



OVERVÅKING AV EUTROFITILSTANDEN I YTRE OSLOFJORD

SAMLERAPPORT 2001

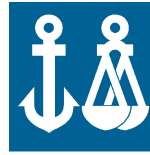


RAPPORT NR. 2002-0365

REVISJON NR. 01



DET NORSKE VERITAS



SAMLERAPPORT 2001



Dato for første utgivelse: 2002-06-18	Prosjekt nr.: 59000343	DET NORSKE VERITAS AS DNV Consulting SA SHE Management Veritasveien 1, 1322 HØVIK, Norge Tel: +47 67 57 99 00 Fax: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. NO:NO 945 748 931 MVA
Godkjent av: Christian Rafn Service Area Leader	Organisasjonsenhet: Miljørådgivning, CONNO651	
Oppdragsgiver: Fagråd for Ytre Oslofjord / Statens forurensningstilsyn	Oppdragsgiver ref.: Bjørn Svendsen / Tor Johannessen	
Sammendrag: Fagrådet for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord for år 2001. Programmet er planlagt videreført i første omgang til år 2005. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden. Overvåkingen i 2001 omfattet ikke sjøområdene i Telemark. Programmet omfattet vannkvalitet, gruntvannssamfunn og bløtbunnsfauna. Undersøkelsene av <i>vannkvalitet</i> gikk over hele året, men med ulik intensitet i delområder. Totalt 29 stasjoner fordelt over hele området ble besøkt seks ganger i sommersesongen. Stasjoner i hovedfjorden og Hvalerområdet ble besøkt tre ganger i løpet av vinteren og stasjonene i Hvalerområdet ble besøkt også i høst- og vårsesongene. Hydrografi, næringsalter, oksygen, klorofyll og algeplankton inngikk som overvåkingsparametre. Tolv <i>gruntvannsstasjoner</i> ble undersøkt fordelt med seks på hver side av fjorden. Det ble gjennomført både ruteanalyser i fjæra og transektanalyser med dykker. <i>Bløtbunnsfaunaen</i> ble undersøkt på åtte stasjoner fordelt på de største bassengene i fjorden. Drammensfjorden ble ikke undersøkt fordi denne er anoksisk. Generelt framsto tilstanden i hovedfjorden som meget god til god i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det ble observert noe økt eutrofiering innover i fjorden og spesielt i lokale mer innelukkede fjordavsnitt.		

Rapport nr.: 2002-0365	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord Samlerapport 2001		
Utført av: Egil Dragsund, Karl Tangen, Tor Jensen		
Verifisert av: Sam-Arne Nøland		
Dato for denne revisjon: 2002-06-18	Rev. nr.: 01	Antall sider: 47

Indekseringstermer

Eutrofiering
Vannkvalitet
Bunnsfauna
Gruntvann

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon

<i>Innholdsfortegnelse</i>	<i>Side</i>
1 SAMMENDRAG	1
2 INNLEDNING	3
3 TILFØRSLER	5
3.1 Næringssalter	5
4 VANNKVALITET	9
4.1 Hydrografi	9
4.2 Oksygenforhold	11
4.3 Næringssalter og algeplankton	16
4.3.1 Næringssalter	16
4.3.2 N/P forhold	18
4.3.3 Siktedyp	20
4.3.4 Klorofyll-a	21
4.3.5 Algeplankton	23
4.3.6 Sammendrag næringssalter og algeplankton	26
4.4 Foreløpige konklusjoner	29
5 GRUNTVANSSAMFUNN	30
5.1 Beskrivelse av gruntvannssamfunnet	30
5.2 Analyse av gruntvannssamfunnet	33
5.3 Foreløpige konklusjon	37
6 BLØTBUNNSFAUNA	38
6.1 Resultater og diskusjon	38
6.2 Sammenligning med tidligere års undersøkelser	40
6.3 Likhetsanalyser	42
6.4 Foreløpig konklusjoner	44
7 REFERANSER	45



1 SAMMENDRAG

På oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn ble det gjennomført en overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord for år 2001. Programmet er planlagt gjennomført i første omgang fram til 2005. Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden.

Tilførsler av næringssalter fra norske kilder har siden 1985 blitt betydelig redusert. Reduksjonen i fosfortilførsler var vel 40% hovedsakelig pga. reduserte utslipp fra kommunale renselanlegg. Nitrogentilførslene var redusert med knapt 10% hovedsakelig pga. reduserte utslipp fra industri. Tilførslene fra landbruk var relativt stabile og var sammen med bakgrunnsavrenning den største lokale kilden. Samlede utslipp i 2000 ble beregnet til ca.690 tonn fosfor og ca. 24.900 tonn nitrogen. Utslippende fordelte seg slik i %:

Kilde	Fosfor (%)	Nitrogen (%)
Befolkning	16	17
Industri	11	3
Jordbruk	37	44
Bakgrunn	36	36

Langtransporterte tilførsler utgjør et betydelig større bidrag, spesielt i de åpne vannmasser. Det foreligger ikke beregninger for Ytre Oslofjord, men av nitrogentilførslene til Skagerrak utgjorde langtransporterte ca. 93% av totalt beregnede tilførsler.

En større innstrømning av atlantisk vann før første tokt hadde gitt ensartede hydrografiske forhold i hele fjorden under ca 20 m. Bortsett fra i de naturlige anoksiske bassengene Drammensfjorden og Horten hadde dette også ført til høyt oksygen-nivå i bassengvannet i hele området. Situasjonen tilsvarte det en observert i 1997. I løpet av 2001 ble oksygen-nivået redusert med noe ulik rate i de enkelte bassengene. En mindre utskiftning ble observert i løpet av høsten i de fleste bassengene. Generelt tilsvarte lavest observert nivå på de enkelte stasjonene tilstandsklasse *Meget god* eller *God* i henhold til SFT kriteriene og var sammenlignbare med foregående år (1999/2000).

Tilstanden til bunnfaunaen i bassengene gjenspeilte de relativt gode oksygenforholdene i løpet av foregående år og ble karakterisert som normal fjordfauna uten markert påvirkning. Artsmangfoldet tilsvarte tilstandsklasse *Meget god*, med unntak av tre bassenger hvor tilstanden ble karakterisert som *God*. Analysene tydet på en lett forstyrrelse av faunaen i disse tre bassengene. Tilstanden til Ringdalsfjorden var sannsynligvis forårsaket av lokale tilførsler, mens det i Breidangen og Hvalerdypet – Torbjørnskjær sannsynligvis var en kombinasjon av dyp og næringsforhold. Analysene viser at faktoren dyp er avgjørende for forskjellen i fauna mellom stasjonene.

Tilstanden med hensyn til nitrat i de øvre deler av vannmassene vinterstid ble karakterisert som *God* i åpne ytre deler av fjorden og *Mindre god/Dårlig* i indre deler og lokale resipienter. M.h.t. fosfat vinterstid var tilstanden *Meget god* til *God*. Sommerstid er situasjonen noe annerledes og variabel avhengig av oppblomstringer.

I de sterkt ferskvannspåvirkede lokale resipientene Hvalerområdet, Drammensfjorden og Sandebukta var forholdstallet mellom nitrogen og fosfor markert øket i forhold til normale verdier. Dette kan blant annet være grunnen til at man observerer en annen artsdominans i algeplanktonet enn i hovedfjorden. Innenskjærs områder og skjærgården i Østfold, og til en viss grad også i Vestfold, er det trekk ved



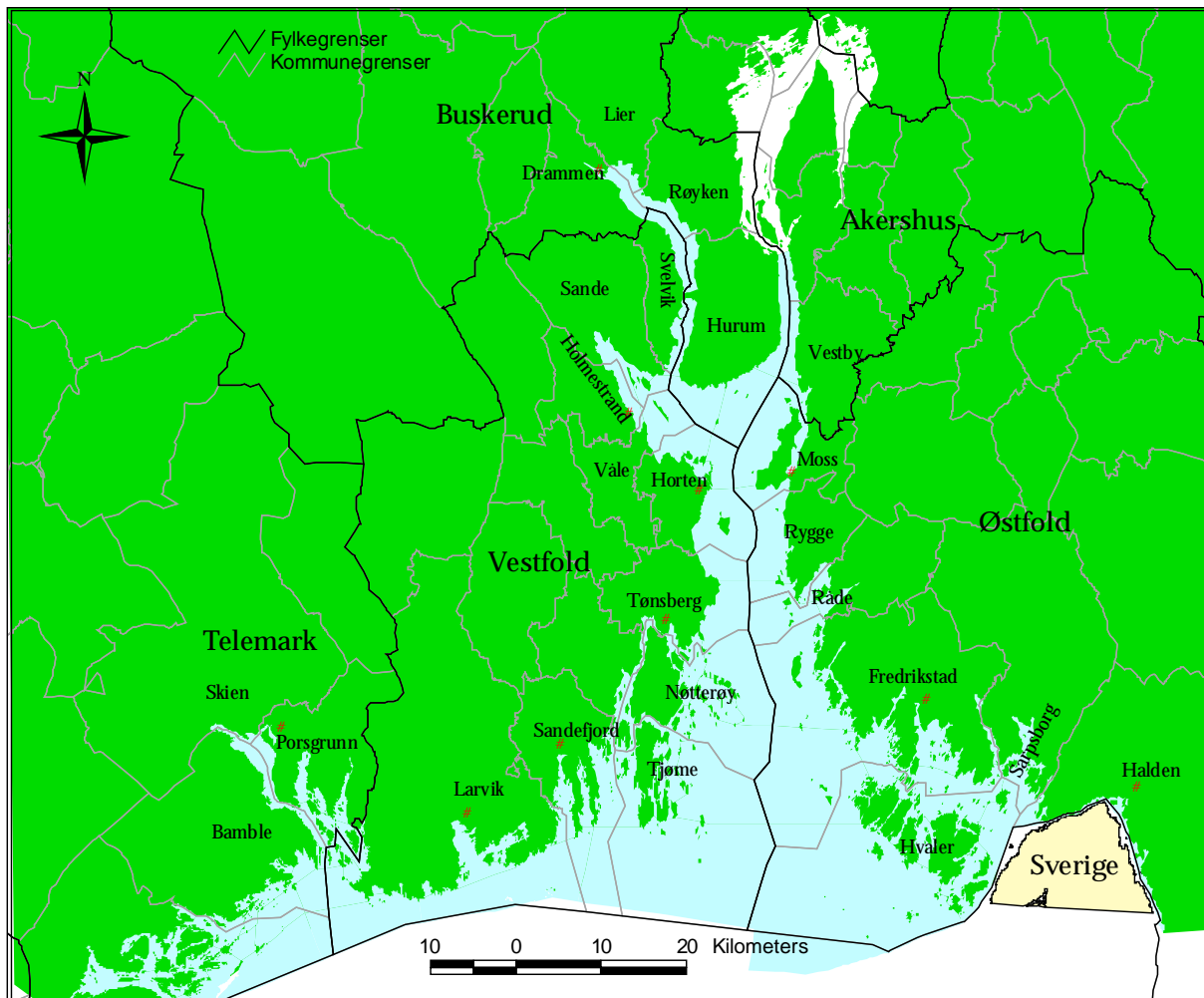
algeplanktonforekomstene som man andre steder knytter til økt tilførsel av næringsalter til overflatelaget. Dette er gjennomsnittlig betydelig høyere konsentrasjoner av kiselalger enn de andre avsnittene av fjorden og store oppblomstringer av dinoflagellater, spesielt karakterarten *Prorocentrum minimum* som globalt sett er kjent for å ha oppblomstringer i eutrofierte brakkvannsområder. Dette gjenspeiles også i høye klorofyll-verdier i de samme områdene. De åpne områdene i ytre fjord, begrenset av snittet Moss-Horten i nord og snittet Koster-Stavern i sør, synes å ha noe høyere konsentrasjoner enn områdene lenger sør i Skagerrak. Enkelte av avsnittene har karakteristiske oppblomstringer av arter fra flere algegrupper i sommerperioden. Områdene som er sterkest influert av avrenning fra Glomma, synes også å ha de relativt høyeste konsentrasjonene av kiselalger.

