fjæra. Se tekst for nærmere beskrivelse.

Dykkeregistreringer av marin flora og fauna på hardbunn

Mens strandsoneregistreringer kun dekker 0-1 meters vanddybde, gir dykkeregistrering en beskrivelse av hardbunnsamfunnet ned til maks. 30 meters dyp. Makroskopiske (> 1 mm), fastsittende alger og dyr ble registrert langs et snitt fra maksimalt 30 m dyp og opp til overflaten ved hjelp av dykking. Dykkeren hadde telefonisk kontakt med en assistent på land. I tillegg til artsregistrering, ble også forekomsten (mengden) anslått etter samme gradering som ved strandsonebefaringen (se ovenfor). Til sammen ble 12 stasjoner undersøkt ved dykking.

Organismer som ikke kunne identifiseres i felt, ble samlet inn og senere bestemt under lupe eller mikroskop. Abiotiske faktorer som habitatbeskrivelser, substrattypen og -helling, grad av nedslamming, horisontalsikt, osv. ble også notert. En visuell dokumentasjon av undersøkelsesområdet ble gjort på de fleste av stasjonene.

Vurdering av miljøtilstand

Der er gjennomført analyser av de biologiske samfunnene på hardbunn i 2007 ved bruk av programpakken PRIMER; antall arter, forekomst og diversitet er beregnet. Videre er også likheten mellom stasjonene/områder analysert ved hjelp av multivariate analyser (Bray-Curtis likhetsindeks).

For å undersøke om det var forskjeller i artssammensetning mellom stasjonene som kan relateres til gitte ytre faktorer, har vi testet hvorvidt likhet mellom stasjoner kan relateres til østlig eller vestlig del av fjorden, ytre eller indre del av fjorden, grad av bølgeeksponering på stasjonen og stasjonens himmelretning. I de tilfeller hvor vi har identifisert en gruppering av stasjoner, har vi undersøkt videre hvilke dyr eller alger som er årsak til forskjellen mellom gruppene.

Følgende parametre ble undersøkt for tilstandsvurderinger:

- Artsantall og -mangfold.
- Samfunnssammensetning (f.eks. mengdemessig forhold mellom algeklasser)
- Forekomst av nøkkelarter og indikatorarter
- Nedre voksegrense for alger.

Den relative fordelingen av antall arter av rød-, brun- og grønnalger i områder i Skagerrak uten næringssaltpåvirkning har empirisk vist seg å være $45 \pm 10\%$: $35 \pm 10\%$: $15 \pm 5\%$ (Bokn & Lein 1978). Vi har beregnet fordelingen mellom algeklassene i ulike områder, og på ulike stasjoner i Ytre Oslofjord og vurdert miljøtilstanden ved å sammenligne med Bokn & Lein's forholdstall. Forhold som ferskvannspåvirkning og bølgeeksponering vil også ha betydning for andelen av rød-, brun- og grønnalger.

Tabell 4. Stasjoner som inngår i hardbunnsundersøkelsene.

Metode: S=strandsonundersøkelser, D=dykkeundersøkelse. Posisjoner UTM33

Navn	Stasjon	Metode	Posisjon N	Posisjon Ø
Ytre Drammensfjorden	G1	S D	6608843	240628
Kommersøya	G2	S	6609190	234711
Østøya	G3	S D	6598848	243998
Teigsberget (badebryggen)	G4	S	6586815	243209
Torgersøy	G5	S D	6576355	243940
Ravnøy i Tønsbergfj	G6	S D	6570182	233968
Hui (holme N for Hui)	G7	S	6562113	234162
Hellsøy	G8	S D	6558344	228283
Årsnes	G9	S	6560522	227729
Lillevikodden	G10	S D	6552670	215102
Malmø N	G11	S	6552244	218327
Risøy, ved Bjørkøy	G12	S	6554461	199162
Vågøy	G13	S	6543727	187810
Bevøya S	G14	S D	6604771	253299
Kippenes	G15	S	6602209	255243
Kallum (S for Moss)	G16	S	6594499	253603
Fuglevik S/Rompa	G17	S D	6589569	253001
Svelvik indre	G18	S	6578893	255915
Krokstadfj/Rødskjær	G19	S	6573394	257564
Risholmen (N for Hankø)	G20	S	6565750	262454
Hue	G21	S D	6558188	273526
V. Damhlm (N for Kirkøy)	G22	S	6553199	269234
Kjøkkø (Løpern)	G23	S D	6559452	282076
Sponvikskansen (Iddefj)	G24	S	6549534	276064
Søndre Sandøy	G25	S	6608843	240628
Veslekalven, Rauer*	G26*	D	6576241	255132
Akerøya, NV*	G27*	D	6553176	263384

* nye stasjoner i 2007



Figur 15. Stasjoner for undersøkelser av hardbunnssamfunn. Ved 12 av stasjonene er det også dykkeregistreringer (se tabell ovenfor). G26 og G27 er nye stasjoner. Gule prikker viser de stasjoner som prøvetas under kystovervåkingsprogrammet.

4.1.2 Resultater fra strandsonen

Artslister fra samtlige stasjoner er tilgjengelige i fagrapporten for bentosundersøkelsene i 2007 (Gitmark et al. 2008). Resultater fra de multivariate analyser er for det meste presentert i Vedlegg A.

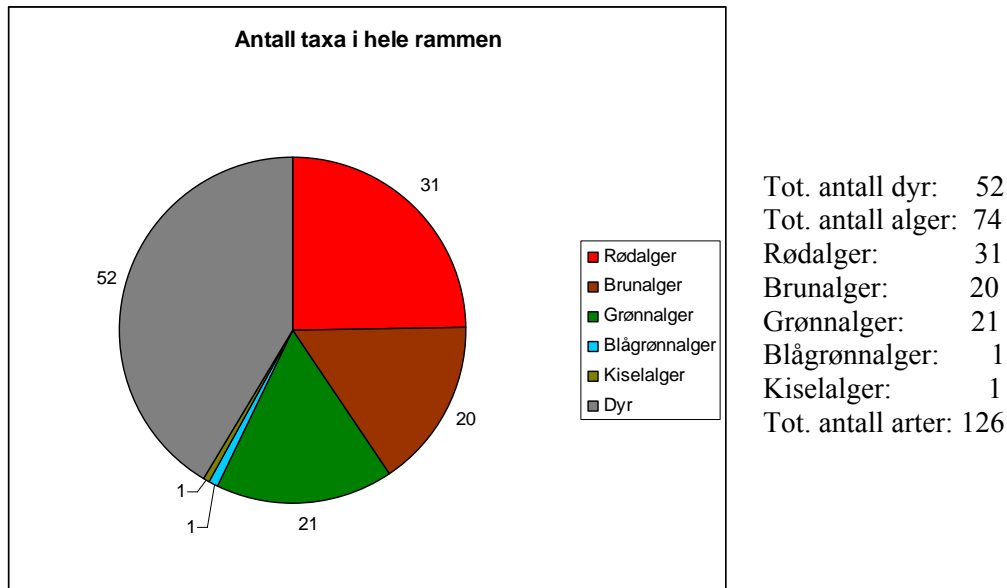
De arter som er til stede i strandsonen, og mengdene av dem, gjenspeiler miljøforholdene på stedet. Med strandsonen menes littoralsonen (fjæra) og øvre del av sublittoralsonen (sonen under lavvannsmålet). For eksempel vil utslipp av avløpsvann kunne gi endrete vekstforhold til fastsittende alger og dyr. En svak overkonsentrasjon av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslings-effekt). Høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid gi redusert artsantall med dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger ("sly") som øker i mengde og dominerer strandsonen. De flerårige tangartene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene og kan resultere i at tangen etter hvert forsvinner.

Nivå 1 og nivå 2

I de første analysene av biologiske data fra strandsonen har vi valgt å inkludere alle registreringer fra begge nivåer på de 25 rammestasjonene. Det var 126 ulike arter eller organismegrupper som totalt ble funnet i strandsonen under disse registreringene i 2007. Artenes fordeling på ulike kategorier er vist i Figur 16.

Den gjennomsnittlige fordelingen av algeklassene rød-, brun- og grønnalger på stasjonene i Ytre Oslofjord i 2007 var 43 : 28 : 29 %. Det var altså antydning til flere grønnalgearter og færre

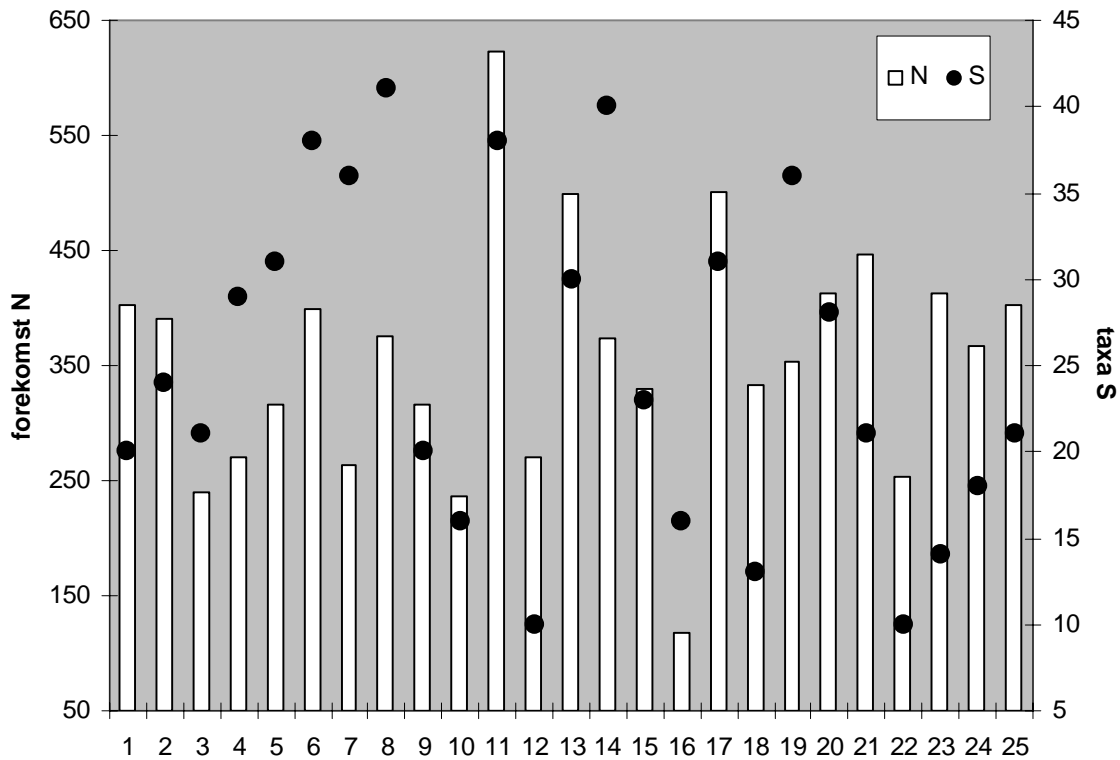
brunalgearter i Ytre Oslofjord i 2007 enn det som normalt forekommer i områder uten næringssaltpåvirkning (Bokn & Lein 1978).



Figur 16. Antall arter/taxa i rammene i 2007 fordelt på 6 ulike kategorier

På stasjon 8 (Hellsøy) i ytre deler av Sandefjordsfjorden ble det registrert flest arter/taxa, mens stasjon 11 (Malmø N) ved Larviksfjorden hadde størst dekningsgrad (mengden av de enkelte arter) og mange arter/taxa (Figur 17). Færrest arter ble funnet på stasjon 12 i Langesundsfjorden og stasjon 22 i Hvalerestuaret. Størst biologisk mangfold (H') var det på den relativt bølgeeksponerte stasjon 14 (Bevøya) i Breiangen (Vedlegg A. Tabell 11).

Stasjonene i de ytre deler av fjorden (sør Slagentangen-Larkollen) hadde i gjennomsnitt 25,5 arter pr stasjon i rammene i strandsonen, mens de indre stasjonene hadde 24,1 arter pr stasjon. Stasjonene på vestsiden av fjorden hadde i gjennomsnitt 26,2 arter pr stasjon, mens de østlige stasjonene hadde 23,5 arter pr stasjon.



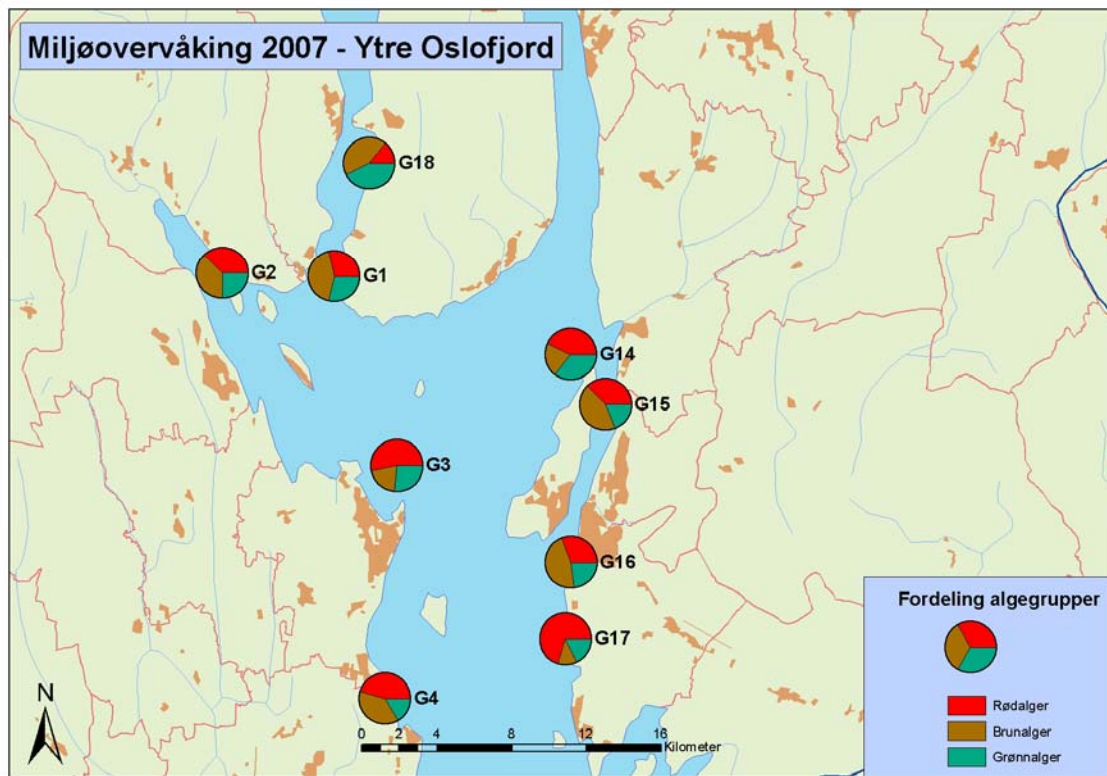
Figur 17. Samlet antall arter/taxa (S) og sum forekomst (N) i de 4 rammene på hver av de 25 rammestasjonene. NB! på stasjon 16 registreres kun ett nivå (nivå 1).