Resultatene fra gruntvannsundersøkelsen i 2001 tyder generelt på små effekter av overgjødning i ytre Oslofjord. Øverst i strandsonen skiller stasjoner som ligger i nærheten av de større elveutløp f.eks. GV6 i Larviksfjorden, seg noe ut med forhøyet andel av grønnalger. Dette kan være tegn på en lokal overgjødning.

2 INNLEDNING

Fagrådet for Ytre Oslofjord (FYO) og Statens forurensningstilsyn (SFT) har sammen engasjert Det Norske Veritas (DNV) til å utføre en samordnet overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord for år 2001. Programmet er planlagt videreført i første omgang til år 2005.

Området er avgrenset av Drøbaksundet i nord og linjen mellom Kosterøyene og Jomfruland i sør og inkluderer Drammensfjorden (se kart Figur 2-1). Overvåkingen i 2001 omfattet ikke sjøområdene i Telemark.



Figur 2-1 Kart over ytre Oslofjord med kystbyer og –kommuner. Undersøkelsesområdet er markert med blått.

Bakgrunnen for overvåkingen er å få økt kunnskap om miljøtilstanden i området og forhold som påvirker denne. EUs avløpsdirektiv (1991/271/EØF) legger vekt på at tilstanden i resipienten er av stor betydning for hvilke rensekrav som skal fastsettes. Direktivet angir kriterier for klassifisering av sjøområdene (følsomme, mindre følsomme) og relevante rensekrav som skal gjennomføres innen en frist på syv år. I brev av 21.2.2001 til EFTAs overvåkingsorgan ESA har Miljøverndepartementet klassifisert områdene. Neste revisjon skal foreligge senest i løpet av 2004.



Målsetningen med overvåkingen er å:

- fremskaffe en årlig oversikt over tilførsler av næringssalter og organisk materiale fra ulike norske kilder.
- beskrive tilstanden og følge utviklingen over tid i forhold til:
 - hydrografi
 - hydrokjemi
 - algeplankton
 - bløtbunnsamfunn
 - hardbunnsamfunn
- levere informasjon og data som grunnlag for oppfølging av relevante nasjonale og internasjonale forpliktelser, utarbeide miljømål, vurdere behovet for og effekten av tiltak

Overvåkingen i 2001 er gjennomført i samarbeid med:

Oceanor:	Analyser av algeplankton, rapportering av vannkvalitet
Inter Consult Group:	Utredning av tilførsler fra norske kilder
AnalyCen:	Kjemiske analyser av vannprøver
Universitetet i Oslo:	Forskningsfartøyet F/F <i>Trygve Braarud</i>

Det er utarbeidet en samlerapport og fire delrapporter i forbindelse med overvåkingen:

DNV, 2002. Overvåking av eutrofitilstanden i ytre Oslofjord. Samlerapport – 2001. Rapport nr.: 2002-0365.

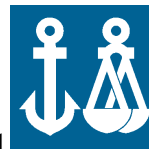
ICG, 2001. Delrapport: Tilførsler – Kildeoversikt, for perioden 1990 - 2000. Tre datavedlegg: Nitrogen, Fosfor, Organisk materiale.

DNV, 2002. Delrapport: Vannkvalitet 2001. Rapport nr.: 2002-0363

DNV, 2002. Delrapport: Gruntvannssamfunn 2001. Rapport nr.: 2002-0364

DNV, 2002. Delrapport: Bløtbunnsfauna 2001. Rapport nr.: 2002-0362

Denne rapporten gir en samlet fremstilling av de enkelte undersøkelsene som er gjennomført i 2001. Delrapportene gir hver for seg en detaljert beskrivelse av metoder og resultatene for 2001. I hver delrapport er det gitt en konklusjon for arbeidet som er utført. Ut i fra målsetningen om å vurdere forholdene over tid er det foreløpig ikke lagt vekt på en sammenfattende analyse av resultater fra flere av undersøkelsene eller omforente konklusjoner. Dette vil bli gjennomført når en har samlet inn data over noen år mot slutten av overvåkingsperioden (2001 – 2005).



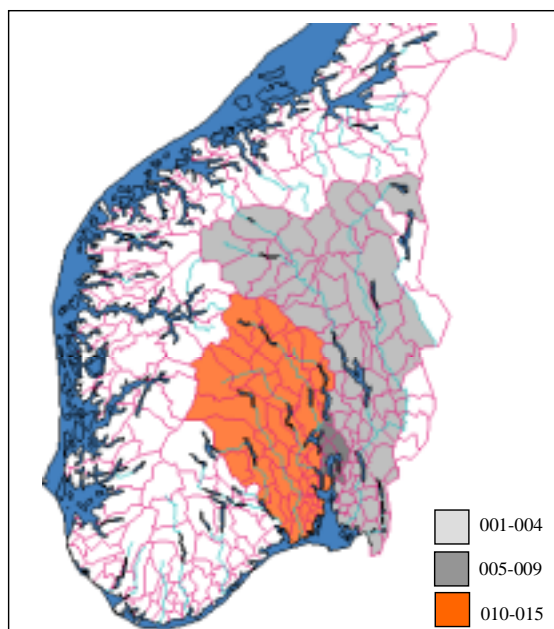
3 TILFØRSLER

Det er fremskaffet nødvendig informasjon for å kunne kvantifisere ulike kilders tilførsler av næringsalter (fosfor og nitrogen) og organisk materiale til ulike delområder av Ytre Oslofjord. Datakilder har vært NIVA, Statistisk sentralbyrå, SFT, (Fylkesmennenes Miljøvernavdelinger) og Miljøverndepartementet.

NIVA/SFT modellen TEOTIL beregner tilførsler av fosfor og nitrogen fra landbaserte kilder i Norge til vassdrag og kystområder og resultater fra Ytre Oslofjord er benyttet i denne rapporten. I TEOTIL benyttes følgende grunnlag for beregning av tilførslene:

- Bebyggelse (fordelt på tett og spredt) og industri: Innsamlede data
- Jordbruk og bakgrunnsavrenning: Arealkoeffisienter for delområder utarbeidet av Jordforsk.

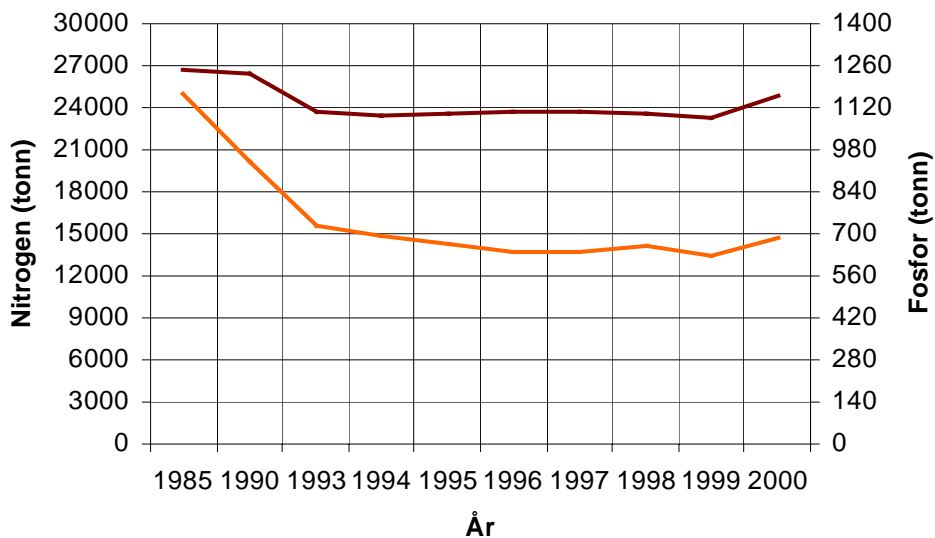
Modellen tar blant annet ikke hensyn til variasjoner i tilrenningen på grunn av årsvariasjoner i nedbørsforhold. Som det fremgår av Figur 3-1 drenerer store nedbørsfelt til Ytre Oslofjord.



Figur 3-1 Nedbørsfelt som drenerer til Ytre Oslofjord.

3.1 Næringsalter

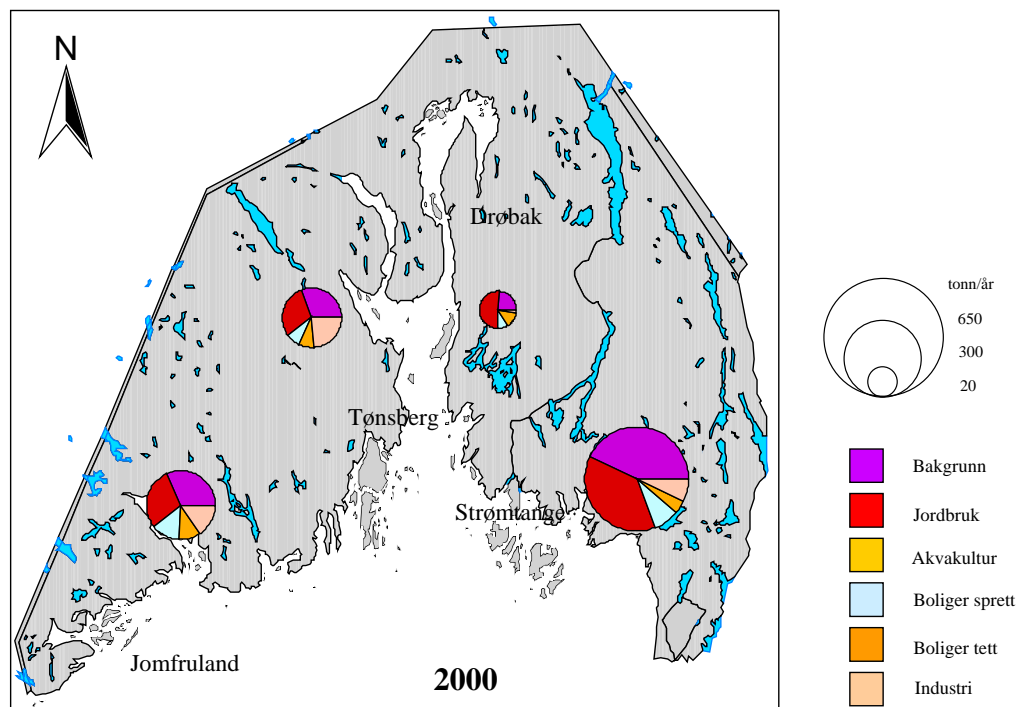
Tilførsel av fosfor og nitrogen til Ytre Oslofjord har siden 1985 blitt redusert med henholdsvis 41% og 7%, hovedsakelig i perioden frem til 1993 kfr. Figur 3-2. For 1985 og 2000 har Jordforsk utarbeidet et nytt koeffisientsett for beregning av N og P fra landbruket. Tall for mellomliggende år (1986-99) er basert på gamle koeffisienter. Økningen i utslipp av N og P fra landbruket mellom 1999-2000 er derfor ikke reell.



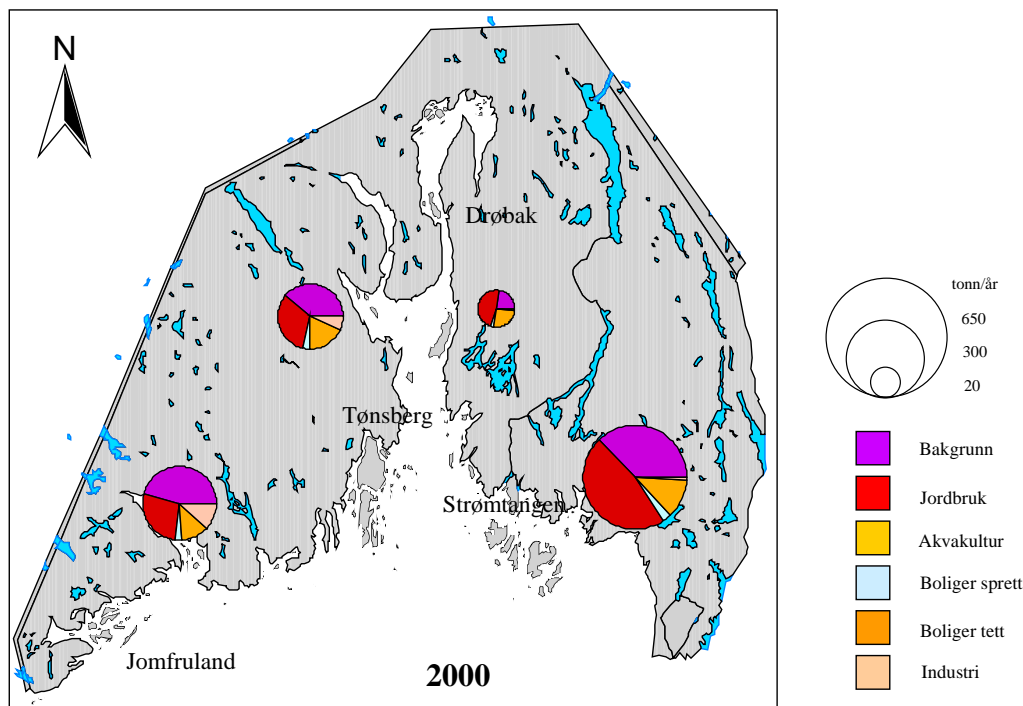
Figur 3-2 Beregnede totale utslipp i tonn av fosfor (nedre kurve) og nitrogen (øvre kurve) til Ytre Oslofjord, fra 1985 til 2000.

For fosfor skyldes reduksjonen i den totale tilførselen av næringsalter til Ytre Oslofjord hovedsakelig redusert utslipp fra kommunale renselanlegg, mens for nitrogen skyldes reduksjonen hovedsakelig redusert utslipp fra industri, - i tillegg er utslipp fra kommunale renselanlegg redusert.

Tilførsel av fosfor og nitrogen til ulike delområder fra ulike kilder kommer frem av Figur 3-3 og Figur 3-4.



Figur 3-3 Tilførsel av fosfor til Ytre Oslofjord i 2000 fordelt på kilder, pr. vassdragsområde.

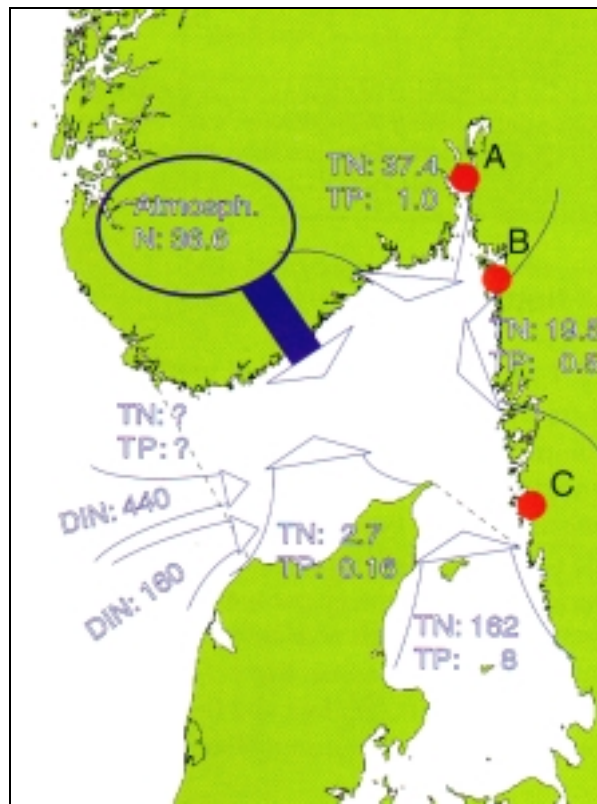


Figur 3-4 Tilførsel av nitrogen til Ytre Oslofjord i 2000 fordelt på kilder, pr. vassdragsområde.

Området fra Svenskegrensa til Strømtangen fyr er det området med høyest tilførsel av både fosfor og nitrogen. For dette området bidrar kildene bakgrunnsavrenning og jordbruk med høyest tilførsel av både fosfor og nitrogen. Bakgrunnsavrenning bidrar med høyest tilførsel av fosfor, mens jordbruk bidrar med høyest tilførsel av nitrogen.

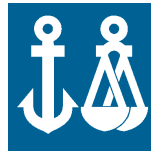
For de andre delområdene er tilførselen av fosfor og nitrogen mye lavere. Tilførselen av fosfor er dessuten fordelt mer likt mellom kildene, bortsett fra akvakultur. Tilførselen av nitrogen domineres av tilførsel fra bakgrunnsavrenning, jordbruk og kommunalt avløp fra tettbebygde strøk. I området Tønsberg – Jomfruland domineres tilførselen av nitrogen også av tilførsel fra industri.

I tillegg til lokale tilførsler av næringsalter tilføres også Ytre Oslofjord store mengder næringsalter med vannmassene fra Skagerrak, Østersjøen og Nordsjøen. Det er ikke gjort beregninger spesielt for Ytre Oslofjord, men langtransporterte tilførsler er beregnet for Skagerrak i 1993, presentert bl.a. i Anon (2001) (se Figur 3-5).



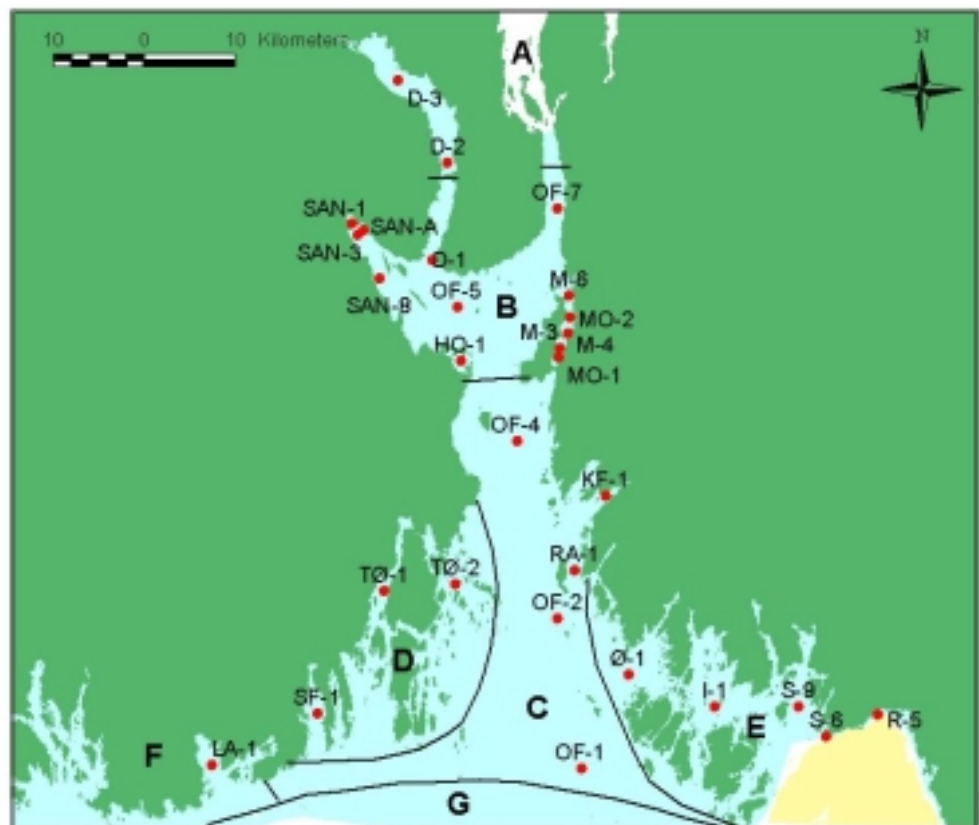
Figur 3-5 Beregnede gjennomsnittlige tilførsler i løpet av 90-tallet til de øvre 50 m i Skagerrak. Alle tall i 1000 tonn. Tilførslene er gruppert i bidrag fra Norge, Sverige, Danmark, atmosfæren og tilgrensende sjøområder. TN = total nitrogen, TP = total fosfor, DIN = løst uorganisk nitrogen. Tilførslene fra land og fra Kattegat presenteres som årlig nettotransport av totale næringssaltmengder, mens tilførslene fra Jyllandstrømmen og Nordsjøen bare angir uorganisk nitrogen. (Figur hentet fra Anon, 2001).

Næringssaltbudsjettet i Skagerrak er dominert av næringsalter tilført gjennom havstrømmer fra nærliggende sjøområder. Dette er også tilfelle for deler av Ytre Oslofjord, men modellberegninger tyder på at lokale tilførsler utgjør vesentlige bidrag i lokale resipienter (NIVA, 1997).



4 VANNKVALITET

Hovedvekten av feltarbeidet foregikk i perioden juni – august hvor totalt 29 stasjoner ble besøkt (se Figur 4-1). Åtte stasjoner i hovedfjorden og Hvalerområdet ble benyttet i vinterperioden (februar, november, desember), mens fire stasjoner i Hvaler/Singlefjorden ble besøkt hele året. Undersøkelsene omfattet hydrografi, oksygen (profilering med instrument i vannsøylen, vannprøve fra bunnvannet), næringssalter (nitrat/nitritt, ammonium, total-N, fosfat, total-P), siktedyp og algeplankton (vannprøve, håvtrekk).



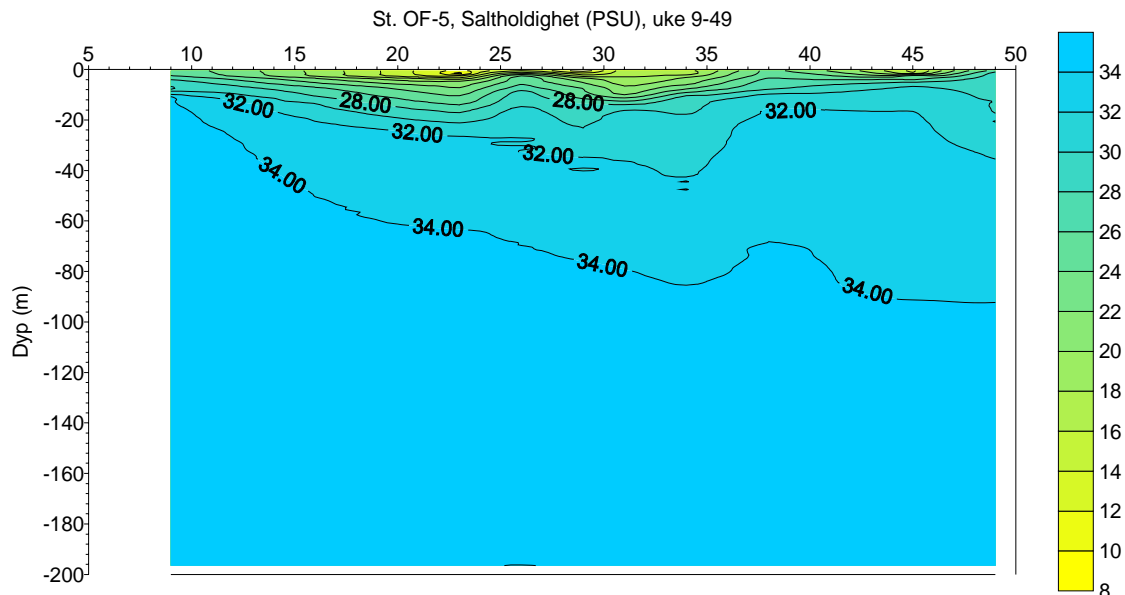
Figur 4-1 Stasjoner benyttet overvåkingen av algeplankton i 2001. Oslofjorden er inndelt i avsnitt, basert på forskjeller i forekomsten av algeplankton og deres vekstbetingelser (grunnlag fra Oceanor, 1995)..