Fordelingen av alger på de tre algeklassene er vist i Figur 18 for stasjonene i Breiangenområdet, Figur 19 for stasjonene på vestsiden av fjorden og Figur 20 for Hvalerområdet. For de fleste stasjonene viser resultatene liten grad av næringssaltpåvirkning. Merk at ferskvannspåvirkning også favoriserer forekomst av grønnalger. Stasjon 10 i Larviksfjorden og stasjon 18 i Drammensfjorden skiller seg ut med en relativt stor andel av grønnalgearter (>40 %) i forhold til brun- og rødalger og dette indikerer forhøyede mengder av næringssalter i vannmassene:

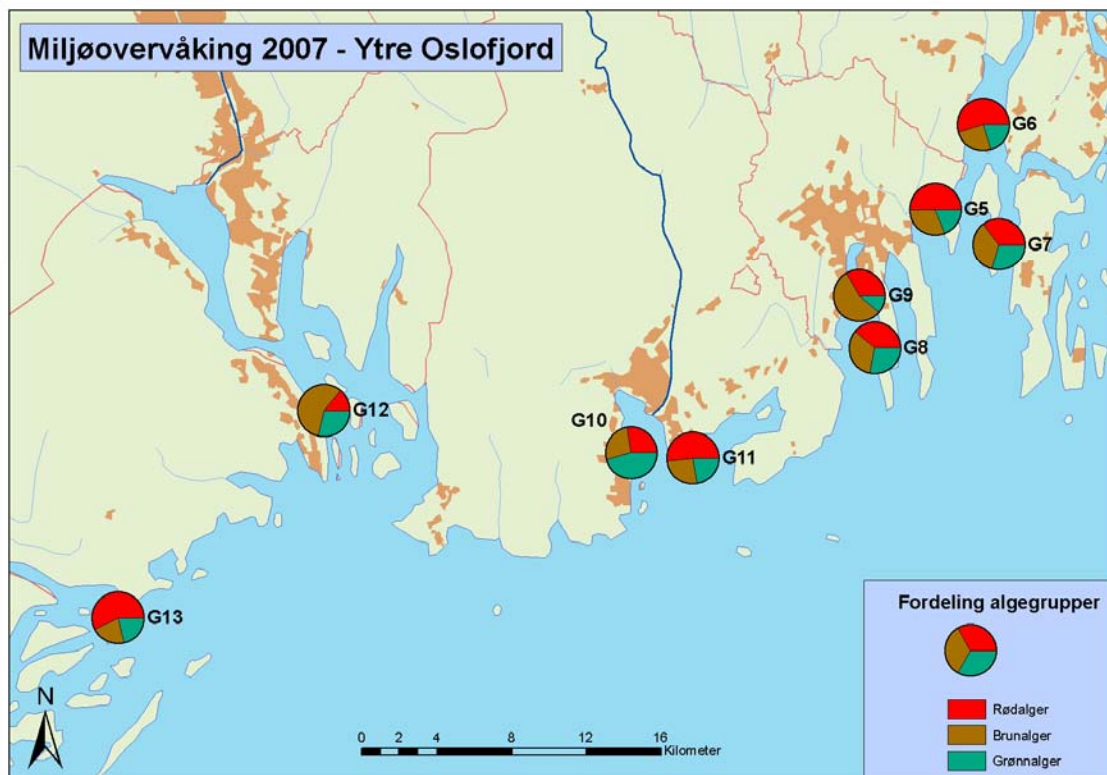
- stasjon 10 hadde 5 grønnalgearter med store mengder av tarmgrønnske (*Enteromorpha intestinalis*) i nivå 1 og silkegrønndusk (*Cladophora sericea*) i nivå 2.
- stasjon 18 hadde 3 arter grønnalger med relativt store mengder tarmgrønnske i begge nivåer og blågrønnalger i nivå 1.

Stasjoner med mindre andel arter grønnalger, men relativt store forekomster som kan indikere påvirkning fra næringssalter:

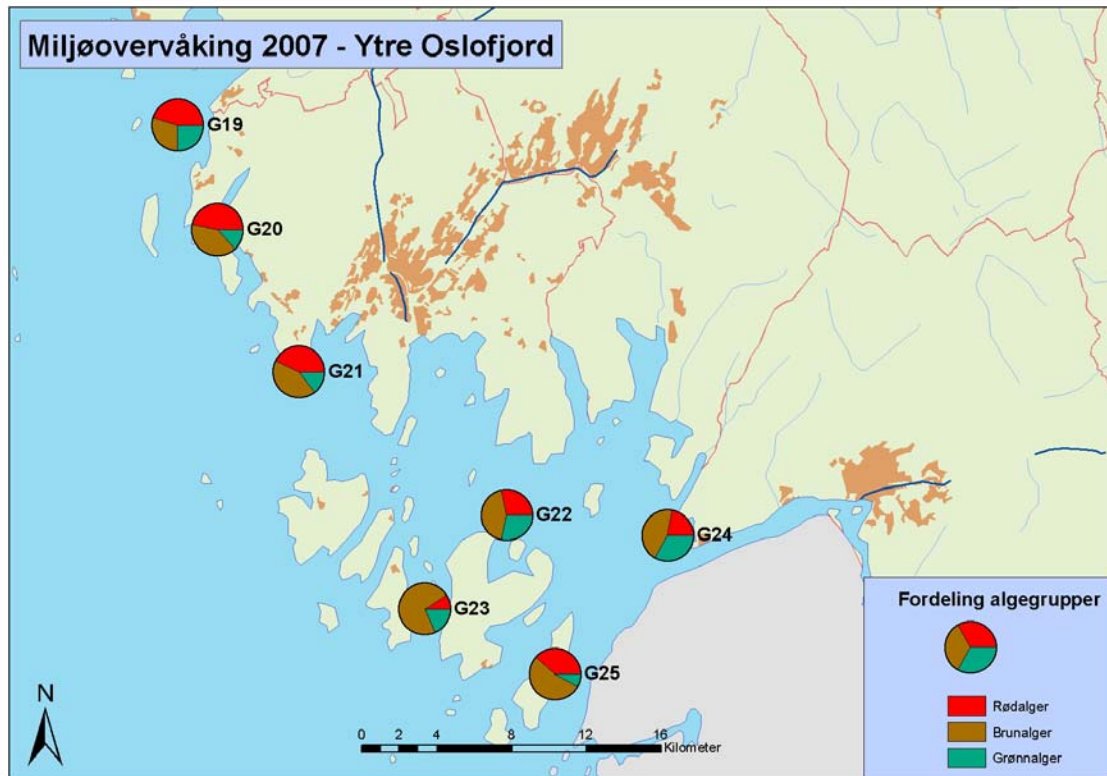
- stasjon 1 i ytre Drammensfjorden
- stasjon 3 utenfor Horten
- stasjon 6 i Tønsbergfjorden
- stasjon 9 i Sandefjordsfjorden
- stasjon 12 i Langesundsfjorden
- stasjon 14 på Bevøya
- stasjon 22 innenfor Kirkøy
- stasjon 23 i Løperen



Figur 18. %-andel av alger i rammene i 2007 fordelt på rødalger, brunalger og grønnalger. Stasjoner i Breiangenområdet



Figur 19. %-andel av alger i rammene i 2007 fordelt på rødalger, brunalger og grønnalger. Stasjoner på vestsiden av fjorden.

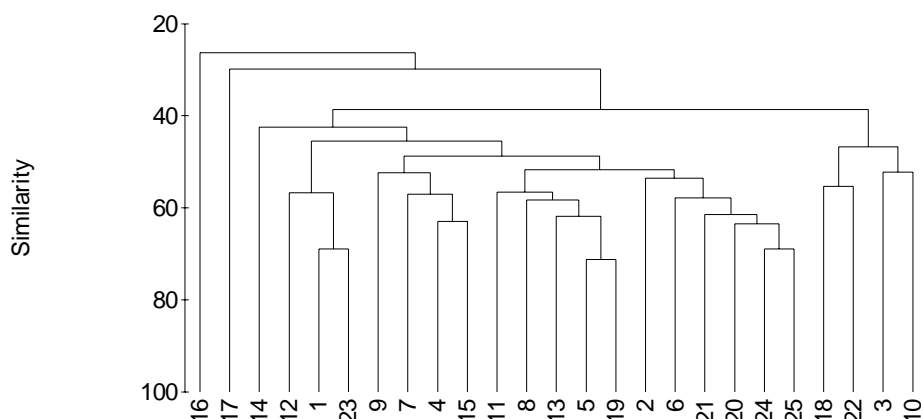


Figur 20. %-andel av alger i rammene i 2007 fordelt på rødalger, brunalger og grønnalger. Stasjoner i Østfoldområdet.

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) avdekket at stasjon 16 og 17 skilte seg mest ut fra de øvrige (Figur 21). Stasjon 16 sør for Moss hadde et lavt artsantall som skyldes at kun nivå 1 registreres på denne stasjonen. På stasjon 17 utenfor Rygge var det langt mindre forekomst av blæretang (*F. vesiculosus*) sammenlignet med de øvrige stasjoner, men artsantallet (31) var større enn gjennomsnittet for rammeundersøkelsene. Stasjon 14 på Bevøya skiller seg også ut og årsaken er det høye antall algetaxa på stasjonen.

Det var ingen klare grupperinger av stasjonene etter faktorene: øst-vest i fjorden, bølgeeksponering, indre-ytre fjord eller stasjonens himmelretning (figur ikke vist).

Ytre Oslofjord Rammer Totalt



Figur 21. Dendrogram som viser resultatene fra en klusteranalyse av samtlige data fra rammeregistreringene.

4.1.3 Resultater fra dykkeregistreringene

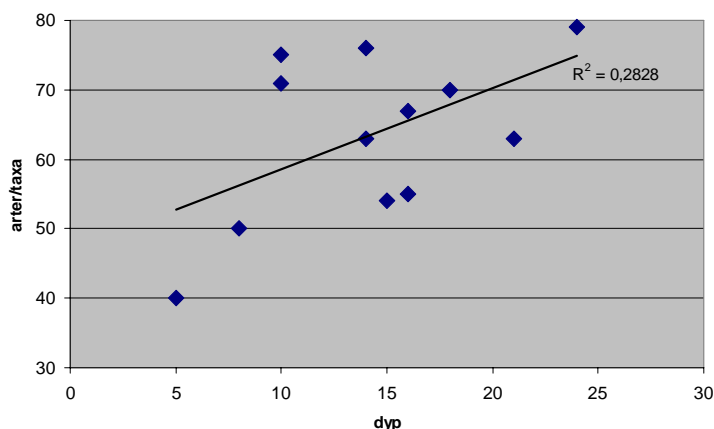
Artslister fra samtlige stasjoner og nærmere beskrivelser av stasjonene er tilgjengelige i fagrapporten for bentosundersøkelser 2007 (Gitmark et al. 2008). For geografisk plassering av dykkestasjonene vises det til Figur 15.

Under dykkeregistreringene ble det funnet mellom 40 og 79 arter/taxa av alger og dyr på de ulike stasjonene; færrest på den grunneste stasjonen og flest på den dypeste (Tabell 5). Det er stor variasjon i største dykkedyp mellom stasjonene. Det var imidlertid liten korrelasjon mellom største registreringsdyp og antall registrerte arter/taxa (Figur 22). Dette har nok mest sammenheng med ulike substratforhold på de ulike stasjoner; på flere av stasjonene var det relativt mye bløtbunn i transektet.

Flest antall arter/taxa og høyest forekomst av alger og dyr ble funnet på stasjon 27 Akerøya utenfor Hvaler. Høyest mangfold (H') var det på stasjon 3 Østøya utenfor Horten. Den grunne stasjon 17 Fuglevik hadde det minste mangfold og færrest arter/taxa av samtlige dykkestasjoner. Flere av stasjonene er for grunne til å kunne vurdere nedre voksegrense for alger.

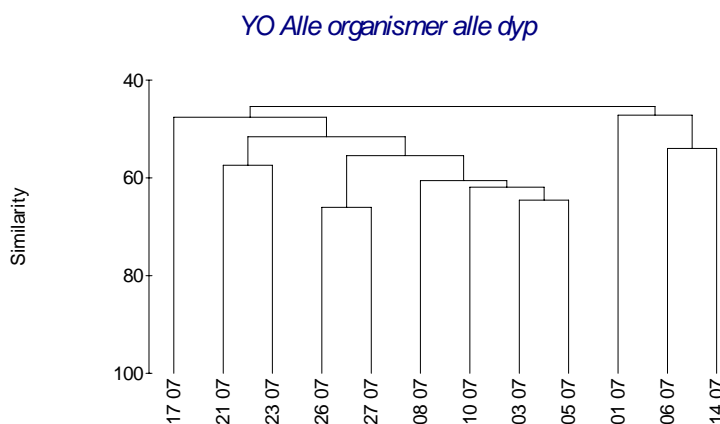
Tabell 5. Største dyp for registrering, antall arter/kategorier (S), samlet forekomst av arter/kategorier (N), dominans (d), jevnhet (J') og diversitet (H') på de 12 dykkestasjonene i 2007.

stasjon	dyp	S	N	d	J'	$H'(\log_e)$
01 07	21	63	498	9,98	0,95	3,95
03 07	10	71	701	10,68	0,94	4,01
05 07	14	76	777	11,27	0,91	3,95
06 07	16	55	497	8,70	0,91	3,65
08 07	10	75	709	11,27	0,91	3,95
10 07	16	67	822	9,83	0,93	3,91
14 07	15	54	479	8,59	0,92	3,67
17 07	5	40	324	6,75	0,96	3,55
21 07	8	50	323	8,48	0,93	3,65
23 07	14	63	546	9,84	0,93	3,85
26 07	18	70	779	10,36	0,92	3,92
27 07	24	79	833	11,60	0,89	3,88



Figur 22. Antall registrerte arter/taxa som funksjon av største registreringsdyp ved dykkeregistreringene ($R^2=0,28$).

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på alger og dyr i dykkeregistreringene viser at stasjon 17 utenfor Rygge og stasjon 1 i ytre Drammensfjord skiller seg mest ut (Figur 23). Stasjon 17 er den grunneste stasjonen og har lavest antall taxa (41) og lavest dekningsgrad ($N=327$) av alger og dyr. Stasjon 1 er den eneste av stasjonene hvor det ble funnet kongsnegl (*Buccinum undatum*), sekkedyret *Stylea rustica* og algen brunli (*Ectocarpus siliculosus*).