4.1 Hydrografi

Tidligere undersøkelser (oppsummert i SFT, 1996) har inndelt vannmassene i Ytre Oslofjord ut fra salholdighet og opprinnelse. Det er fire hovedkilder som bidrar med tilførsler av vann og næringssalter. Dette er lokalt ferskvann, Østersjøvann, sørlige Nordsjøen og sentrale Nordsjøen.

Øverst finner man et brakkvannslag (saltholdighet < 25 psu¹) med midlere tykkelse ca. 5 m fra lokale ferskvannstilførsler. Under dette ned til ca. 20 – 25 m finner man Skagerrak-kystvann med saltholdighet mellom 25 og 32 psu som hovedsakelig er en blanding av Østersjøvann, lokalt ellevann og vann med opprinnelse fra sørlige og til dels sentrale deler av Nordsjøen. Fra ca. 25 m ned til ca. 50 m om sommeren og 80 m om vinteren finner man Skagerrakvann med saltholdighet vanligvis mellom 32 og 34,5 psu. Dette har sin opprinnelse i sørlige og til dels sentrale Nordsjøen med innblanding av Østersjøvann. Enkelte år er det også observert innstrømming av tungt atlantisk vann med saltholdighet ca. 35 psu (Aure & Danielssen, 1998).

Det første toktet ble gjennomført i slutten av februar 2001. Data fra overvåkingen i indre Oslofjord (www.niva.no) tyder på at det skjedde en større innstrømming av Skagerrakdypvann mellom midten av desember 2000 og midten av februar 2001. På stasjon OF-5 i Breidangen (se Figur 4-2) finner man 34 psu isolinjen allerede på ca. 10 m ved begynnelsen av undersøkelsesperioden. Denne forskyves dypere i løpet av året på grunn av tilførsler av ferskere vann fra lokale kilder og kyststrømmen slik at det ”normale” bildet gjenopprettes i løpet av våren 2001. Det samme mønsteret finner man også på de andre dype stasjonene i hovedfjorden.



Figur 4-2 Saltholdigheten på stasjon OF-5 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer.

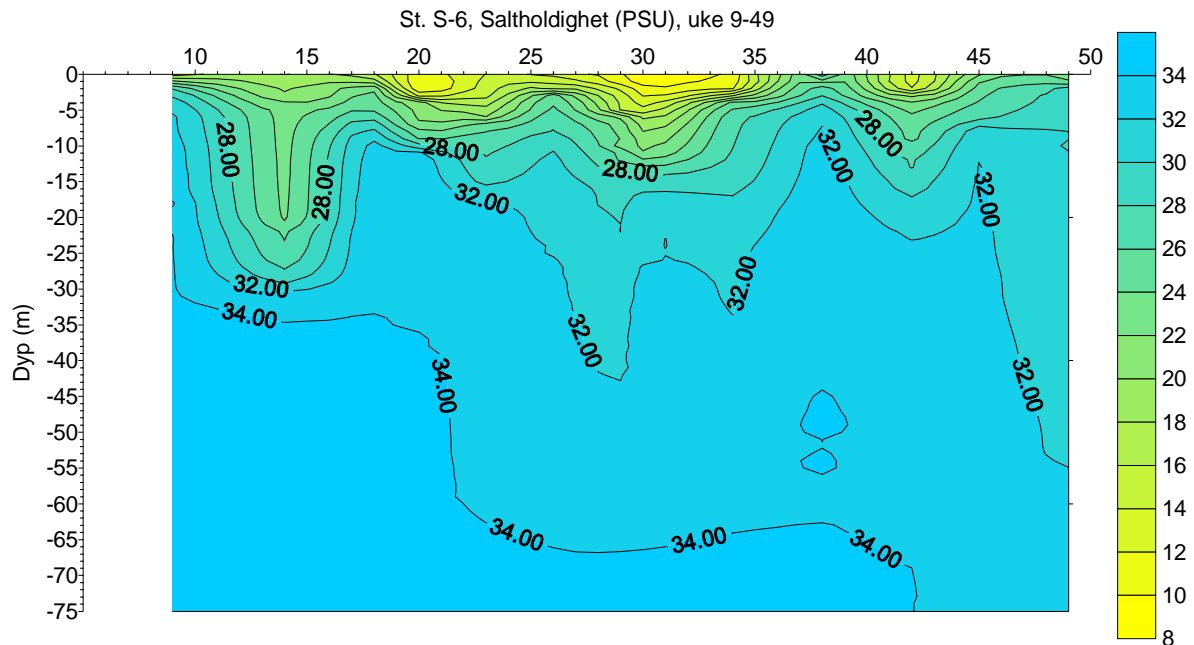
Oslofjorden er inndelt inn i flere dype bassenger avgrenset av grunnere terskler. Regnet fra sør er de viktigste bassengene Hvalerdypet (OF-1), Rauøybassenget (OF-2), Bastøybassenget (OF-4), Breidangenbassenget (OF-5) og Drøbaksundbassenget (OF-7). Ved innstrømmingen av tungt vann vinteren 2000/2002 ble alle bassengene fylt med atlantisk vann hvor saltholdigheten var høyere enn 34,5 psu. Bare på Torbjørnskjær OF-1 ble det observert mer enn 35 psu, mens høyeste saltholdighet i Rauøybassenget innenfor var 34,9 psu og i Breidangenbassenget og Drøbaksundbassenget ca. 34,7 psu.

I løpet av våren utvikler det seg et brakkvannslag som strekker seg ned til ca. 20 m på det dypeste i forbindelse med vårflommen. Midt på sommeren blir dette noe grunnere for så å øke igjen i august og deretter i oktober/november (se Figur 4-2 og Figur 4-3).

Drammenselva og Glomma dominerer den direkte ferskvannstilførselen til denne delen av Oslofjorden. Gjennomsnittlig ferskvannstilførsel fra Glomma er ca. 700 m³/s og fra Drammenselva ca. 300 m³/s. De

¹ Psu – practical salinity unit

Øvrige elvene slik som Haldenvassdraget (ca. 20 m³/s), Mosseelva (ca. 10 m³/s), Sandeelva (4 m³/s) og Lågen (115 m³/s), vil hovedsakelig bare være merkbare på de lokale stasjonene.

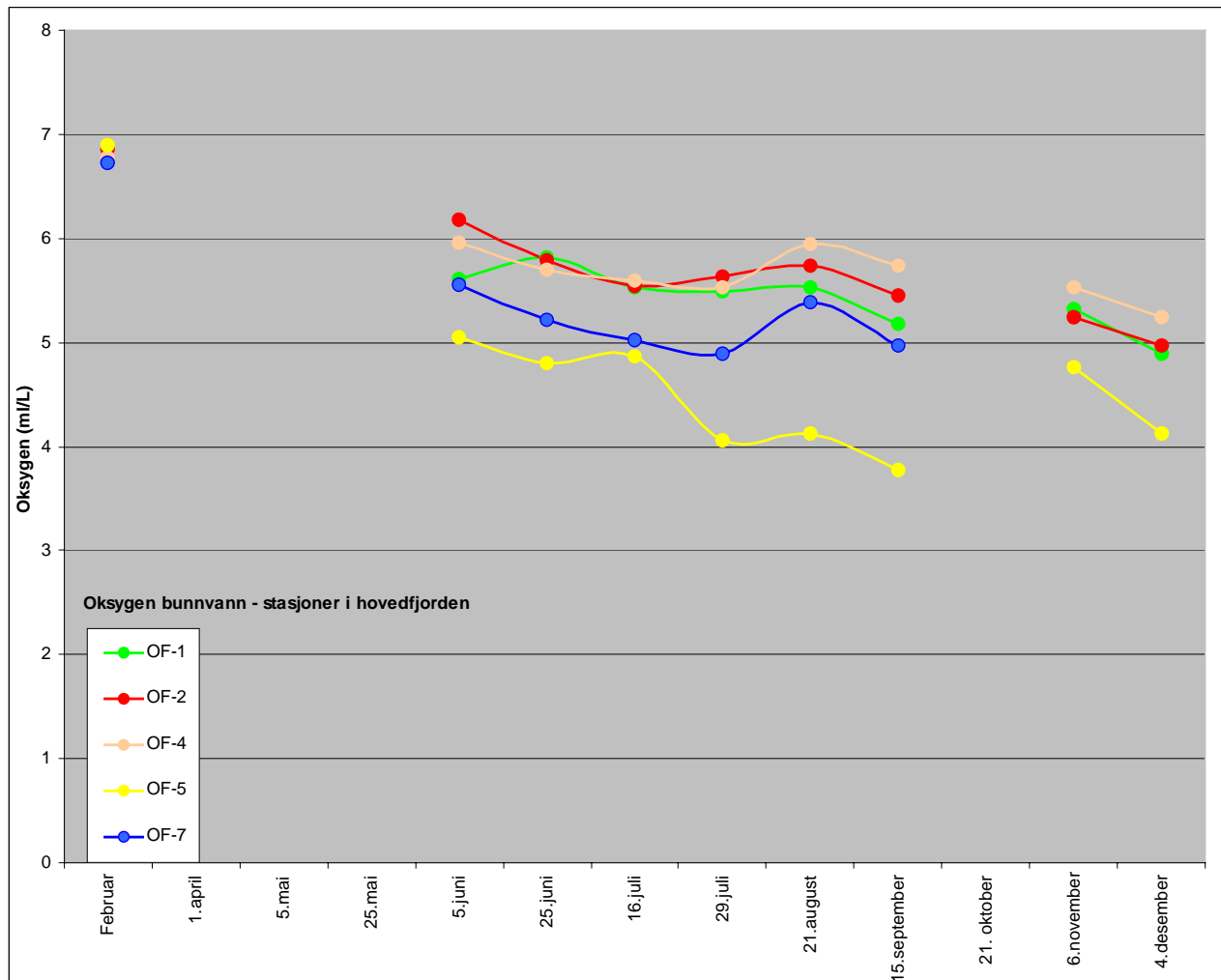


Figur 4-3 Saltholdigheten på stasjon S-6 gjennom 2001. Horisontal akse er ukenummer

4.2 Oksygenforhold

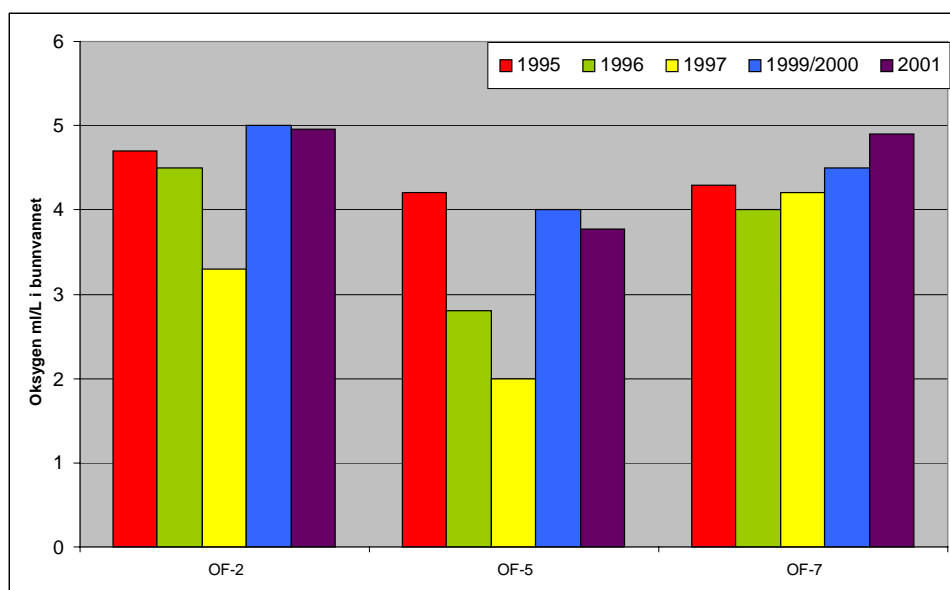
Innstrømmingen av tungt vann som skjedde vinter 2000/2001 førte til utskiftning av bunnvannet i alle bassengene og dermed tilnærmet identiske oksygenforhold i bunnvannet i de enkelte bassengene (Figur 4-4). I løpet av 2001 utviklet disse seg forskjellig på grunn av ulik vannutskiftning og tilførsel av organisk materiale.

Tidligere undersøkelser (Aure & Danielssen, 1998) har antydnet at normal stagnasjonsperiode i Rauøy- og Breidangenbassenget er omlag 10 måneder og 5-6 måneder i Drøbakbassenget. Dette kan imidlertid variere og i år med ekstra høy utgangstetthet har observasjoner vist at stagnasjonsperioden kan strekke seg over omlag 2 år i Rauøy- og Breidangenbassenget og 10 måneder i Drøbakbassenget. Resultatene fra undersøkelsen i 2001 tyder på at det var en vannutskiftning mellom september og november i Breidangenbassenget og en mindre utskiftning i august/september.



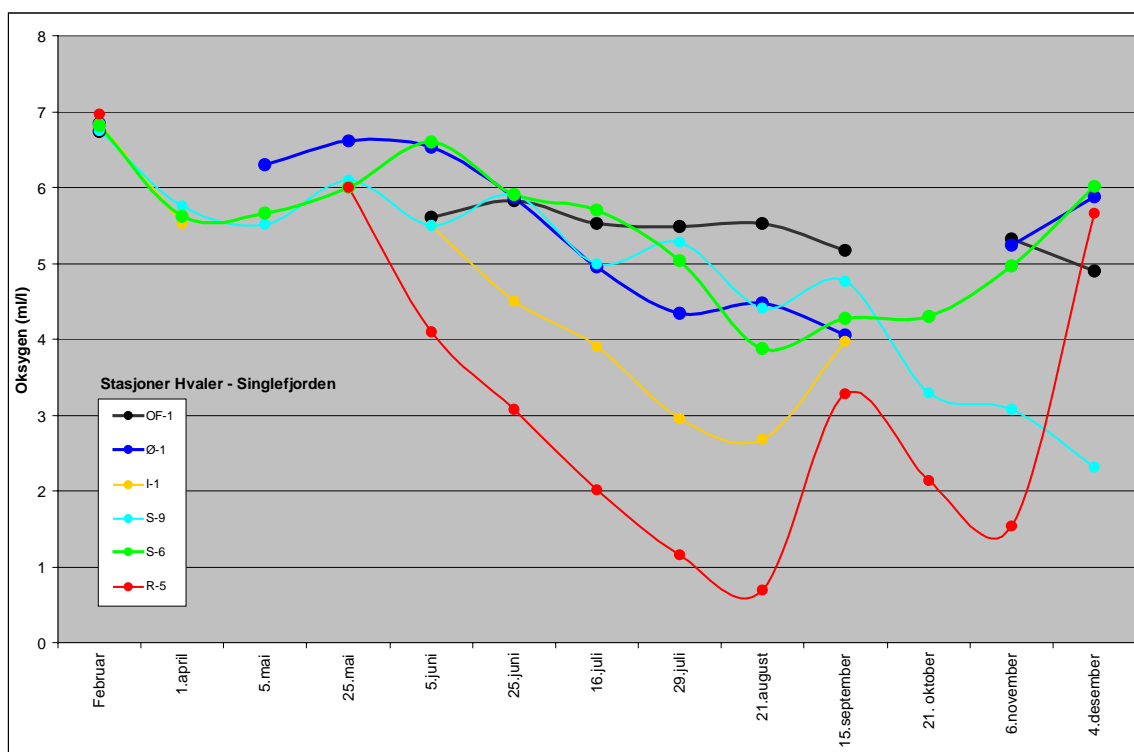
Figur 4-4 Oksygenforholdene i dypvannet (2 m over bunnen) på stasjonene i hovedfjorden i løpet av 2001

Observert minimumskonsentrasjon for 2001 i tre av bassengene er sammenlignet med tilsvarende verdi for tidligere år i Figur 4-5. I Drøbakbassenget ligger denne noe over tidligere observerte verdier, men dette kan skyldes at det ikke ble hentet inn prøver etter september fra denne stasjonen og at faktisk minimum lå noe lavere. For de to andre bassengene var minimumsverdien sammenlignbar med tidligere nivåer og betydelig over de lave verdiene observert i 1997.



Figur 4-5 Observerte minimumsverdier for oksygen i bassengvannet i enkeltår fra 1995 til 2001. 1998 mangler data. Historiske data fra Aure & Danielssen (1998, 2000).

Figur 4-6 presenterer utviklingen av oksygenivået i bunnvann på stasjoner i Hvalerområdet sammenlignet med stasjonen ved Torbjørnskjær OF-1. Samtlige stasjoner har også her likt utgangsnivå i oksygeninnhold noe som underbygger at det har vært en større vannutskifting i hele Ytre Oslofjord like før toktet i slutten av februar.

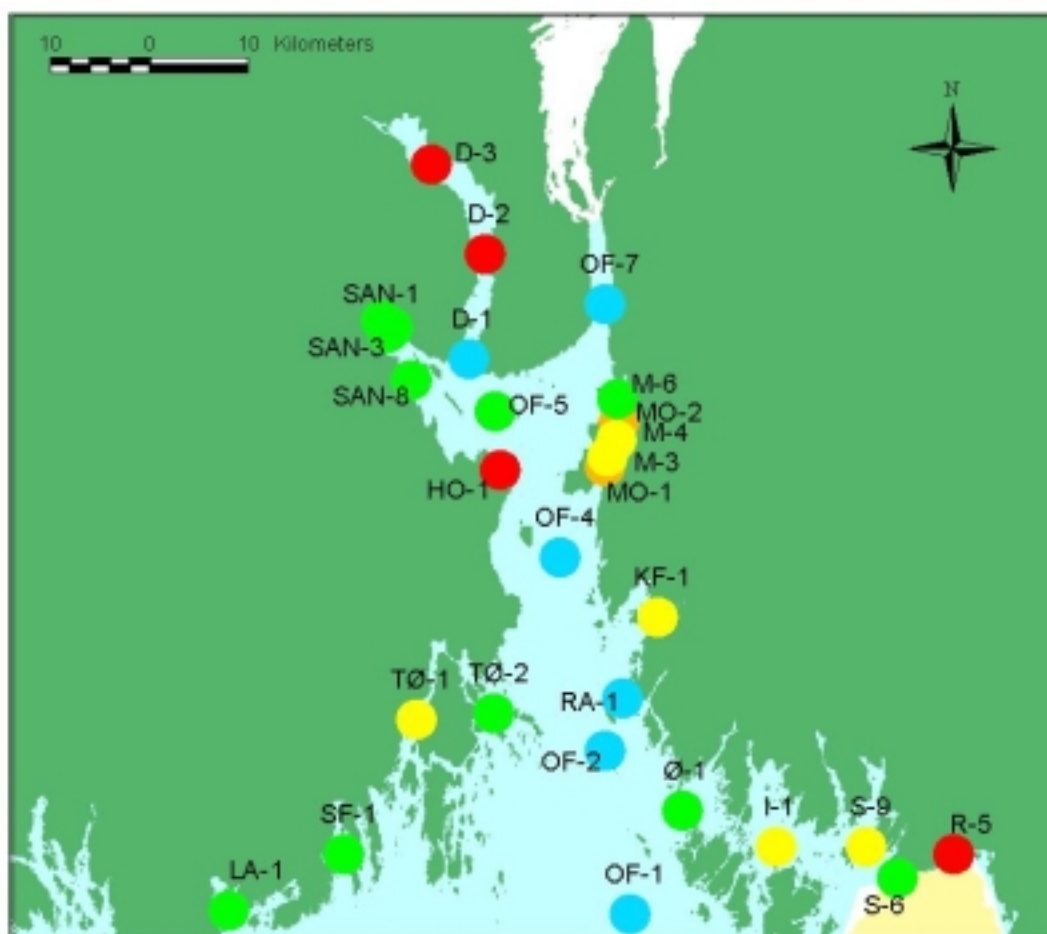


Figur 4-6 Oksygenutviklingen i bunnvannet på stasjoner i Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden sammenlignet med utenforliggende område representert med stasjonen ved Torbjørnskjær OF-1.



Stasjon R-5 skiller seg ut med lave verdier gjennom hele sommeren og høsten. På bakgrunn av oksygenverdiene synes det å ha vært to større tilførsler av dypere liggende vann på stasjonen. Den siste i november/desember fører til at oksygenkonsentrasjonen blir tilnærmet lik de utenforliggende vannmasser. Stasjon I-1 ligger også markert lavere enn de øvrige stasjonene.

På slutten av langvarige stagnasjonsperioder kan oksygenivået bli kritisk lave. Dette ble observert i enkelte av bassengene i hovedfjorden i perioden 1996 – 1997, men på grunn av vannutskiftningen vinteren 2000/2001 ble dette ikke observert i 2001. Figur 4-7 presenterer en klassifisering av samtlige stasjoner basert på observert minimum konsentrasjon av oksygen 2 m over bunn og SFTs klassifiseringssystem (97:03). Tilstanden på de fleste stasjonene (16) er klassifisert som Meget god eller God. På enkelte stasjoner kan det ha vært lavere oksygenivå etter undersøkelsene ble avsluttet i september.

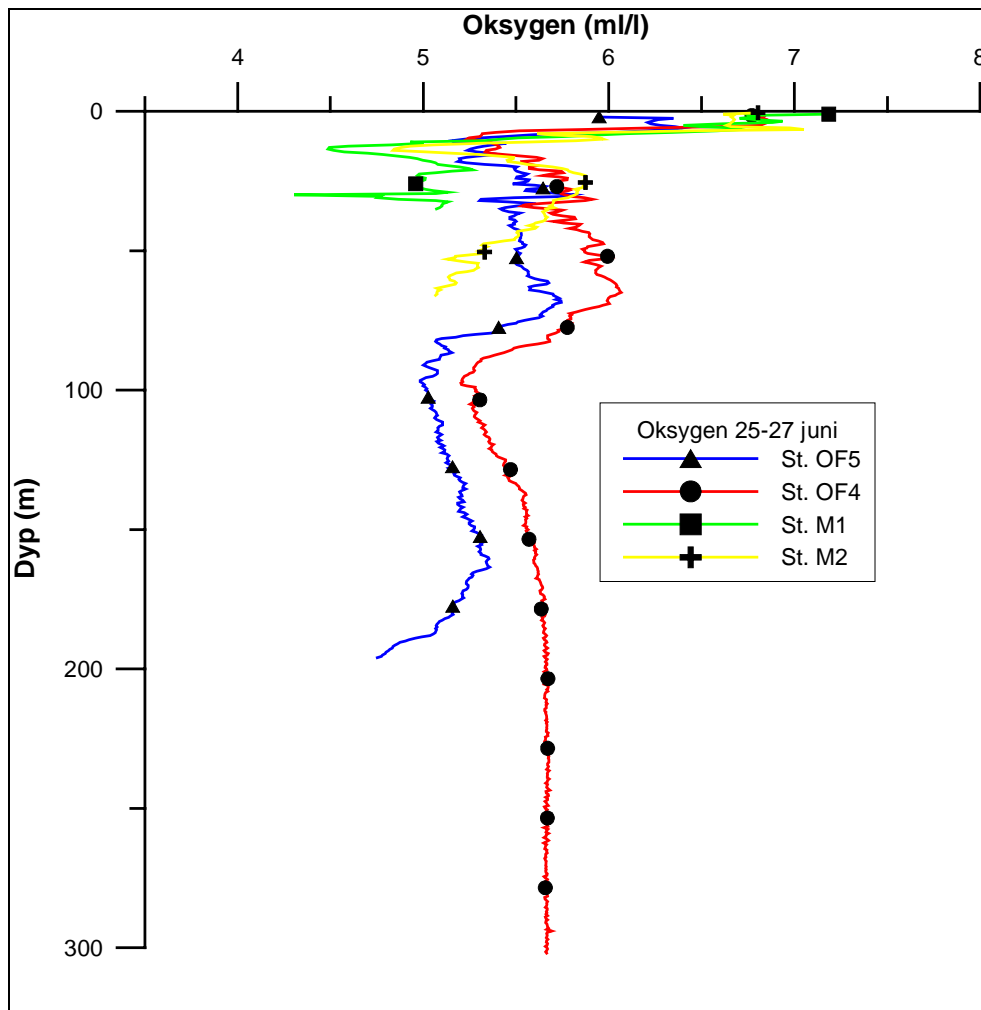


Figur 4-7 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av laveste oksygenverdi observert i analyser av vannprøver tatt i løpet av 2001

Stasjonene innenfor terskelen i Drammensfjorden (D-2 og D-3), Hortenbassenget (HO-1) og Ringdalsfjorden (R-5) ble alle klassifisert som "V-Meget dårlig", alle i samsvar med tidligere undersøkelser. Både bassenget i Drammensfjorden og i Horten har svært grunn terskel som gir sjelden utskiftning av bunnvannet og tilsvarende lang oppholdstid. Begge bassengene er sannsynligvis naturlig anoksiske.