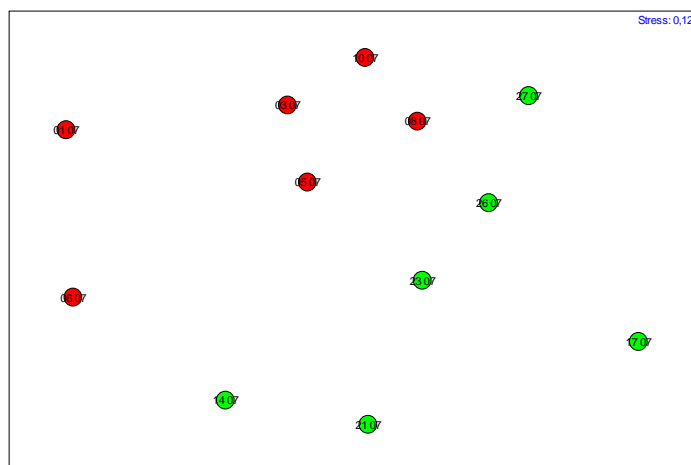


Figur 23. Dendrogram fra klusteranalyse av dykkeregistreringene i 2007. Liten avstand mellom stasjoner indikerer stor likhet i artssammensetning.

Mds-plottet i Figur 24 viser en gruppering av stasjonene etter faktoren østlige og vestlige stasjoner og plottet viser at det er en systematisk forskjell i artssammensetning siden de vestlige stasjonene er fordelt i venstre side av figuren og de østlige i høyre side av figuren.

Det ble gjort en SIMPER-analyse for å klargjøre hva som var årsaken til grupperingen mellom østlige og vestlige stasjoner. I Tabell 6 ser en at forekomsten av algen hummerblekke var langt større på de vestlige enn på de østlige stasjonene, og dette var den viktigste årsaken til grupperingen av stasjonene. En annen viktig årsak var nedslamming av bunnen ('sediment'), som var større i øst enn i vest. Nedslamming er også sannsynlig årsak til registrerte mindre forekomster av den skorpedannende

brunalgekategori 'brunt på fjell' på de østlige stasjonene. Forekomstene i øst er nødvendigvis ikke mindre, det kan også skyldes at de var mindre synlige under sedimentdekket.

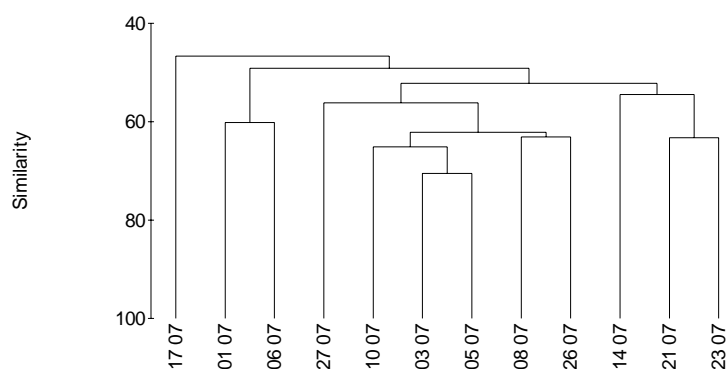


Figur 24. MDS-analyse av alger og dyr i dykkeregistreringene 2007. Faktor: grønn=østlige stasjoner, rød=vestlige stasjoner. Stress=0,12. Nærliggende symboler indikerer stor likhet i artssammensetning.

Tabell 6. Sammenligning av registreringer på østlige og vestlige stasjoner (SIMPER). Tabellen viser forekomsten av de 5 viktigste taxa/kategorier for grupperingen øst-vest.

Taxa/kategori	Forekomst vest	Forekomst øst
Hummerblekke (<i>Phyllophora truncata</i>)	19,50	4,50
Sediment	17,00	23,00
Brunt på fjell	29,33	16,50
Eikeving (<i>Phycodrys rubens</i>)	16,33	17,67
Røddokke (<i>Polysiphonia urceolata</i>)	15,17	2,00

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på kun alger i dykkeregistreringene gir et noe annet bilde enn analysen av alger og dyr sammen. Dendrogrammet viser igjen at stasjon 17 utenfor Rygge som den grunneste stasjon skiller seg mest ut (Figur 25) med lavest antall taxa (22) og dekningsgrad (192) av alger. Stasjon 1 i ytre Drammensfjord og 6 i Tønsbergfjorden skiller seg ut, men er svakt koblet med hverandre. Stasjon 14 og 27 skiller seg også ut fra de øvrige stasjonene.



Figur 25. Dendrogram fra klusteranalyse av dykkeregistreringene i 2007. Kun alger inkludert i analysen. Liten avstand mellom stasjoner indikerer stor likhet i artssammensetning.

Nedre voksegrense for alger

Hvor langt ned i vannmassene det er tilstrekkelig lys til at makroalger kan vokse (kompensasjonsdypet) er et godt mål på vannkvalitet. Siktdyp gir et øyeblikksbilde for måletidspunktet, mens nedre voksegrense 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. 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 det norske Kystovervåkingsprogrammet er nedre voksegrense definert til det dypeste dyp hvor rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*) minimum har spredt forekomst. Enkeltindivider av fagerving vokser under denne beregnede voksegrensen, men spredte enkeltindivider som kan variere i nedre utbredelse fra år til år, samt at det kan variere når en dykker vil oppdage og registrere forekomst av enkeltindivider. Nedenfor er forekomst og nedre voksegrense for noen algearter på stasjonene i Ytre Oslofjord kort beskrevet:

- Fagerving (*D. sanguinea*) – ble registrert på alle stasjoner bortsett fra G6 og G17. Det dypeste funnet av denne arten er på 18 m dyp, på stasjon 26 (enkeltpunkt). Spredte/vanlige forekomster fra 16 m. Stasjon 3, 8, 17 og 21 er for grunne til å kunne registrere nederste voksedyp for denne arten. På stasjon 10, 14 og 23 er det lite egnet substrat dypere enn 9 m (st 10) og 14 m (st 14 og 23).
- Svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*) – registrert på alle stasjonene bortsett fra 17 og 27. Ikke registrert dypere enn 8 m.
- Krusflik (*Chondrus crispus*) – registrert på alle stasjonene. Ikke registrert dypere enn 14 m, og det er kun på stasjon 10 den er funnet så dypt. Alle andre stasjonene kommer den inn på 6 – 10 m dyp i spredte/vanlige forekomster.
- Stortare (*Laminaria hyperborea*) – registrert på alle stasjonene bortsett fra st 1, 6 og 23. Ikke registrert dypere enn 12 m. Stasjon 3, 8, 17 og 21 er for grunne til å registrere nederste voksedyp, og består også av mye uegnet substrat for tare.
- Sukkertare (*Saccharina latissima*) – registrert på alle stasjonene bortsett fra 6, 14 og 17. Største registreringsdyp var 14 m, på stasjon 10. Største forekomstene var grunnere enn 10 m.

På stasjon 6 ble det ikke registrert tare, og på stasjon 14 ble det kun registrert ett individ av stortare.

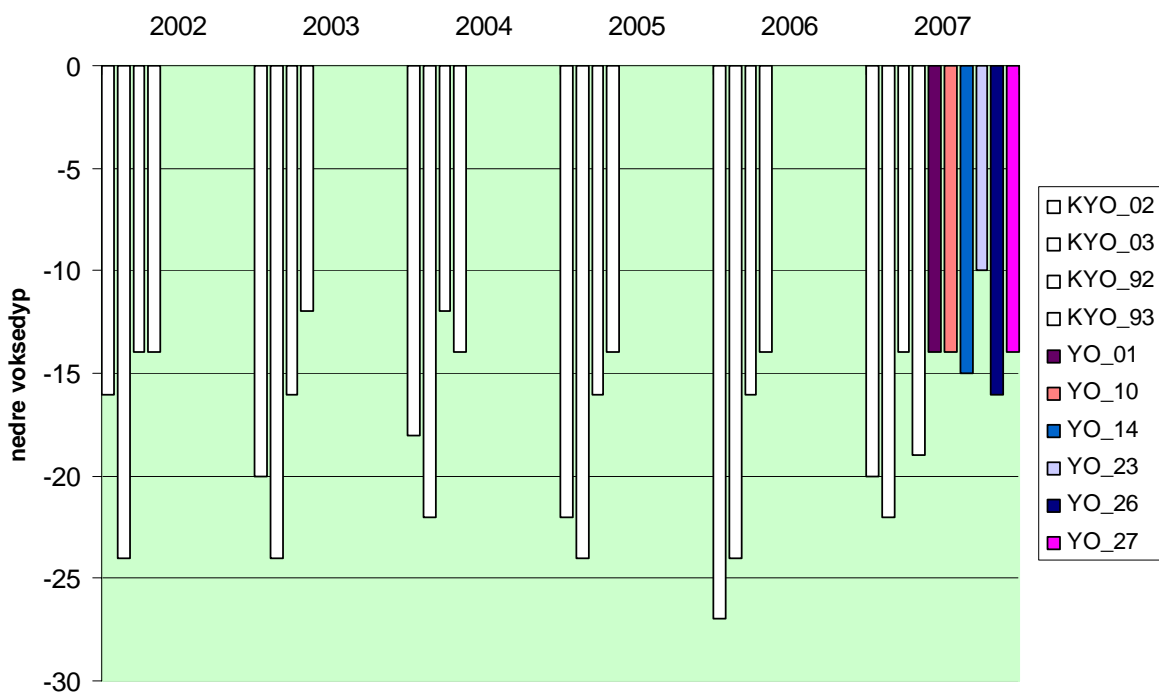
Fra Kystovervåkingsprogrammet (KYO) rapporterte Moy et al (2008) at nedre voksedyp for fagerving i 2007 var redusert i Ytre Oslofjordområdet (A-området i KYO), noe som indikerte dårligere vannkvalitet enn i tidligere år. Spesielt ble det registrert redusert voksedyp på stasjonen på Færder fyr (fra 27 m i 2006 til 20 m i 2007), men også på Lyngholmen (fra 24 m i 2006 til 22 m i 2007). Voksegrensen i Ytre Oslofjord varierer mye fra år til år og reflekterer de store variasjoner i vannkvalitet i ytre Oslofjord. Største voksedyp i A-området ble målt til 30 m i 1997, etter et år (1996) med lite nedbør og lav avrenning fra land som ga lave næringskonsentrasjoner i kystvannet, lite partikler og liten planktonbiomasse. Nedre voksegrense på de beskyttede skjærgårdstasjonene er klart grunnere enn de to bølgeeksponerte stasjonene. I 2007 ble det registrert en henholdsvis økt og redusert dybdeutbredelse på vest- og østsiden av Tjøme.

I Figur 26 er nedre voksegrense på KYO-stasjoner i Ytre Oslofjord sammenlignet med nedre voksegrense på stasjoner under overvåkingen av Ytre Oslofjord (YO). Resultatene fra YO-stasjonene er i samme størrelsesorden som på KYO_92 og KYO_93, med en nedre voksegrense stort sett

varierende mellom 10-15 m. Begge KYO_stasjonene er moderat bølgeeksponerte og dermed egnet for sammenligning med YO-stasjonene.

I 1989 undersøkte Fredriksen og Rueness (1990) stasjon 26 og 27, og blant annet registrerte de også nedre voksegrense for fagerving. De registrerte en nedre voksegrense på 15 meter for fagerving på stasjonene i de midtre- og ytre deler av Ytre Oslofjord, med andre ord det samme dybdeområde som ble registrert i 2007 (Figur 26).

Ved Sundenes undersøkelser i perioden 1947-52 (Sundene 1953) ble fagerving registrert på drøyt 30 meters dyp i de midtre- og ytre deler av Ytre Oslofjord. Undersøkelsene ble gjennomført med trekantskrape og er derfor omfattet av større grad av usikkerhet enn dykkeregistreringer. Fredriksen og Rueness (1990) tolket imidlertid resultatene som et uttrykk for at det hadde skjedd en reduksjon i lystilgangen til dypet mellom Sundenes og deres undersøkelser i 1989, og at denne var eutrofi-betinget. Nedre voksegrense i 2007 gir ingen indikasjoner på at lystilgangen har bedret seg siden 1989.



Figur 26. Nedre voksedyp for rødalgen fagerving på stasjoner i Ytre Oslofjord. Hvite søyler viser kystovervåkingsstasjoner (KYO). Resultater fra Ytre Oslofjordovervåkingen er vist for 2007. For stasjons plassering se Figur 15.

Sukkertare

I 2007 ble det funnet relativt bra med sukkertare på stasjon 1 i ytre Drammensfjord, stasjon 3 utenfor Horten, stasjon 5 utenfor Tønsberg, stasjon 10 i Larviksfjorden, stasjon 23 i Løperen og stasjon 26 ved Rauer (Tabell 7). Det ble funnet mindre forekomster på stasjon 8 i Sandefjordsfjorden, stasjon 21 Hue utenfor Glommas vestre utløp og stasjon 27 Akerøya utenfor Hvaler. Sukkertare ble ikke funnet på stasjon 6 i Tønsbergfjorden, på stasjon 14 på Bevøya eller på stasjon 17 utenfor Rygge.

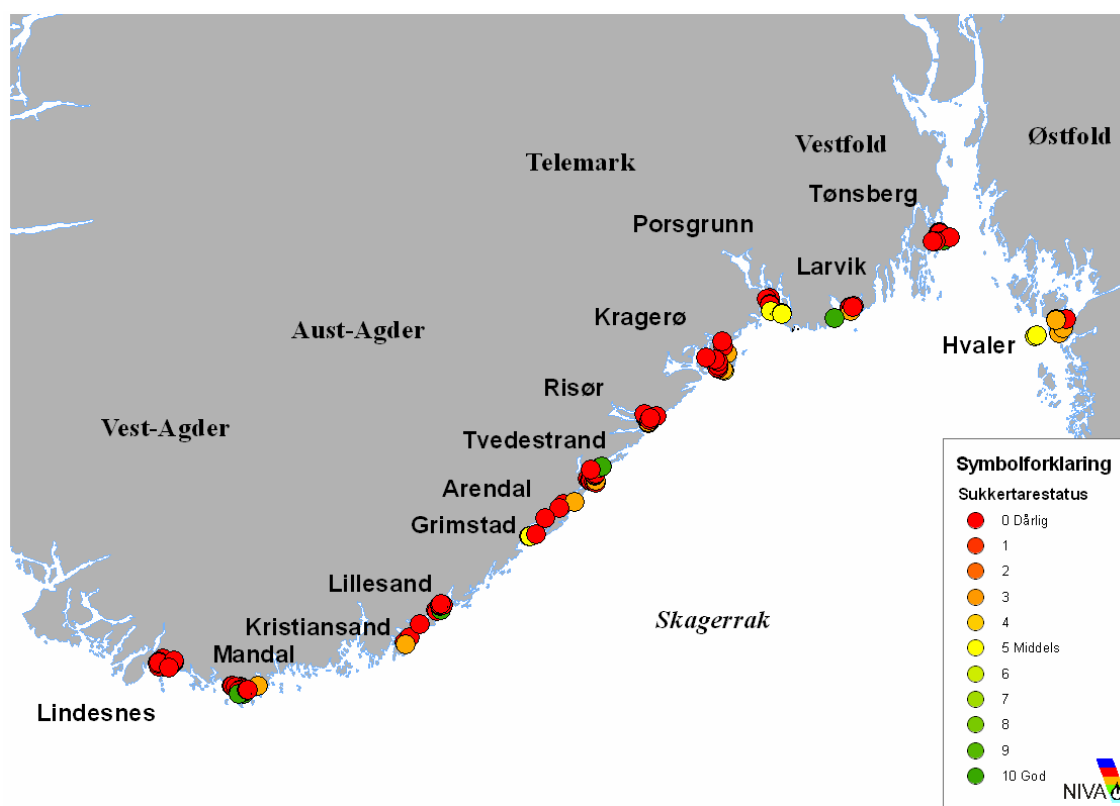
Sammenlignet med undersøkelsene i 2001 (DNV 2002) er det lite endringer, bortsett fra på Bevøya hvor det i 2001 var bra med sukkertare, mens den ikke ble observert i 2007 (Tabell 7). På de to

stasjonene som ble undersøkt av UiO i 1989 var det gode forekomster av sukkertare fra ca 2-10 m dyp. Undersøkelsene i 2007 indikerer en nedgang på stasjon Akerøya (G27) siden den gang.

I de nasjonale sukkertareundersøkelsene ble det i 2004 funnet lite eller ingen sukkertare utenfor Skjærhalden i Hvaler, men gode forekomster på Tisler. På stasjoner mellom Nøtterøy og Bolærene, og i Larviksfjorden var det lite sukkertare. I Langesunds-fjorden varierte mengdene mellom de ulike stasjonene (Figur 27). Disse områdene skal undersøkes på nytt i august 2008.

Tabell 7. Forekomster av sukkertare i dykketransektene i 1989 (Fredriksen & Rueness 1990), 2001 (DNV 2002) og 2007 (NIVA). Ikke tilstede=0, mindre forekomster = s, bra forekomster = s-v, pos. endring = +, mulig pos. endring = (+), neg. endring = -, mulig neg. endring = (-)

Stasjon	UiO 1989	DNV 2001	NIVA 2007	endring
G1 (ytre Drammensfj)		s	s-v	(+)
G3 (Østøya Horten)		s-v	s-v	Nei
G5 (Torgersøy Valle)		s-v	s-v	Nei
G6 (Ravnøy Tønsbergfj)		0	0	Nei
G8 (Hellsøy Sandefj.fj)		s-v	s	(-)
G10 (Lillevikodden Larviksfj)		s-v	s-v	Nei
G14 (Bevøya Son)		s-v	0	-
G17 (Fuglevik S)		0	0	Nei
G21 (Hue)		s-v	s	(-)
G23 (Løperen Hvaler)		s-v	s-v	Nei
G26 (Veslekalven Rauer)	s-v		s-v	Nei
G27 (Akerøya)	s-v		s	-



Figur 27. Sukkertarestatus på Skagerrakkysten. Fra Sukkertareovervåkingen (www.sft.no).

Vurdering av dykkestasjonenes egnethet

Stasjon G1. Nederste dykkedyp på stasjonen er 20 m. Fra 0 – 20 m dyp er det noe hardbunn (fra 12 – 14 m er fjellbunn dominerende), men veldig mye sandbunn. Dypere enn 20 m er det kun sandbunn. Stasjonen er ikke veldig godt egnet som dykkestasjon pga lite hardbunn.

Stasjon G3. Nederste dykkedyp på stasjonen er 10 m. Fra 0 – 9 m består bunnen hovedsakelig av store stein. Dypere enn 9 m er det mindre stein på grus/skjellsand/bløtbunn. Stasjonen er uegnet som dykkestasjon da den er for grunn for å registrere nederste voksegrense til mange alger.

Stasjon G5. Nederste dykkedyp på stasjonen er 18 m. Fra 0 – 17 m dyp er det hardbunn (fjell). Dypere enn 17 m domineres bunnen av sand/mudder med ca 2 – 3 % hardbunn innimellom. OK stasjon.

Stasjon G6. Nederste dykkedyp på stasjonen er 16 m. Fra 0 – 14 m dyp er det hardbunn. Under 14 m dyp er det bløtbunn med enkelte stein. Bedre mer til venstre for transektet – mer fjell? OK stasjon

Stasjon G8. Nederste dykkedyp på stasjonen er 10 m. Fra 0 – 2 m dyp er det hardbunn. 2 – 4 m dyp er det stein på sandbunn/skjellsand. Fra 4 – 6 m dyp består bunnen av sand med stein. Dypere enn 6 m er det hardbunn, men på 10 m dyp går fjellet over til å bli svært bratt. Stasjonen er lite egnet for transektdykk unntatt registreringer på bratt fjellvegg.

Stasjon G10. Nederste dykkedyp på stasjonen er 18 m. Fra 0 – 9 m dyp er det hardbunn. Fra 9 – 14 m dyp er det sandbunn med en del store stein på. Dypere enn 14 m består bunnen av fin sand. Stasjonen er lite egnet som dykkestasjon fordi sandbunn dominerende fra 9 m og dypere.

Stasjon G14. Nederste dykkedyp på stasjonen er 15 m. Fra 0 – 15 m dyp er det fjell og steinbunn. Dypere enn 15 m består bunnen av sand/leire. (Det er mye bart fjell/stein på stasjonen – mulig at steinene ruller og skraper bort/hindrer settlement). OK stasjon.

Stasjon G17. Nederste dykkedyp på stasjonen er 9 m. Fra 0 – 5,5 m er det hardbunn. Dypere enn 5,5 m består bunnen av sand. Stasjonen er lite egnet som dykkestasjon da den er svært grunn.

Stasjon G21. Nederste dykkedyp på stasjonen er 8 m. Fra 0 – 8 m dyp er det hardbunn. Dypere enn 8 m består bunnen av sand. Stasjonen er lite egnet som dykkestasjon da den er svært grunn.

Stasjon G23. Nederste dykkedyp på stasjonen er 14 m. Fra 0 – 13 m dyp er det hardbunn. Dypere enn 14 m er det bløtbunn.

Stasjon G26. Nederste dykkedyp på stasjonen er 19 m. Hardbunn helt ned til 19 m dyp. Fra 14 – 19 m dyp er fjellbunnen svært bratt (50-90 graders helning). Fin dykkestasjon.

Stasjon G27. Nederste dykkedyp på stasjonen er 24 m. Fra 0 – 26 m dyp er det hardbunn. Dypere enn 26 m består bunnen av sand. Fra 16 – 20 m dyp er fjellbunnen svært bratt (50 – 90 graders helning). Fin dykkestasjon.

4.2 Overvåking av biologien på bløtbunnsområder i Ytre Oslofjord

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 organismsamfunnene 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 det organiske materialet forbruker 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.

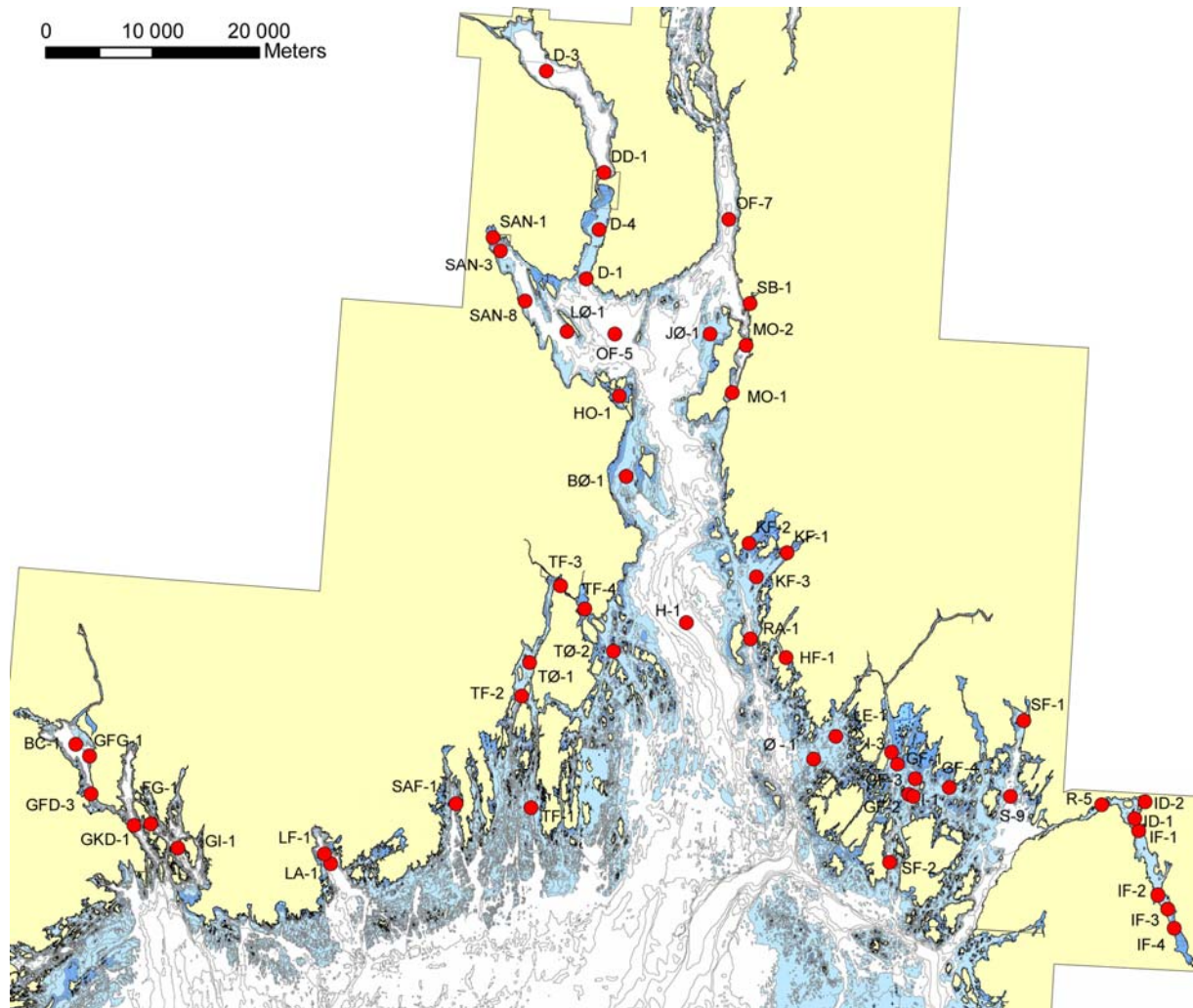
Formålet med undersøkelsen i 2007 var å:

- undersøke nåtilstanden på bløtbunn i Ytre Oslofjord
- relatere bunnsedimentene til vannmassenes innhold av oksygen
- beskrive forurensningsgradienter på bløtbunn og dele Ytre Oslofjord inn i områder etter forurensningsgrad
- sammenlikne med tidligere undersøkelser i Ytre Oslofjord for å vurdere endringer over tid

Innsamling av grabbprøver for komplette beskrivelser av faunaen gjøres i 2008 på 10 av stasjonene. Etter hvert som man får data fra SPI og komplette faunabeskrivelser fra samme stasjoner, kan disse metodene mer presist kalibreres med hverandre.

4.2.1 Prøvetaking

Feltarbeidet ble gjennomført 25. til 28. juni 2007 fra 'Trygve Braarud' tilhørende Universitetet i Oslo. Stasjonsplasseringen er vist i Figur 28 mens vanddyp er vist i Tabell 8. Posisjoner, analyse av SPI-bilder etc. for alle stasjoner i denne undersøkelsen er gitt i Fagrapporten (Gitmark et al. 2008).



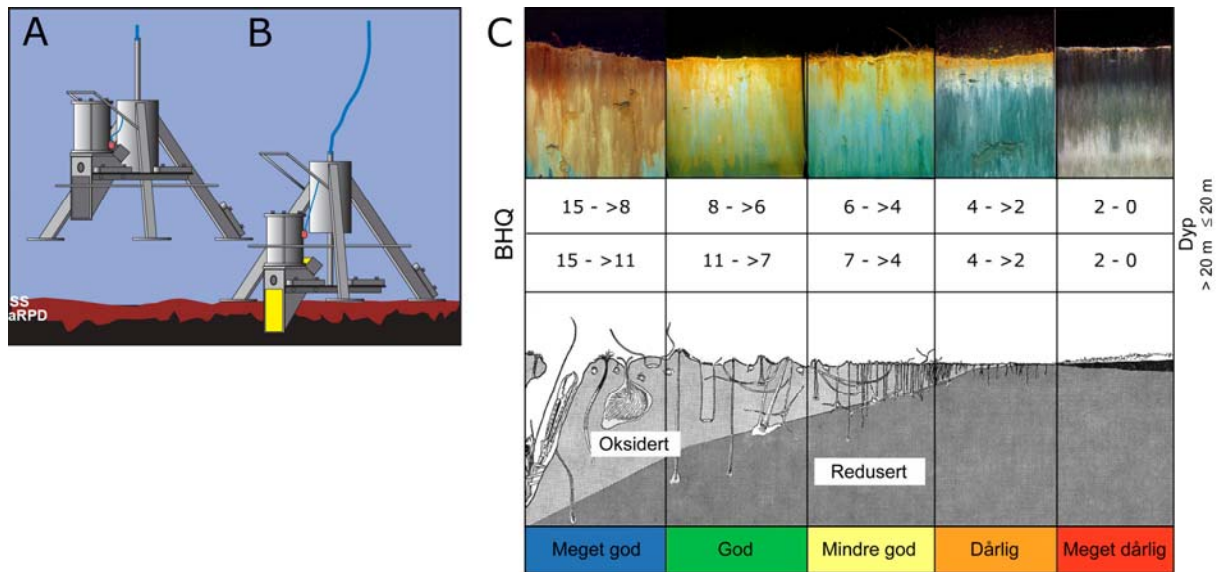
Figur 28. Stasjonsplassering for SPI-undersøkelser.

Tabell 9. Dyp (m) på SPI-stasjonene.

Stasjon	Dyp	Stasjon	Dyp	Stasjon	Dyp	Stasjon	Dyp	Stasjon	Dyp	Stasjon	Dyp
OF-7	210	HF-1	7	SF-1	35	BC-1	94	TØ-1	74	SAN-1	23
SB-1	34	Ø-1	52	IF-4	8,2	GFG-1	17	TF-3	13	D-1	85
MO-2	105	LE-1	28	IF-3	15	FG-1	105	TF-4	10,5	D-4	22
MO-1	46	I-3	54	IF-2	25	GKD-1	47	TØ-2	38	D-3	97
JØ-1	34	GF-1	53	IF-1	38	GI-1	205	BØ-1	28	DD-1	107
KF-2	7	GF-3	15,3	ID-1	29	LA-1	105	HO-1	25		
KF-1	17	GF-2	41	ID-2	8,1	LF-1	85	OF-5	199		
KF-3	22	I-1	51	R-5	33	SAF-1	55	LØ-1	66		
H-1	343	GF-4	34	SF-2	68	TF-1	44	SAN-8	73		
RA-1	120	S-9	95	GFD-3	42	TF-2	54	SAN-3	47		

4.2.2 Metode

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vannrett hus på en rigg med tre ben, Figur 2. 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. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet.