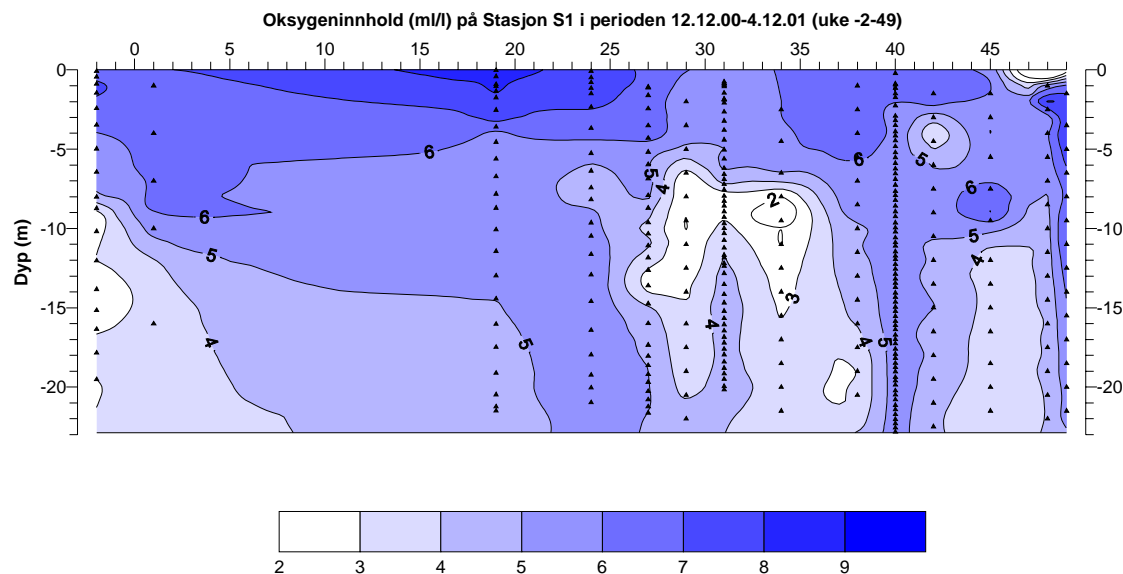
To av stasjonene i Mossesundet ble klassifisert som "IV-Dårlig". Dette var MO-1 som ligger innerst i fjorden med sediment sterkt påvirket av trefiber fra tidligere utslipp, og MO-2 som ligger i dypeste del av bassenget (105 m) like innenfor den ca. 70 m dype terskelen.

I tillegg til lave verdier i bassengvannet observeres det ofte et oksygenminimum i tilknytning til sprangsjiktet mellom 20 og 30 m (se Figur 4-8). Dette skyldes at organiske partikler akkumulerer og forbruker oksygen under nedbrytningen.



Figur 4-8 Oksygenforholdene på stasjoner i Mossesundet (MO-1 = M1, MO-2 = M2) sammenlignet med to stasjoner i ytre Oslofjord (OF-4 og OF-5) juni 2001.

I åpne områder kan dette representere et lavere minimum enn nivået like over bunnen. Dette er f.eks. tilfelle i Sandebukta hvor det kan oppstå kritisk lave verdier om høsten (se Figur 4-9).



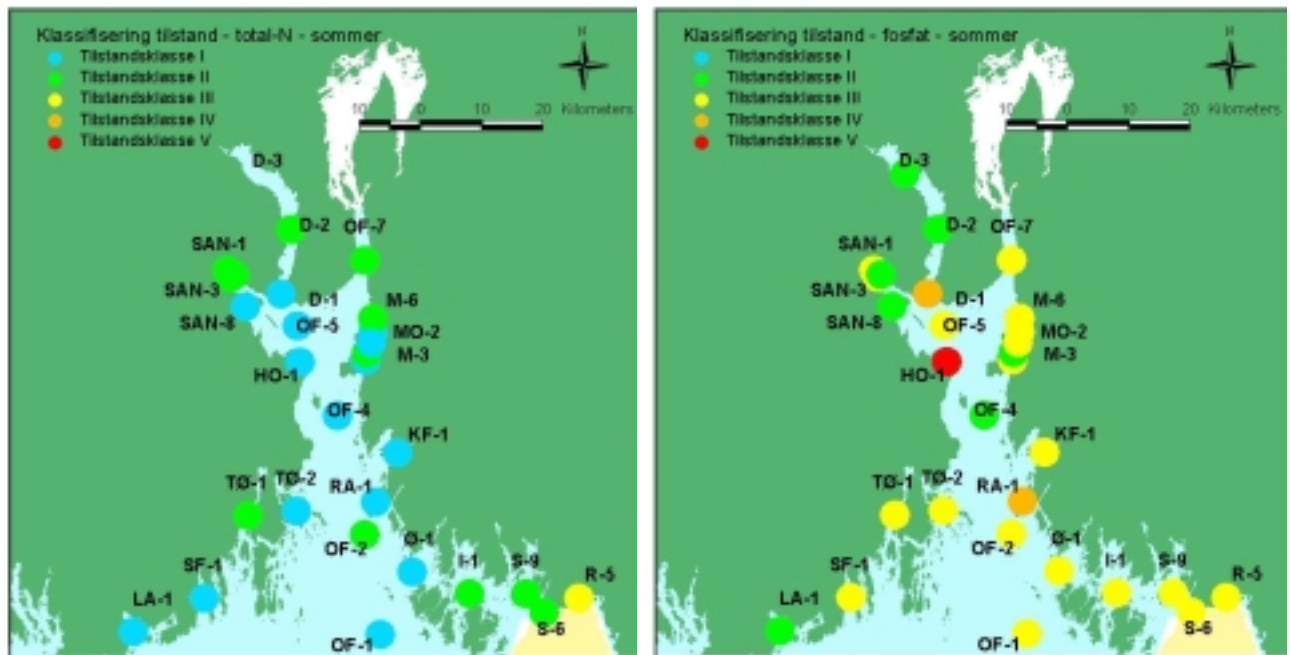
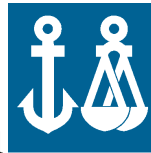
Figur 4-9 Oksygeninnhold på stasjon SAN-1 i perioden des.-2000 til des.-01 (uke 49).

4.3 Næringsalter og algeplankton

I forbindelse med vurderingene til ekspertgruppen nedsatt av SFT som ble utgitt i 1996 ble Oslofjorden inndelt i underområder basert på forekomst av algeplankton (se Figur 4-1). Vi har valgt å benytte samme inndeling i vurderingen og rapporteringen av undersøkelser av næringsalter og algeplankton utført i 2001. Med bedre datagrunnlag innsamlet gjennom videre overvåkning vil inndelingen av området sannsynligvis bli noe endret, spesielt i forhold til noe mer detaljering av lokale resipienter.

4.3.1 Næringsalter

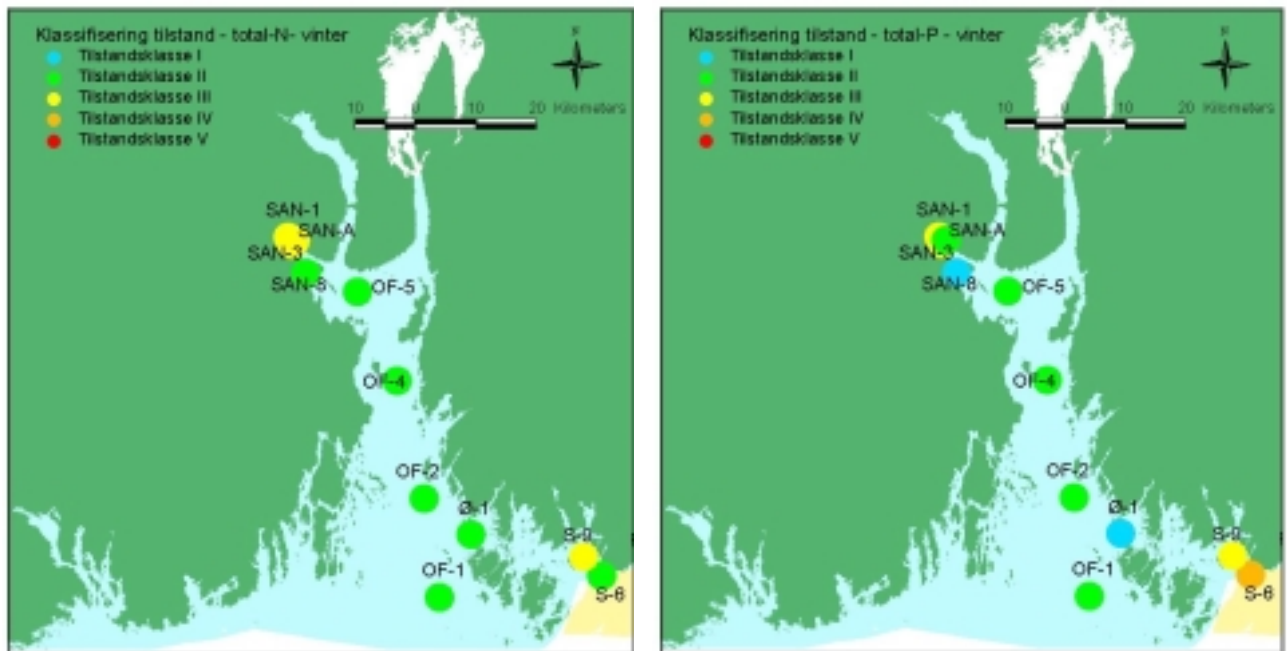
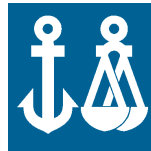
Tilstanden til stasjoner er klassifisert i henhold til SFTs veiledning 97:03. Medianverdiene for de enkelte næringsalter fra henholdsvis vinter (februar, november og desember) og sommer (seks tokt i juni – september) er benyttet i klassifiseringen.



Figur 4-10 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av total-nitrogen (venstre figur) og total fosfor (høyre) fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september).

I forhold til konsentrasjonene av total-nitrogen fremstår tilstanden for området sommerstid som *Meget god* til *God* (se Figur 4-10), mens den karakteriseres som *Mindre god* (*God*) i forhold til total fosfor. Horten skiller seg ut med svært høye verdier av total fosfor.

For vinterverdiene av total-nitrogen fremstår tilstanden til hovedfjorden som *God*, mens en finner noe redusert tilstand (*Mindre god*) i de lokale ferskvannspåvirkede resipientene Ringdalsfjorden og Sandebukta. For totalfosfat i vinterperioden var tilstanden *God* for hovedfjorden, mens den ble karakterisert som *Mindre god* i de lokale mer innelukkede områdene Sandebukta, Singlefjorden og Ringdalsfjorden (Figur 4-11).