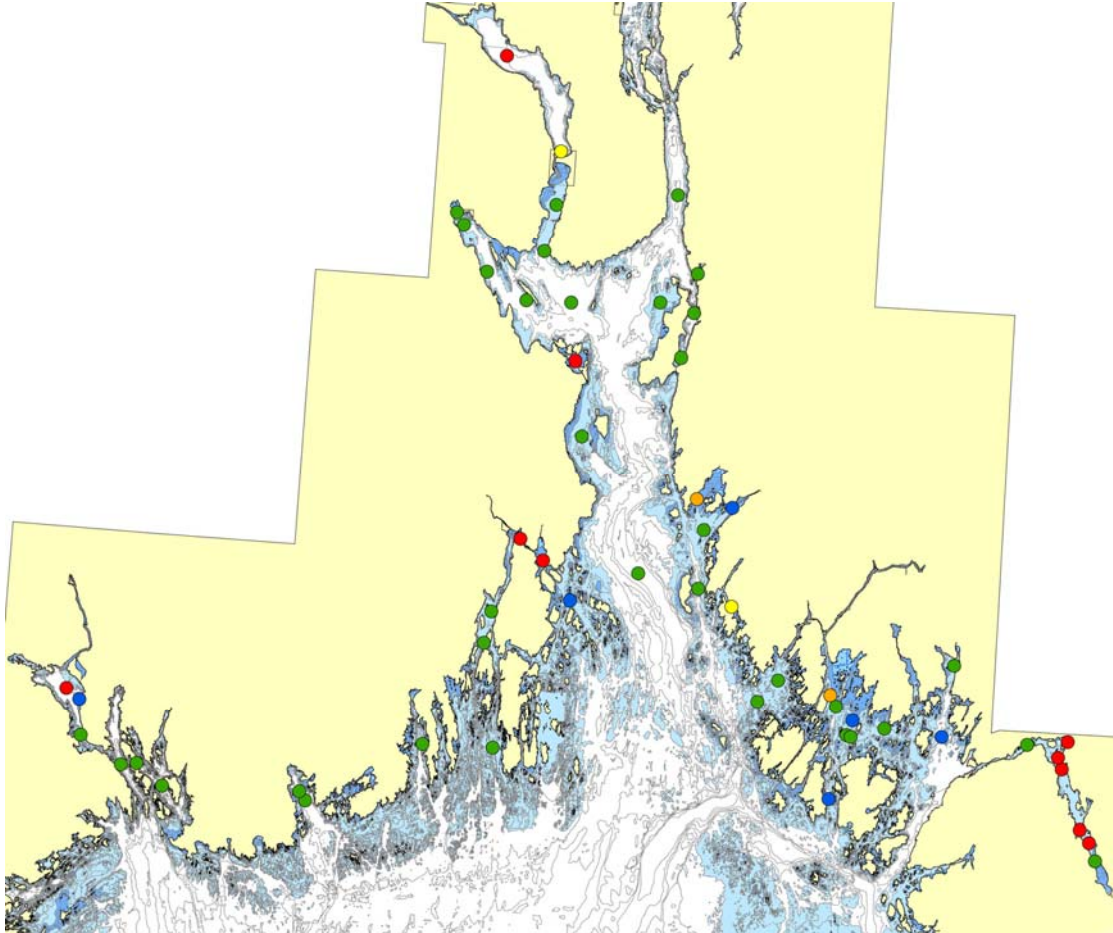


Figur 29. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Kamera og rigg over bunnen (SS = sediment overflate og aRPD = grense mellom det bioturberte oksiderte sediment lagret og reduserende sediment [apparent redox potential discontinuity]). (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og bildet eksponeres. (C) Figuren over viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (Meget god) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert bioturbert sediment og sorte reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitets indeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m er i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004, Nilsson & Rosenberg 2006).

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 (bløtbunnfauna, 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).

4.2.3 Resultater

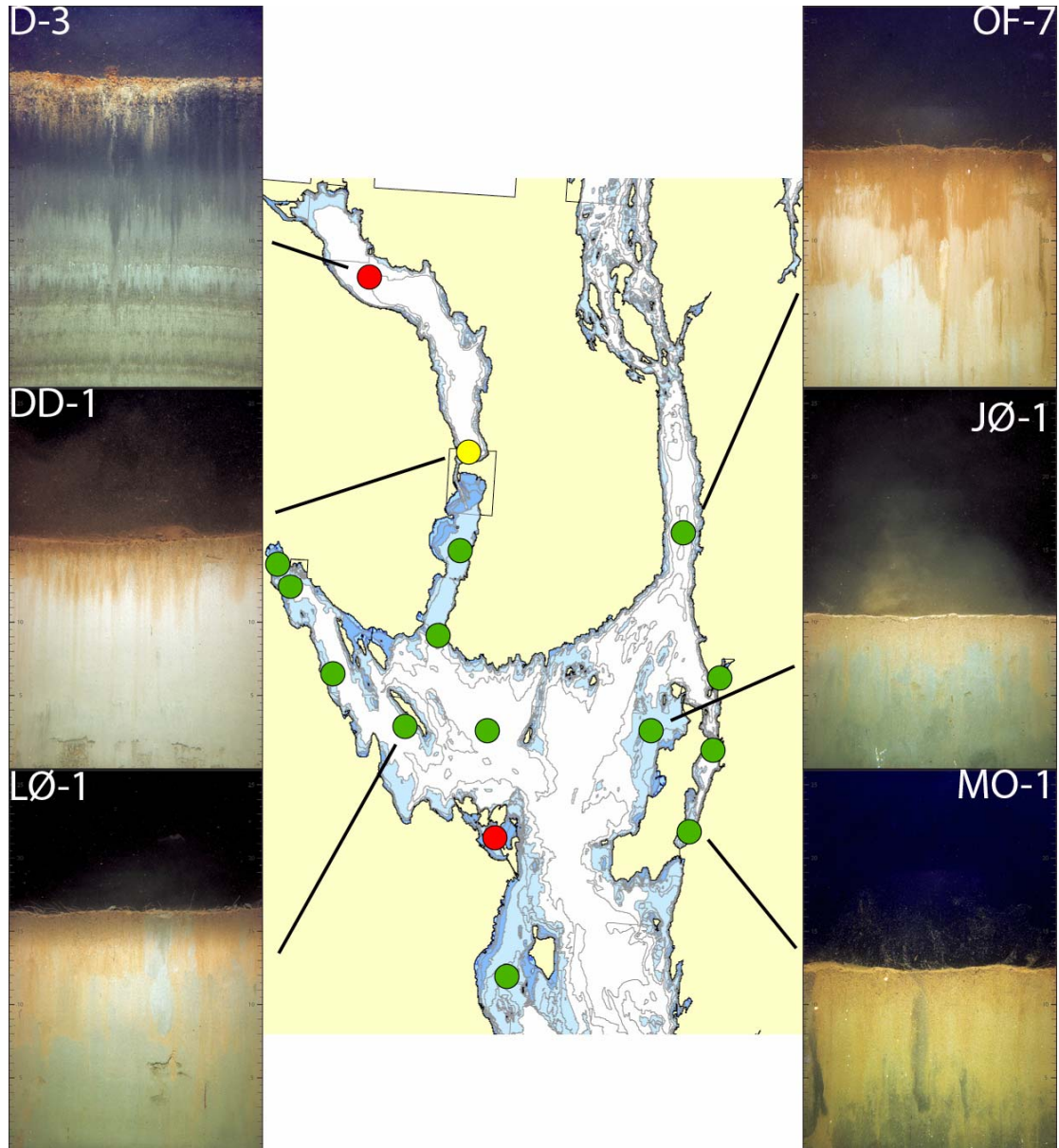
Analysen av sedimentprofilbilder i henhold til BHQ-indeksen er vist i Figur 30 - Figur 33. Generelt var bunnforholdene i de åpne delene av fjorden gode (Tilstandsklasse I og II). Dårligere forhold (Tilstandsklasse IV og V) ble observert, i de dypere delene av Frierfjorden, ved Tønsberg, Drammenfjorden, vest i Kurefjorden, i lokale dybdehull sør Fredrikstad og i Iddefjorden.



Figur 30. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 29, Rosenberg m. fl. 2004).

4.2.4 Indre del av fjord

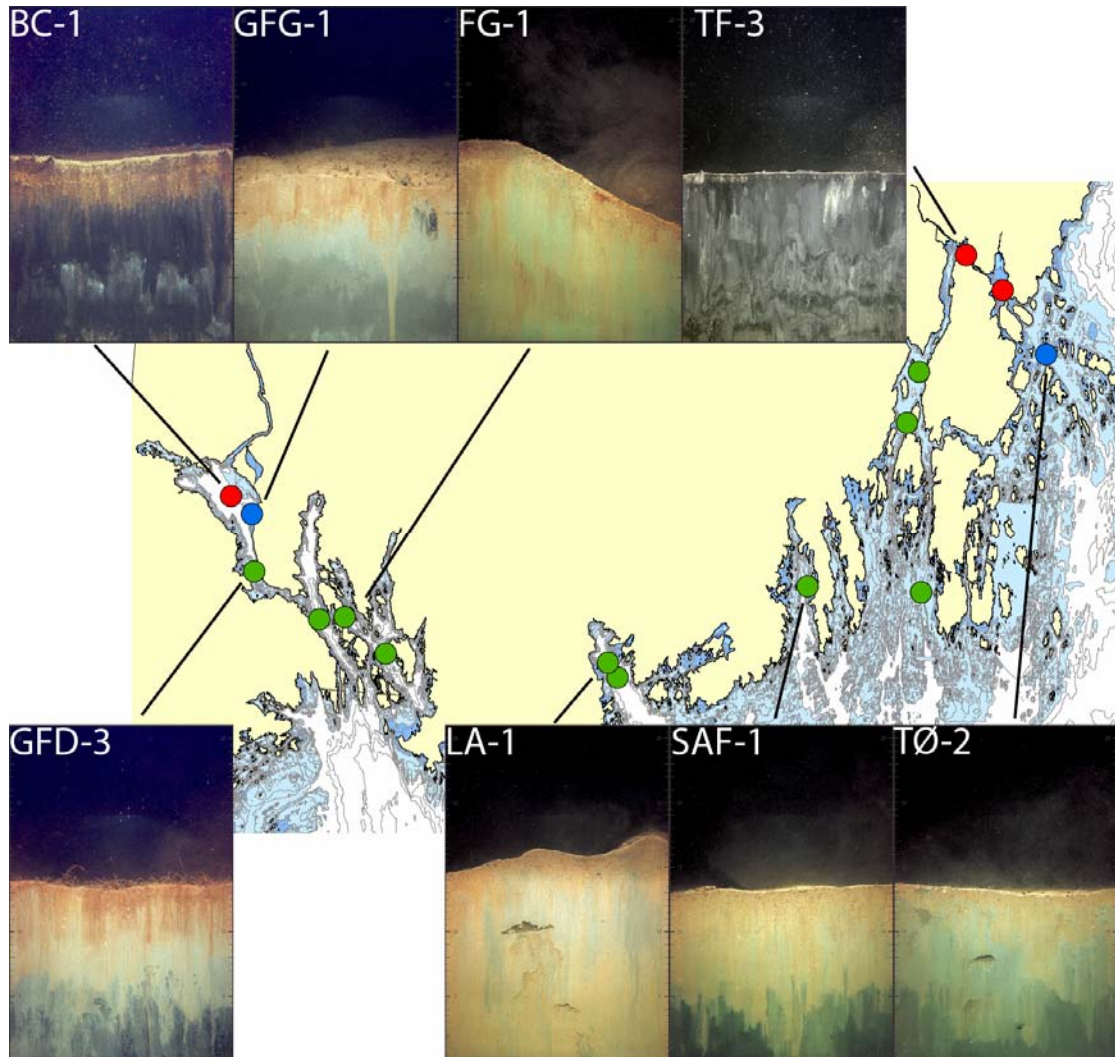
Figur 4 viser tilstandsklasse i henhold til BHQ indeksen og et eksempel bilde fra utvalgte stasjoner. I den indre delen av fjorden observertes dårligere forhold i de dype delene av Drammenfjorden og ved Sælavika ved Horten. Ved stasjon DD-1 midt i dypvannsdeponiet ved Drammenfjorden ble det observert en rekolonisasjon av sediment overflaten.



Figur 31. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 29, Rosenberg m. fl. 2004), og et eksempel SPI bilde fra utvalgte stasjoner.

4.2.5 Vestre del av fjord

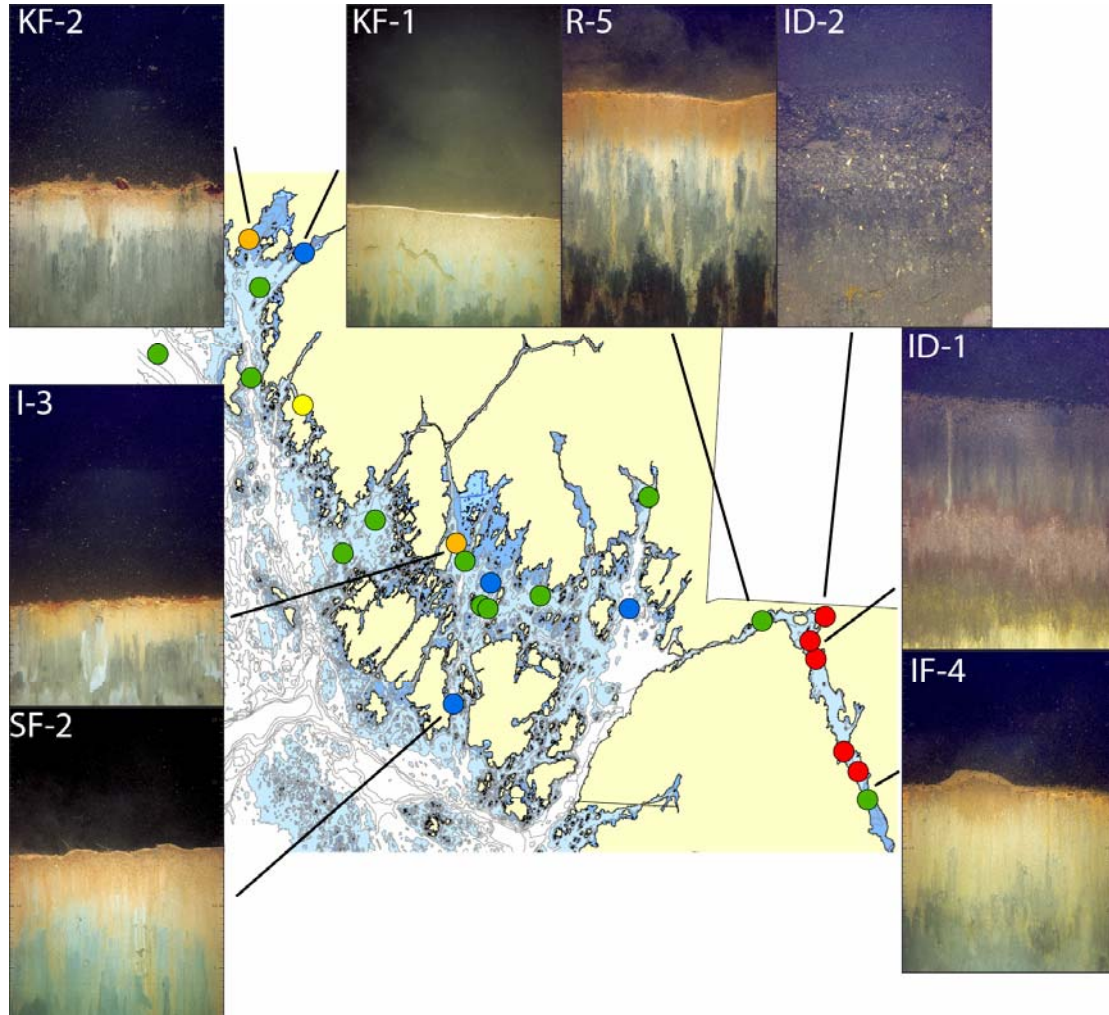
Figur 5 viser tilstandsklasse i henhold til BHQ indeksen og et eksempel bilde fra utvalgte stasjoner. Dårligere (reduerte) bunnforhold ble observert i de dypere delene av Frierfjorden (BC-1) og ved Trælekilen (TF-4) og indre havn (TF-3) ved Tønsberg. Fysisk forstyrrelse av sjøbunn ble observert ved stasjon (FG-1), som mest sannsynlig kan forklares av trålfiskeaktivitet i området.