Figur 4-11 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av total nitrogen (venstre) og total fosfor (høyre) fra tre vannprøver tatt i løpet av vintersesongen 2001.

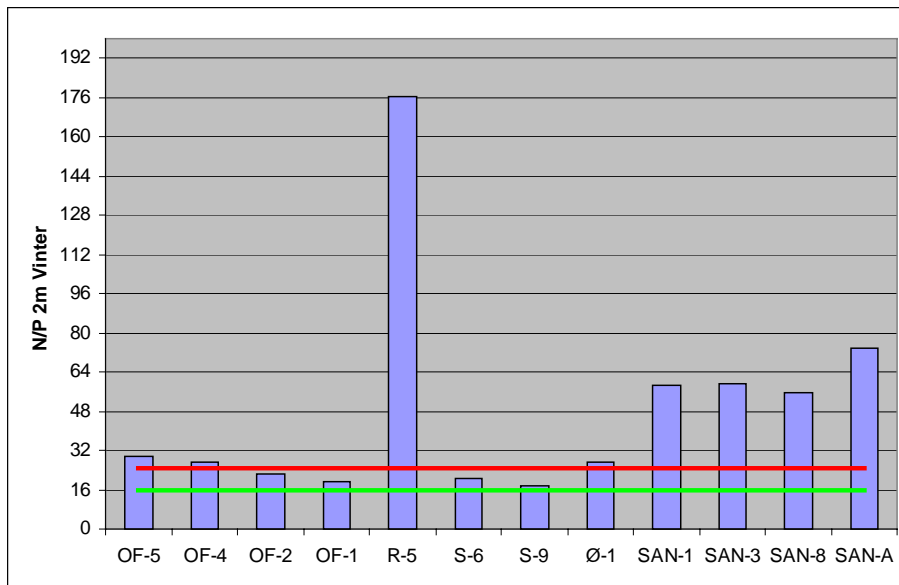
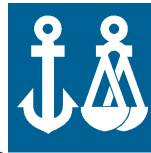
Det ble observert noe tilsvarende forhold for de øvrige næringssaltene.

4.3.2 N/P forhold

Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrogen- og fosfor-innholdet i algeplanktonet angis ved Redfield-forholdet. Uttrykt i atomer er dette N:P = 16:1. Undersøkelser har vist at de forskjellige algartene har ulike optimale N/P- forhold og derfor vil reagere ulikt på samme miljø. Permanente og betydelige avvik f.eks. sterkt forhøyede forekomster av nitrat, vil kunne gi endringer i forekomsten av algesamfunnet, da tilpassningsdyktige alger; såkalte opportuniste, kan ta opp mer næringsalter enn de trenger. OSPAR arbeidsgruppe innen eutrofiering angir et forholdstall større enn 25 (50% økning) basert på vinterverdiene som kriterium for betydelig avvik.

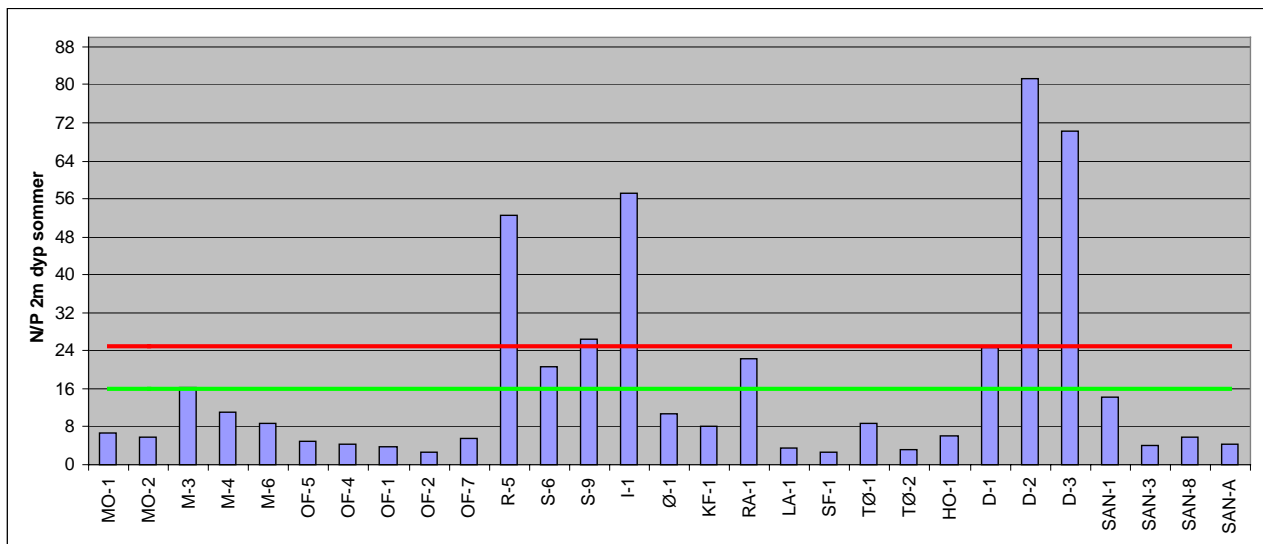
Gjennomsnittlig N:P forhold er beregnet basert på vannprøver fra henholdsvis vinter (februar, november, desember) og sommer (juni-september) og presentert i figurene under. Det poengteres at datagrunnlaget fra spesielt vinter foreløpig er lite og at november ikke er en typisk vintermåned med stabile forhold.

Resultatene fra vinter 2001 på 2 m dyp indikerer at man har et betydelig avvik fra Redfieldforholdet i ferskvannet i overflaten i Ringdalsfjorden (Figur 4-12). I tillegg har man et signifikant avvik også i overflatevannet i Sandebukta, og på stasjon Ø-1 i Hvaler, mens de øvrige to stasjonene i Hvalerområdet (S6, S9) har tilnærmet normale forhold. På stasjonene i hovedfjorden (OF-stasjonene) ser man en tydelig trend utover med klart avvik på OF-5 og OF-4 og et tilnærmet normalt forholdstall på Torbjørnshjørn (OF-1).

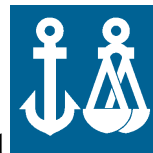


Figur 4-12 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat i overflatevann fra prøver tatt i februar, november og desember 2001. Rød linje markere forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.

Sommerverdier av næringssalter vil variere både med tilførsler og med produksjonen av algeplankton. De korresponderende forholdstallene vil derfor variere langt mer enn vinterverdiene (Figur 4-13). N:P-forholdet i overflaten ligger jevnt over svært høyt i Hvaler og Drammensfjorden, mens de øvrige stort sett har lave verdier.

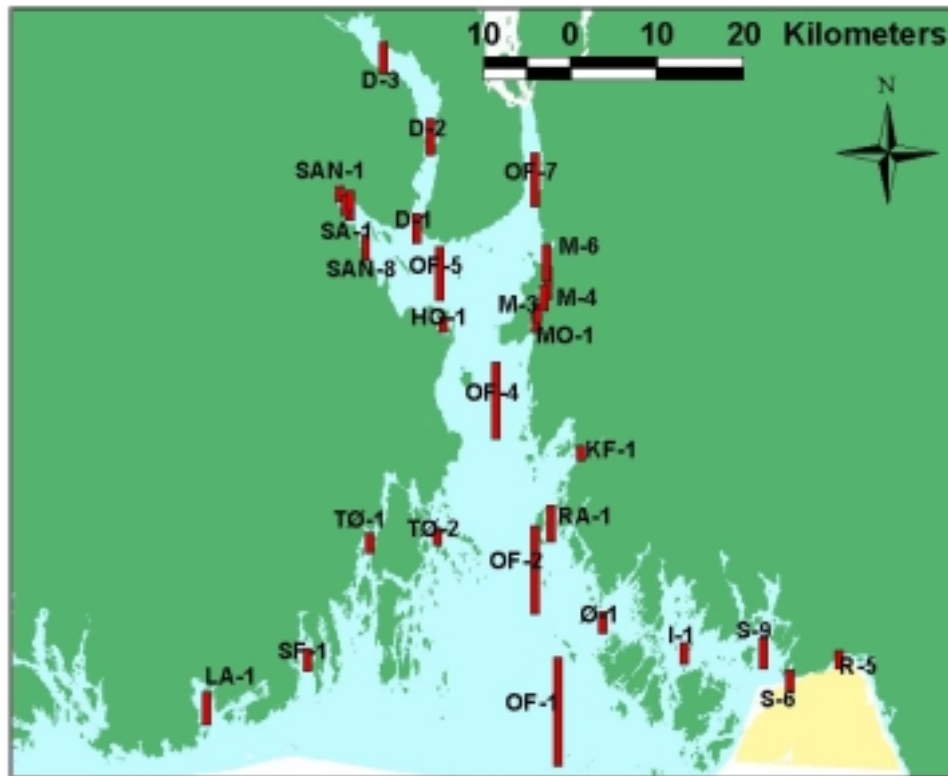


Figur 4-13 Gjennomsnittlig forholdstall mellom nitrat og fosfat fra prøver tatt på 2m dyp tatt på seks tokt sommer 2001. Rød linje markere forholdstall 25 og grønn markerer Redfield-forholdet 16.



4.3.3 Siktedyp

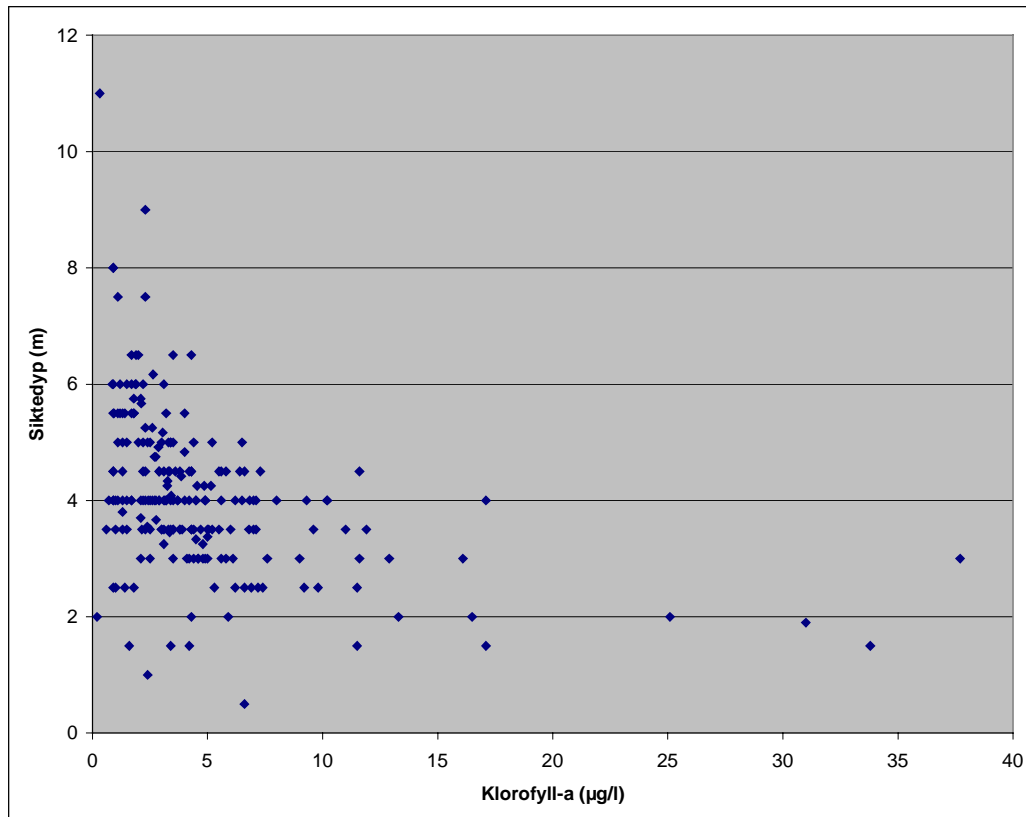
Siktedypet kan erfaringsmessig uttrykkes som en funksjon av vannets innhold av fargestoffer, organiske og uorganiske partikler. Figur 4-14 presenterer medianverdien av seks observasjoner i løpet av sommeren 2001.