Figur 32. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 29, Rosenberg m. fl. 2004), og et eksempel SPI bilde fra utvalgte stasjoner.

4.2.6 Østre del av fjord

Figur 6 viser tilstandsklasse i henhold til BHQ indeksen og et eksempelbilde fra utvalgte stasjoner. Bunnforholdene var svært dårlige i hele Iddefjorden på dyp dypere en 20m. I de dypeste områdene i fjorden og inne i Halden havn ble det observert tjukke sjikt av treflis i sedimentene.



Figur 33. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 29, Rosenberg m. fl. 2004), og et eksempel SPI bilde fra utvalgte stasjoner.

4.3 Sammenlikning med tidligere undersøkelser og oppsummering

2007 er det første året SPI-kameraet har blitt brukt for undersøkelser av forhold på bløtbunn i Ytre Oslofjord. Størsteparten av stasjonsutvalget i de årlige undersøkelsene er i og med årets innsamling konsentrert til mer kystnære innskjærs lokaler og prøver fra de dypere delene av fjorden vil bli innsamlet hvert 3. år (neste gang i 2008). I Tabell 10 er det laget en sammenligning av tilstandsklassifiseringen i noen av de tidligere undersøkelsene av bløtbunnsfauna og undersøkelsene i 2007 (SPI). Blant de undersøkelser som ikke er inkludert i sammenligningen, men som bør nevnes er faunaundersøkelser fra Frierfjorden (Rygg 2002) og fra stasjoner i Hvalerområdet (Berge et al. 2003).

Tabell 10. Sammenligning av SFTs klassifisering i hht univariate indekser mellom 2007 og tidligere års undersøkelser; stasjon, posisjon, dyp, BHQ og tilstandsklasse.

Stasjon	Latitud	Longitud	Dyp	BHQ	1989	1994	1997	2001	2002	2003	2004
BC-1	59,1041	9,6172	94	1,3					IV/V		
D-1	59,5316	10,4047	85	9,5				I/I			
FG-1	59,0390	9,7235	105	9,0					I/II		
H-1	59,2453	10,6094	343	10,0	I			I/II	II/II	II/II	I/I
I-1	59,1095	11,0019	51	9,3		I		I/I			
LA-1	59,0193	10,0518	105	10,7					I/I		
LØ-1	59,4859	10,3782	66	10,7							I/I
Ø-1	59,1365	10,8338	52	10,7				I/II	I/I		
OF-5	59,4866	10,4583	199	10,3			III	II/III	II/II		
OF-7	59,5907	10,6355	210	9,7			I	I/I			
R-5	59,1118	11,3137	33	7,7				II/III	III/III	II/II	III/III
SAN-3	59,5508	10,2576	47	11,0					I/I		
TØ-1	59,2026	10,3546	74	9,0					II/III		
1989	NIVA, H'-indeks (H-1, 306m dyp)										
1994	NIVA, H'-indeks (D6/I-1)										
1997	NIVA, H'-indeks										
2001	DNV H'/ES100-indeks										
2002	DNV H'/ES100-indeks										
2003	DNV H'/ES100-indeks										
2004	DNV H'/ES100-indeks										

Av de totalt 13 stasjoner fra årets tokt som er sammenliknet med tidligere undersøkelser, er 12 stasjoner i klasse II (god) og en stasjon i klasse V (meget dårlig). Tidligere års undersøkelser viser også meget dårlige forhold ved stasjon BC-1 (Frierfjorden) og bedre forhold ved de øvrige stasjonene, men med større variasjon (meget god - mindre god) ved de øvrige stasjonene.

Med bakgrunn i EUs vannrammedirektiv vil klassegrensen mellom klasse II (god) og III (mindre god) være av stor betydning siden dette er tilstandsgrensen for vurdering av tiltak. Foruten Frierfjorden (BC-1), er det ingen av de sammenlignede stasjonene som klasser likt med eller dårligere enn 'mindre god' i årets undersøkelse. Men SPI gir ikke en like presis beskrivelse som de komplette faunaundersøkelsene som har blitt gjennomført tidligere, og som viste at stasjonene R-5 og TØ-1 til dels lå under grensen for 'god'.

Årets undersøkelser peker på fem problemområder i henhold til klassegrensen mellom 'mindre god' og 'god'; Frierfjorden, Iddefjorden, Drammensfjorden, Tønsberg og Horten.

5. Sammenfattende vurdering

Jordbruk er den største kilden for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen (hhv 433 og 9606 tonn/år) til Ytre Oslofjord, og tilfører fjorden mer enn dobbelt av det befolkningen gjør.

For det meste er tilstanden på de undersøkte stasjoner i Ytre Oslofjord god, både i vannmassene og i bunnområdene. Det er noen områder som peker seg ut med redusert miljøtilstand i 2007:

I Drammensfjorden ble det påvist forhøyede mengder av næringssalter i vannmassene, unormalt store forekomster av grønnalger og blågrønnalger i strandsonen, meget dårlige oksygenforhold i bunnvannet og dårlige forhold i bunnsedimentene i de dypere områdene av fjorden. Fjorden er sterkt påvirket av Drammenselva og totaltilførslene i elva var større i 2006 enn i årene 2000-2005.

Iddefjorden og Ringdalsfjorden hadde også forhøyede næringssaltnivåer i vannet, i Iddefjorden var det meget dårlige oksygenforhold i bunnvannet og svært dårlige forhold i bunnsedimentene på dyp større enn 20 meter. Det utføres ikke biologiske registreringer i strandsonen i Iddefjorden og Ringdalsfjorden i dag, det anbefales at dette blir gjort i den fremtidige overvåkingen.

I Frierfjorden og Håøyfjorden ble det registrert noe forhøyede næringssaltnivåer i vannmassene, forhøyede grønnalgeforekomster i strandsonen (Langesundsfjorden) og dårlig til meget dårlig oksygentilstand i bunnvannet. I de dypere delene av Frierfjorden var det dårlige forhold i bunnsedimentene. Positivt for området er at det er registrert en avtagende trend i tilførslene av nitrogen via Skienselva.

Sandebukta og Horten hadde mindre god tilstand (kl III) i forhold til nitratinnhold i vannmassene. I Horten var det dessuten meget dårlige oksygenforhold i bunnvannet og i bunnsedimentene. Strandsonestasjonen på Østøya utenfor Horten hadde et rikt mangfold av alger og dyr, men grønnalgeforekomstene på grunt vann indikerte noe næringssaltpåvirkning.

Nedre voksegrense for alger var relativt beskjeden (10-15m) men lik med det som er registrert på de mer beskyttede kystovervåkingsstasjonene i Ytre Oslofjord. Sammenlignet med undersøkelser fra 1947-52. Det var litt reduserte sukkertareforekomster på noen av stasjonene siden forrige dykkerundersøkelse i 2001, men tilstanden i Ytre Oslofjord er ikke dårligere enn i øvrige deler av Skagerrak.

Flere av dykkestasjonene har så lite egnet substrat for registrering at det bør vurderes å ta dem ut av programmet, eller flytte dem til mer egnede steder. De to nye dykkestasjonene, stasjon 26 og 27, er godt egnet til videre overvåking.

Generelt var bunnforholdene på bløtbunn i de åpne delene av fjorden gode (Tilstandsklasse I og II). Dårligere forhold (Tilstandsklasse IV og V) ble observert i de dypere delene av Frierfjorden, ved Tønsberg, i Drammensfjorden, vest i Kurefjorden ved Larkollen, på lokale dybdehull sør for Fredrikstad og i Iddefjorden.

Bortsett fra avgrensede lokale områder så er det Grenlandsfjordene, Drammensfjorden og Iddefjorden som peker seg ut som de mest belastede områder i Ytre Oslofjord.

6. Referanser

- Berge, J., Helland, A., Bokn, T., Magnusson, J., Rygg, B., Tjomsland, T., Walday, M., 2003. Utslipp til Glomma fra Borregaard Industries Ltd. - betydning for nedre Glomma og Hvalerområdet. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport l. nr OR-4637. 84 s.
- Bokn T. & Lein E. 1978. Long-term changes in fucoïd association of the inner Oslofjord, Norway. *Norw. J. Bot.*, 25, 9-14.
- DNV 2006. Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Femårsrapport 2001 – 2005. Det Norske Veritas, rapport nr. 2006-0831. 127s.
- DNV 2002. Overvåking av eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delrapport: gruntvann 2001. Det Norske Veritas, rapport nr. 2002-0364. 51s.
- Fredriksen S, Rueness J. 1990. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord 1989. Benthosalger i Ytre Oslofjord. NIVA-rapport 2388. Statlig program for forurensning, rapport 397/90. 63s.
- Gitmark JK, Nilsson HC, Pedersen A, Walday M (2008) Overvåking av Ytre Oslofjord - Bentosundersøkelser. Fagrapport. NIVA-rapport 5545-2008. 47s.
- Moy, F., Aure, J. (HI), Falkenhaus, T. (HI), Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Norderhaus, K., Omli, L. (HI), Pedersen, A., Rygg, B. 2008. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007. NIVA-rapport 5612-2008. 81s.
- Nilsson HC, Rosenberg R (1997) Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *Journal of Marine Systems* 11:249-264
- Nilsson HC, Rosenberg R (2006) Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. NIVA Report No. 5200-2006, Sidor 26
- Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 16:229-311
- 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., 2002. Bløtbunnsfauna i Frierfjorden etter fem år med stagnant dypvann. Undersøkelser våren 2001. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport l. nr OR-4522. 20 s.
- Rygg, B., 2001. Bløtbunnsfauna i dype områder i ytre Oslofjord. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport l. nr OR-4419. 29 s.
- Selvik, J.R., Tjomsland, T og Eggestad, H.O., 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2006. Niva rapport 5512-2007. 66 s.
- Selvik, J.R., Tjomsland, T., Borgvang, S.A., & Eggestad, H.O., 2006. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder i 2005, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL2. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr 973/2006. TA-2211/2006. 57 pp

Skarbøvik, E. (Bioforsk), Stålnacke, P.G. (Bioforsk), Kaste, Ø. (NIVA), Selvik, J.R. (NIVA), Borgvang, S.A. (Bioforsk), Tjomsland, T. (NIVA), Høgåsen, T. (NIVA) og Beldring, S. (NVE), 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2006. Niva report 5511-2007. 142 s.

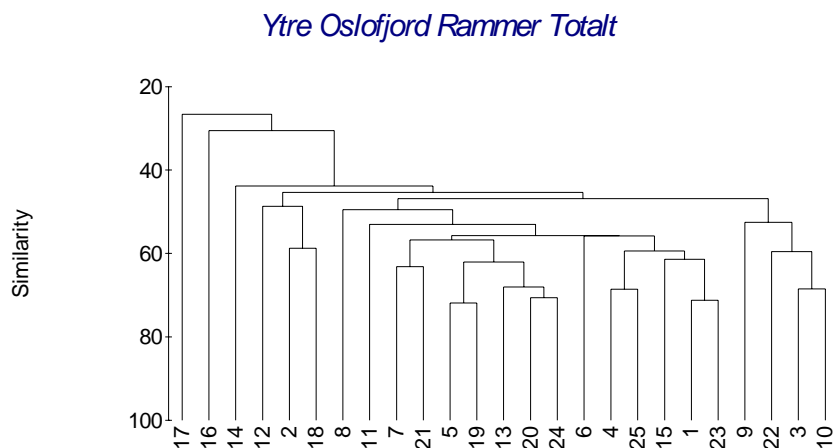
Vedlegg A. Resultater fra rammeregistreringene

Tabell 11. Antall arter/kategorier (S), snitt dekningsgrad (%) pr ramme av de enkelte arter/kategorier (N)⁴, dominans (D), jevnhet (J') og diversitet (H') på hver av de 25 rammestasjonene i 2007. NB! på stasjon 16 registreres kun ett nivå (nivå 1).

stasjon	S	N	D	J'	H'(loge)
1	20	101	3,168	0,7266	2,177
2	24	98	3,855	0,6731	2,139
3	21	60	3,652	0,5658	1,723
4	29	68	4,999	0,6035	2,032
5	31	79	5,213	0,5196	1,784
6	38	100	6,177	0,551	2,004
7	36	66	6,276	0,4669	1,673
8	41	94	6,75	0,6559	2,436
9	20	79	3,301	0,5695	1,706
10	16	59	2,745	0,5589	1,55
11	38	156	5,75	0,6395	2,326
12	10	68	1,608	0,7819	1,8
13	30	125	4,667	0,6	2,041
14	40	93	6,587	0,7304	2,694
15	23	83	3,794	0,572	1,793
16	16	59	3,148	0,7554	2,094
17	31	125	4,826	0,7492	2,573
18	13	83	2,067	0,7027	1,802
19	36	89	5,963	0,6306	2,26
20	28	103	4,484	0,6325	2,107
21	21	112	3,278	0,7226	2,2
22	10	63	1,626	0,7365	1,696
23	14	103	2,16	0,6088	1,607
24	18	92	2,879	0,7242	2,093
25	21	101	3,334	0,6285	1,914

Hvis vi velger å kun analysere primærprodusentene så får vi mye av det samme bildet som i Figur 21; stasjon 16, 17 og 14 skiller seg mest ut (Figur 34). Stasjon 17 hadde omtrent gjennomsnittlig antall arter, men svært høy dekningsgrad av sjøris (*Ahnfeltia plicata*), krusflik (*Chondrus crispus*), fjærepyttsnøre (*Chaetomorpha aerea*), krasing (*Corallina officinalis*) og svartdokke (*Polysiphonia nigrescens*) i forhold til de andre stasjonene. Stasjon 14 på Bevøya hadde det høyeste antall algetaxa. Stasjon 8 ytterst i Sandefjordsfjorden skiller seg også noe ut med mye krasing i forhold til de andre stasjonene. Stasjon 11 utenfor Larvik skiller seg ut som stasjonen med høyest dekningsgrad av alger (N=527), hvorav fjæreblod (*Hildenbrandia rubra*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) utgjør størstedelen. Stasjon 9 i Sandefjordsbukta skiller seg noe ut fordi den hadde høyest dekningsgrad av vanlig tarmgrønske (N=104,75). Heller ikke for algene var det klare grupperinger av stasjonene etter faktorene: øst-vest i fjorden, bølgeeksponering, indre-ytre fjord eller stasjonens himmelretning (mds-plott ikke vist).

⁴ Kan overstige 100% fordi organismene ofte vokser i flere lag (strata)



Figur 34. Dendrogram som viser resultatene fra en klusteranalyse av samtlige algedata fra rammeregistreringene.

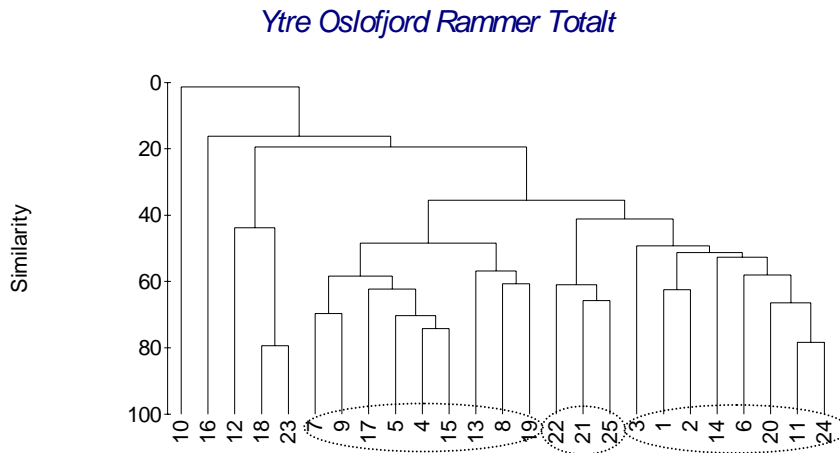
Stasjon 10 og 16 skiller seg mest ut hvis man bare inkluderer dyrene i analysene (Figur 35). Stasjon 10 i Larviksfjorden hadde veldig mye sediment på bunnen (N=98) og kun 4 registrerte dyrearter med dekningsgrad >1. På stasjon 16 ble som nevnt kun registrert i nivå 1. Stasjon 12 i Langesundsfjorden hadde kun 2 dyrearter og i tillegg lav dekningsgrad (N=3). Stasjon 18 og 23 var like og hadde få arter og lav dekningsgrad (hhv. 3 arter, N=16 og 3 arter, N=15) hvor skipsrur (*Balanus improvisus*) utgjorde det meste. Skipsruren er en art som klarer seg godt i ferskvannspåvirkede områder, og forekomster av denne rurarten indikerer ferskvannspåvirkning.

I tillegg til de nevnte forhold kan en i dendrogrammet (Figur 35)) identifisere tre relativt tydelige grupper med stasjoner. Disse er indikert i figuren. Hovedforskjellen mellom de tre gruppene er forekomstene av rur og blåskjell (*Mytilus edulis*). Gruppen med stasjon 7, 9, 17, 5, 4, 15, 13, 8, og 19 har en strandsone dominert av fjærerur (*Balanus balanoides*) og med relativt lite blåskjell. Gruppen med stasjon 22, 21 og 25 har kun skipsrur i fjæra. Den siste gruppen, bestående av stasjon 3, 1, 2, 14, 6, 20, 11 og 24 har en strandsone dominert av blåskjell og med mindre mengder rur tilstede.

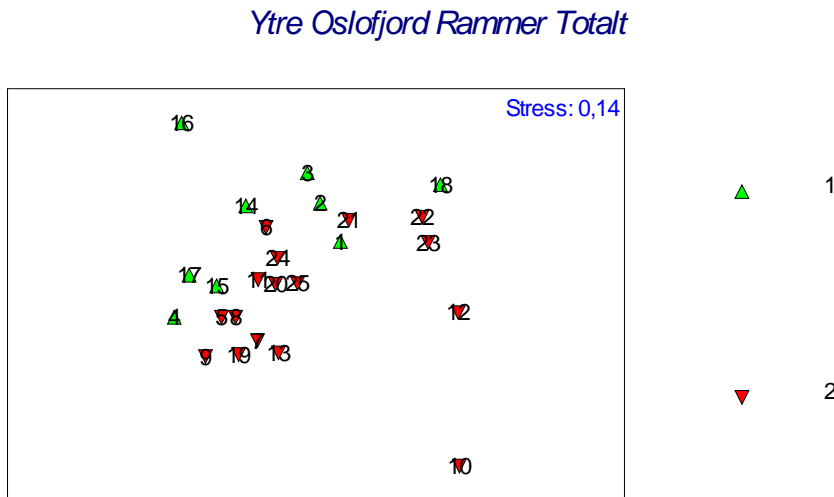
I mds-plottet i Figur 36 kan man ane en gruppering av stasjonene etter faktor indre og ytre stasjoner når kun dyrene er inkludert i analysen. Det er også her forekomsten av rur og blåskjell som er bestemmende for denne grupperingen (Tabell 12).

Tabell 12. Sammenligning av registreringer på indre og ytre stasjoner (SIMPER). Tabellen viser forekomsten av de 5 viktigste taxa/kategorier for grupperingen indre-ytre for dyr i fjæra.

Taxa/kategori	Forekomst indre	Forekomst ytre
Fjærerur (<i>Balanus balanoides</i>)	25,08	26,10
Blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>)	19,72	16,42
Skipsrur (<i>Balanus improvisus</i>)	5,54	19,74
Mosdyr (<i>Electra crustulenta</i>)	9,07	4,50
Bjellehydroide (<i>Laomedea geniculata</i>)	4,38	0,99



Figur 35. Dendrogram som viser resultatene fra en klusteranalyse av samtlige dyredata fra rammeregistreringene.

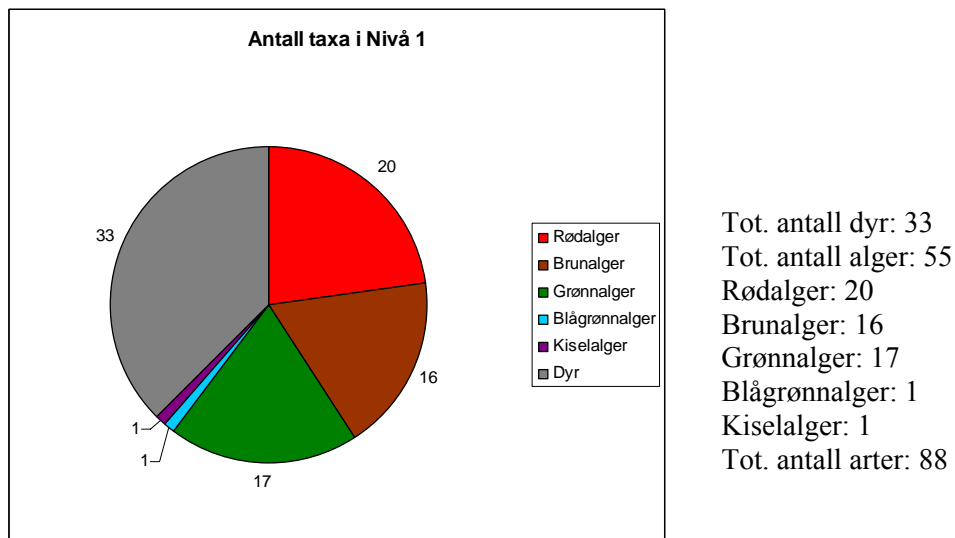


Figur 36. MDS-plott av rammestasjonene med kun data på dyr inkludert. 1= indre fjord, 2= ytre fjord.

Nivå 1

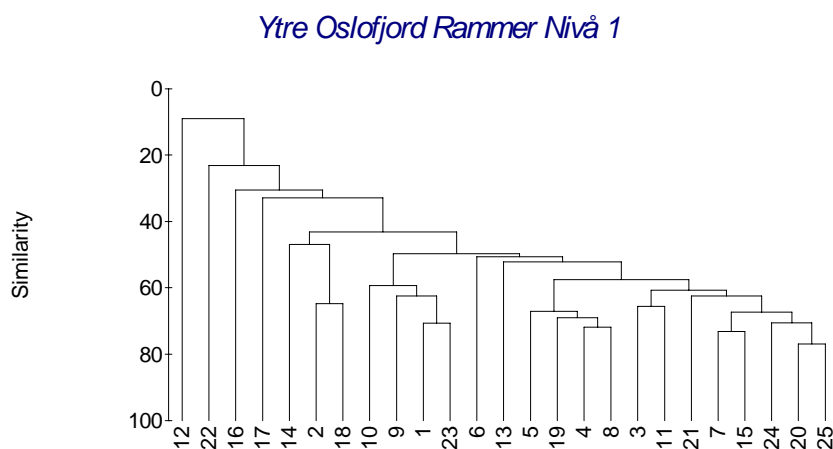
Her er kun registreringer fra øvre nivå (nivå 1) fra de 25 rammestasjonene inkludert i analysene. Det var 88 antall arter/taxa i øvre nivå i strandsonen i 2007. Artenes fordeling på ulike kategorier er vist i Figur 37.

Den gjennomsnittlige fordelingen av algeklassene rød, brun og grønn i øvre fjærenivå på stasjonene i Ytre Oslofjord i 2007 var 38 : 30 : 32 %. Dette antyder noen flere grønnalgearter og færre brunalgearter enn normalt forekommende i områder uten næringssaltpåvirkning.



Figur 37. Antall arter/taxa i rammene på nivå 1 i 2007 fordelt på 6 ulike kategorier

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) avdekket at stasjon 12, 22, 16 og 17 skiller seg mest ut i nivå 1 (Figur 38). Stasjon 16 og 17 er forklart tidligere. Stasjon 12 i Langesundsfjorden er eneste stasjon uten blæretang, stasjon 22 nord for Kirkøy hadde svært lite blæretang; N=1. De to hadde også lavest antall taxa av alger og dyr i øvre fjæresone, hhv. 12 og 22. Stasjon på Bevøya 14 skiller seg noe ut med mye brunt på fjell (N=25,3) og grønnalgen silkegrønndusk (*C. sericea*, N=17,5). Likhetsanalysen med bare alger inkludert gir det samme bildet og er derfor ikke vist her.



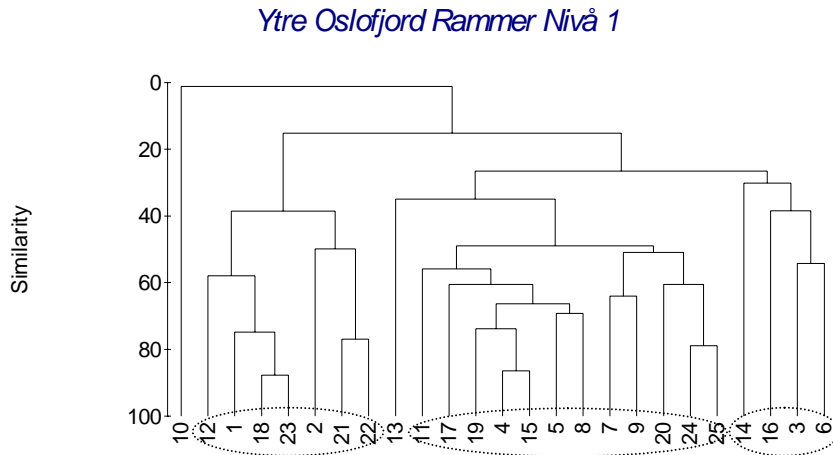
Figur 38. Dendrogram fra klusteranalyse av alger og dyr i nivå 1.

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på kun dyr i øvre fjære gir et litt annerledes bilde (Figur 39). Stasjon 10 i Larviksfjorden skiller seg mest ut grunnet mye sediment på bunnen og kun én dyreart (ruren *B. improvisus*) med >1 i dekningsgrad. Stasjon 1 i ytre Drammensfjord, 18 ved Svelvik og 23 i Løperen hadde få arter (hhv. 2, 2 og 1) med liten dekningsgrad (hhv. N=2, 8 og 5). *Balanus improvisus* utgjorde så godt som alt på disse stasjonene. Stasjon 4 ved Åsgårdstrand og 15 ved Kambo inneholdt de samme artene, og med omtrent lik dekningsgrad.

I tillegg til de nevnte forhold kan en i dendrogrammet (Figur 39) identifisere tre relativt tydelige grupper med stasjoner. Disse er indikert i figuren. Hovedforskjellen mellom de tre gruppene er

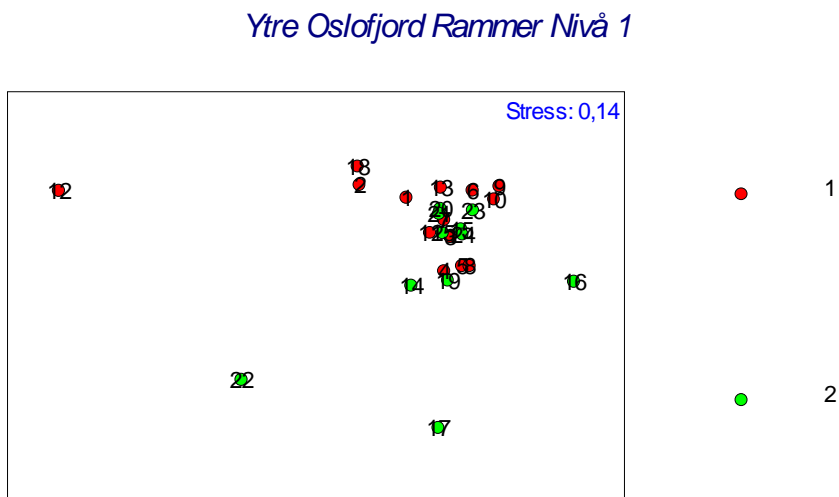
forekomstene av rur og blåskjell (*Mytilus edulis*); i gruppen med stasjon 12, 1, 18, 23, 2, 21 og 22 forekommer rurarten *B. improvisus*, men ikke blåskjell. I den største gruppen med stasjon 11, 17, 19, 4, 15, 5, 8, 7, 9, 20, 24 og 25 er det fjærerur (*B. balanoides*) som dominerer, mens gruppen med stasjon 14, 16, 3 og 6 har lite rur men mye blåskjell i fjæra.

Det var ingen klare grupperinger av stasjonene etter faktorene: øst-vest i fjorden, bølgeeksponering, indre-ytre fjord eller stasjonens himmelretning (mds-plott ikke vist).



Figur 39. Dendrogram fra klusteranalyse av dyr i nivå 1.

I mds-plottet i Figur 40 kan man ane en gruppering av stasjonene etter faktor vestlige stasjoner (1) – østlige stasjoner (2) når kun algene i nivå 1 er inkludert i analysen. I forhold til bølgeeksponering (Figur 41) er det eneste mønsteret at de to stasjonene med høy bølgeeksponering (3) har en lik artssammensetning (st. 14 og 19). Det er også en tendens til gruppering i forhold til ytre og indre stasjoner (Figur 42). De indre stasjonene var i mindre grad like hverandre enn de ytre.



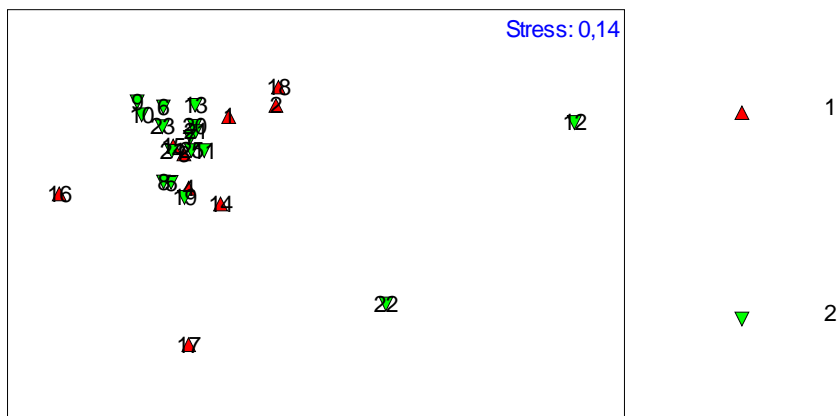
Figur 40. MDS-analyse av alger i nivå 1. Faktor: 1=vest, 2=øst.

Ytre Oslofjord Rammer Nivå 1



Figur 41. MDS-analyse av alger i nivå 1. Faktor: 1=liten bølgeeksponering, 2=middels bølgeeksponering, 3=høy bølgeeksponering.

Ytre Oslofjord Rammer Nivå 1

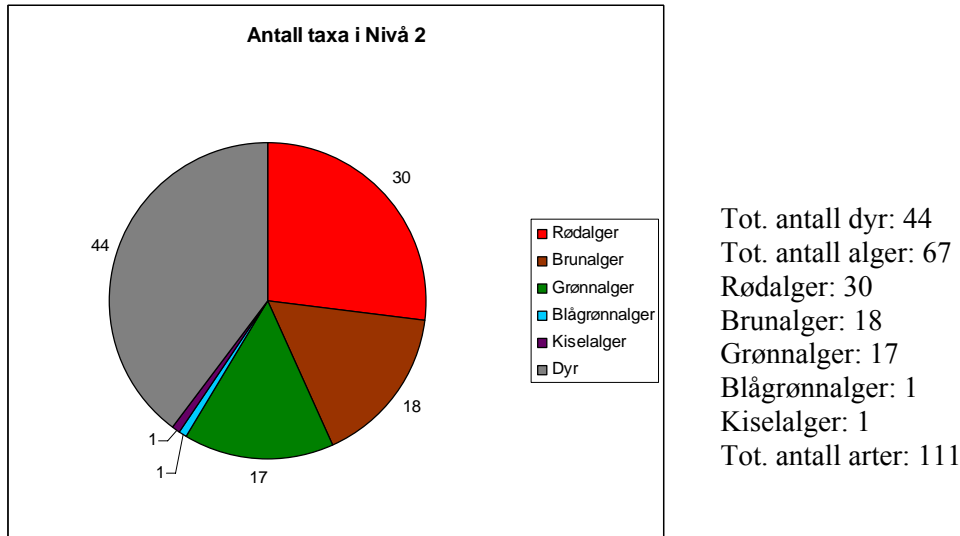


Figur 42. MDS-analyse av alger i nivå 1. Faktor: 1=indre stasjoner, 2=ytre stasjoner.

Nivå 2

Her er kun registreringer fra nedre nivå (nivå 2) fra de 25 rammestasjonene inkludert i analysene. Det var 111 antall arter eller taxa i nedre nivå i strandsonen i 2007. Artenes fordeling på ulike kategorier er vist i Figur 43.

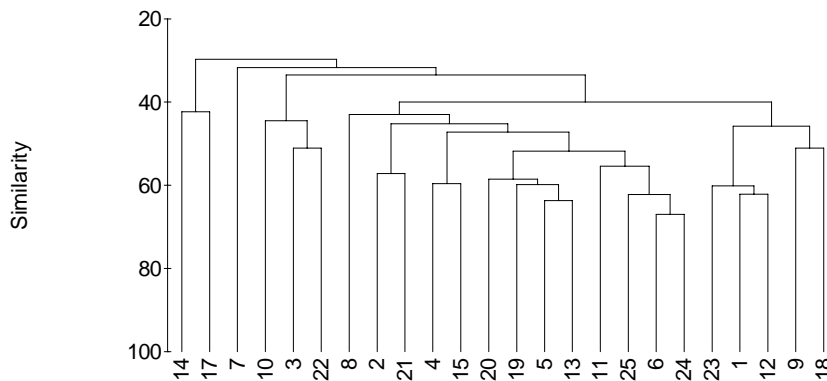
Den gjennomsnittlige fordelingen av algeklassene rød, brun og grønn på nivå 2 på stasjonene i Ytre Oslofjord er hhv. 46, 28 og 26%. Dette er en antydning til flere grønnalgearter og færre brunalgearter i Ytre Oslofjord i 2007 enn det som normalt er forekommende i områder uten næringssaltpåvirkning.



Figur 43. Antall arter/taxa i rammene på nivå 2 i 2007 fordelt på 6 ulike kategorier

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på alger og dyr i nivå 2 viser at stasjon 14 på Bevøya og 17 utenfor Rygge skiller seg ut fra de andre og er svakt koblet (Figur 44). Begge hadde stor dekning av fjæreplytsnøre (*C. aerea*) i forhold til de andre stasjonene (st 14-N=11, st 17-N=25,3). Stasjon 17 hadde stor dekning av sjøris (*A. plicata*, N=63) og liten dekning av blæretang (N=~4) i forhold til de andre stasjonene. Stasjon 14 hadde mye kiselalger (N=25,5). Eneste andre stasjon med mye kiselalger var st 18 ved Svelvik med N=5. Begge stasjonene hadde også stor dekning av fjæreskorpe (*Ralfsia verrucosa*, st. 14-N=14,5, st. 17-N=44). Stasjon 25 på Hvaler hadde også en del fjæreskorpe (N=12) Stasjon 7 ved Tjøme skiller seg ut med minst dekningsgrad av blæretang (N=2). Det er ingen klare grupperinger av stasjonene etter faktorene: øst-vest i fjorden, bølgeeksponering, indre-ytre fjord eller stasjonens himmelretning (mds-plott ikke vist).

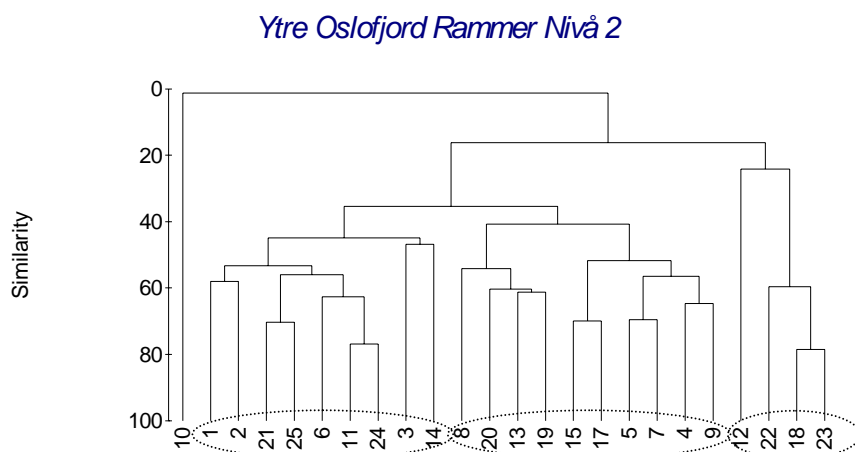
Ytre Oslofjord Rammer Nivå 2



Figur 44. Dendrogram fra klusteranalyse av alger og dyr i nivå 2.

Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på kun dyr i nivå 2 viser at stasjon 10 i Larviksfjorden skiller seg tydelig ut (Figur 45), dette skyldes mye sediment på bunnen (N=98) – eneste stasjon med dette. Stasjon 12 i Langesundsfjorden skiller seg også en del ut og dette skyldes at der kun var én dyreart, mosdyret *Electra pilosa*, med dekning på N=3. Stasjon 18 ved Svelvik og 23 i Løpern hadde få arter med lav dekningsgrad (hhv. 2 arter-N=8 og 3 arter-N=10).

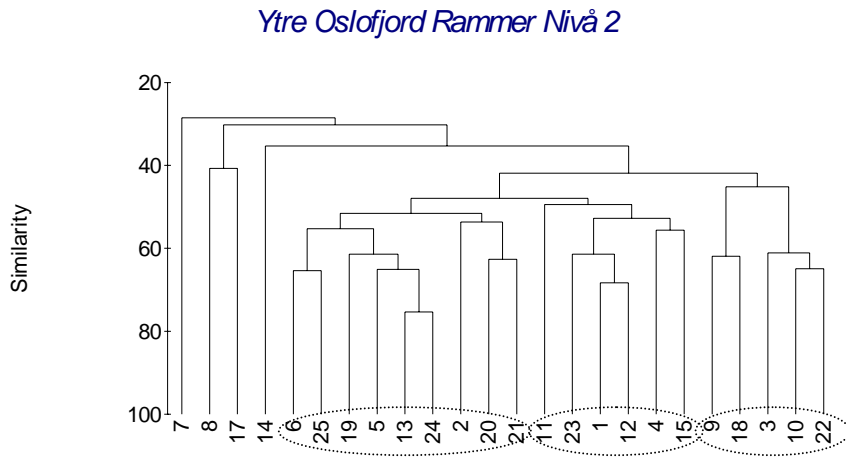
I tillegg til de nevnte forhold kan en i dendrogrammet (Figur 45) identifisere tre relativt tydelige grupper med stasjoner. Disse er indikert i figuren. Hovedforskjellen mellom de tre gruppene er også her forekomstene av rur og blåskjell (*Mytilus edulis*); i gruppen med stasjon 1, 2, 21, 25, 6, 11, 24, 3 og 14 forekommer blåskjell med størst tallrikhet, men også rurarten *B. improvisus*. Gruppen med stasjon 8, 20, 13, 19, 15, 17, 5, 7, 4 og 9 domineres av fjærerur (*B. balanoides*) men inneholder også noe blåskjell. Gruppen med stasjon 12, 22, 18 og 23 inneholder stasjoner med forekomst av *B. improvisus*, men ingen blåskjell.



Figur 45. Dendrogram fra klusteranalyse av dyr i nivå 2.

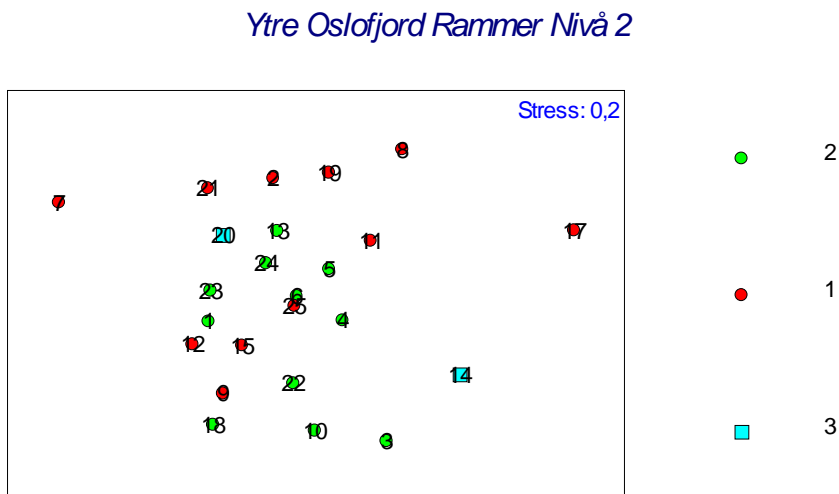
Likhetsanalysene (Bray-Curtis) på kun alger i nivå 2 viser at stasjon 7 ved Tjøme skiller seg mest ut (Figur 46), og dette skyldes at den har lavest dekningsgrad av blæretang (N=2). Stasjon 8 i Sandefjordsfjorden og 17 utenfor Rygge er svakt koblet og skiller seg også ut fra de andre. Disse to stasjonene hadde størst forekomster av sjøris (*A. plicata*, hhv. N=14,5 og N=63). De var også de eneste stasjonene hvor krasing (*C. officinalis*) var vanlig (hhv. N=27,75 og N=~29). Stasjon 17 skiller seg også ut med små forekomster av blæretang og stasjon 14 Bevøya skiller seg ut fordi den inneholdt mye kiselagler (N=25,5).

Også her kan en identifisere tre grupper med stasjoner i dendrogrammet (Figur 46). Disse er indikert i figuren. Hovedforskjellen mellom de tre gruppene er forekomstene av blæretang og sagtang. Gruppen med stasjonene 6, 25, 19, 5, 13, 24, 2, 20 og 21 har gode forekomster av både blæretang og sagtang. Stasjon 11, 23, 1, 12, 4 og 15 har også gode forekomster av blæretang, men langt mindre av sagtang. Gruppen bestående av stasjon 9, 18, 3, 10 og 22 har mindre forekomster av blæretang og mangler sagtang.



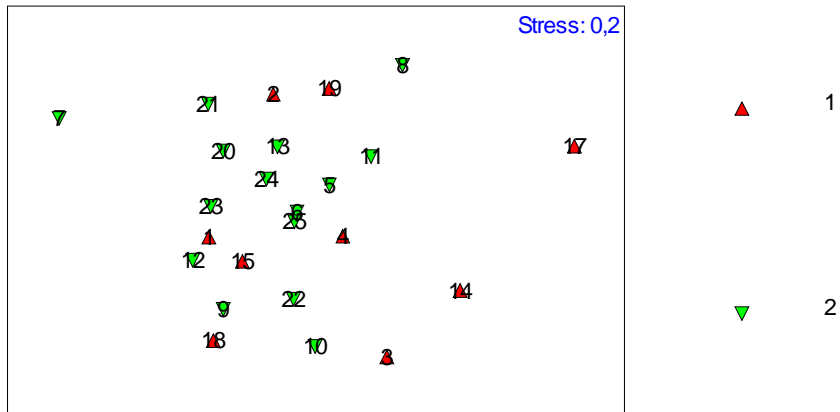
Figur 46. Dendrogram fra klusteranalyse av alger i nivå 2.

Mds-plottet i Figur 47 antyder en gruppering av stasjonene med medium eksponering (2) og Figur 48 en svak gruppering av de ytre stasjonene (2).



Figur 47. MDS-analyse av alger i nivå 2. Faktor: 1=liten bølgeeksponering, 2=middels bølgeeksponering, 3=høy bølgeeksponering. Stress=0,2 indikerer en svak representativitet av resultatene i 2 plan.

Ytre Oslofjord Rammer Nivå 2



Figur 48. MDS-analyse av alger i nivå 2. Faktor: 1=indre stasjoner, 2=ytre stasjoner. Stress=0,2 indikerer en svak representativitet av resultatene i 2 plan.

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no