Figur 4-14 Medianverdien av seks observerte siktedyp i løpet av sommeren 2001 (juni-september).

Ved å benytte SFT sitt klassifikasjonssystem er tilstanden til hovedfjorden og deler av Vestfold karakterisert som Mindre god, mens Sandebukta, Moss og Hvaler er karakterisert som Dårlig.

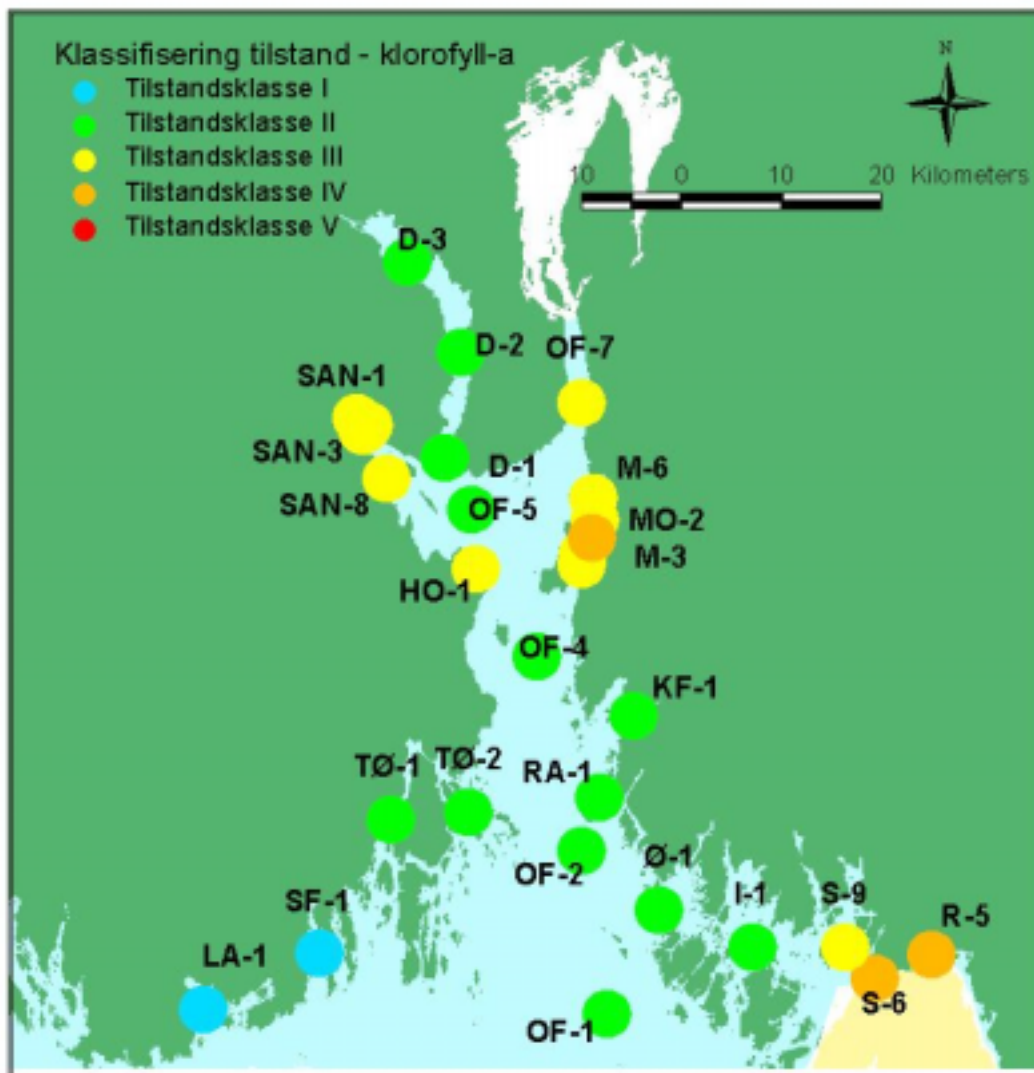
Algeplankton inngår som en del av de organiske partiklene, men det er ingen entydig sammenheng mellom mengde alger og siktedyp (Figur 4-15). Andre typer partikler samt humus spesielt i avrenning fra land spiller derfor en betydelig rolle i enkelte av de lokale resipientene. Dette gjelder spesielt stasjon R-5 Ringdalsfjorden og MO-1 Moss som er sterkt påvirket av humus fra henholdsvis Haldenvassdraget og Mosseelva.



Figur 4-15 Sammenhengen mellom mengde klorofyll og observert siktedyp. Data fra samtlige stasjoner i Ytre Oslofjord.

4.3.4 Klorofyll-a

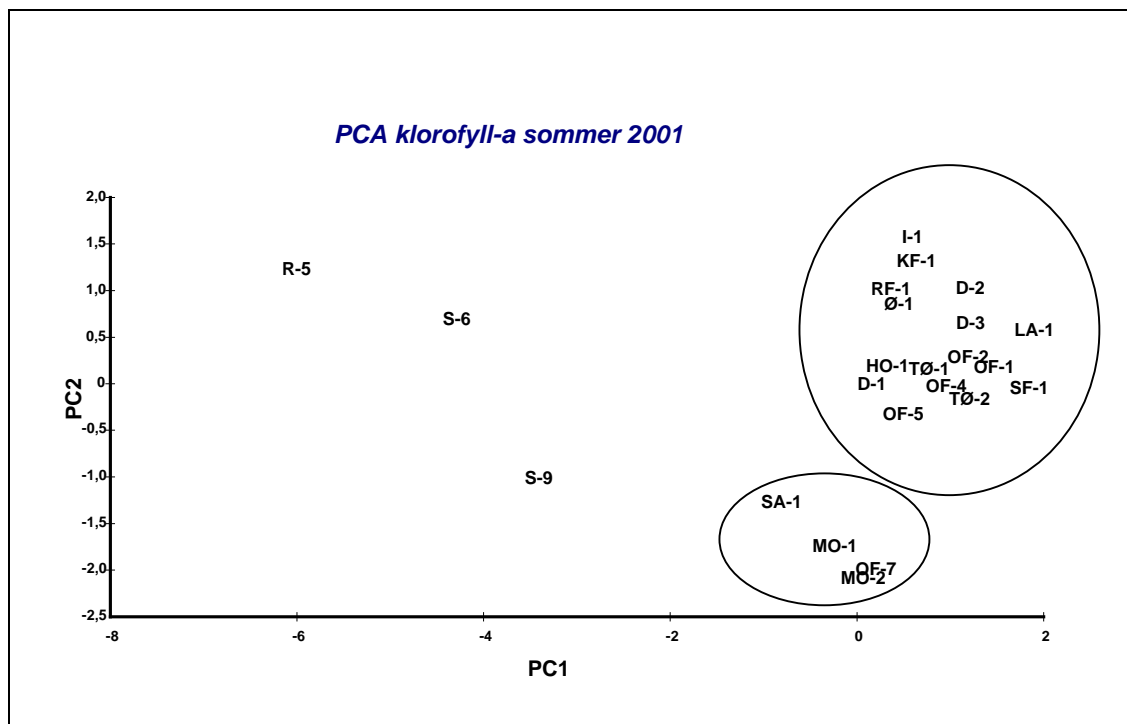
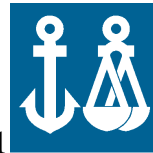
Med bakgrunn i klorofyll-a analysene (2 m dyp) fra sommer toktene er medianverdien benyttet til å klassifisere tilstanden til stasjonene (Figur 4-16). Kriteriene for klassifisering er bare gitt for vann med saltholdighet høyere enn 20 PSU og stasjonene i Drammensfjorden (med middels høye klorofyllverdier) og Hvalerområdet (hvor de høyeste klorofyllverdiene ble observert) er derfor ikke inkludert.



Figur 4-16 Klassifisering av vannkvaliteten på stasjoner i ytre Oslofjord på grunnlag av analyser av klorofyll-a fra seks vannprøver tatt i løpet av sommersesongen (juni-september). Det foreligger ikke kriterier for vannmasser med lav saltholdighet (< 20 PSU). Kriteriene for ferskvann avviker imidlertid lite og de aktuelle stasjonene (R-5, S-6, S-9, I-1 og Drammensfjorden) er klassifisert i henhold til sjøvannskriterier.

Generelt er det en klar geografisk trend med tilstandsklasse "I – Meget god" eller "II – God" i ytre område og hovedfjorden inn til og med Breidangen, og "III – Mindre god" i indre del og i lokale resipienter.

Klorofyllverdiene for hvert av de seks sommertoktene ble benyttet som datagrunnlag for en Principal Component Analysis (PCA) (se Figur 4-17). Det ble bare benyttet en stasjon i Sandebukta (SA-1) og to mossesundet (MO-1 og MO2). I analysen vil stasjoner med stor likhet befinne seg relativt nær hverandre.



Figur 4-17 Resultatet av PCA basert på målte klorofyll-a verdier fra seks tokt sommeren 2001. Det er markert to grupperinger med innbyrdes stor likhet med hensyn til klorofyllmengder i løpet av sommersesongen.

Analysen bekrefter det generelle bildet fra Figur 4-16 med en stor gruppe med moderate klorofyllverdier, en mindre gruppe (Moss, Sandebukta og Filtvedt) med tilstandsklasse "III – Mindre god" og tre stasjoner i Hvalerområdet (R-5 i Ringdalsfjorden og S6/S9 i Singlefjorden) som alle skiller seg ut med relativt høye klorofyllverdier gjennom sommeren spesielt i august og september. Hvalerstasjonene Ø-1 og I-1 er begge gruppert i hovedgruppen.

4.3.5 Algeplankton

OSPAR-kommisjonens eutrofieringskomite (EUC) la i møtet 26-30. november 2001 vekt på å vurdere algeplankton, spesielt navngitte indikatorarter, i forbindelse med å analysere primæreffektene av eutrofiering. Algeplanktonmaterialet i denne undersøkelsen er et godt grunnlag for slike vurderinger, men dekker bare en vekstsesong. En del foreløpige konklusjoner kan likevel trekkes også etter dette første året av undersøkelsen etter mer overordnede kvalitative vurderinger, i påvente av at det utvikles numeriske metoder for sammenligning av algeplanktonbestander. OSPAR har foreløpig ikke beskrevet vurderingskriteriene for indikatorartene eller algesamfunnene ellers. Slike kriterier er heller ikke beskrevet i SFT's veiledning for klassifisering av miljøtilstand (SFT 1997) eller i det utsendte høringsnotatet for gjennomføring av resipientundersøkelser.

Nedenfor har vi kommentert forekomsten i ytre Oslofjord av arter som OSPAR/EUC har nevnt spesielt som eutrofieringsindikatorer og relatert dette summarisk til kjennskapet vi har til disse artene i norske farvann.



- ***Alexandrium* spp.** Dette er dinoflagellater som produserer toksiner i PSP¹-komplekset og som har vært årsak til sterkt giftige blåskjell i Oslofjorden. OSPAR/EUC nevner at forekomsten kan være knyttet til tilførsler av næringssalter. Det er usikkert om dette gjelder norske farvann. Her har det vært store oppblomstringer og en rekke forekomster helt nordover til Varangerfjorden på lokaliteter som ikke kan settes i forbindelse med eutrofiering, men oppblomstringer er også observert i eutrofierte områder, for eksempel Nordåsvannet i Bergen og indre Oslofjord på 1970-tallet.

I 2001 ble *Alexandrium tamarense* og *Alexandrium minutum* observert i sporkonsentrasjoner både innskjærs og i de åpne delene av fjorden om sommeren og høsten. *Alexandrium ostenfeldii* ble observert i noen vårprøver (håvtrekk).

- ***Dinophysis* spp.** produserer toksiner i DSP²-komplekset. Flere arter er vanlige i ytre Oslofjord og tilgrensende havområder og har vært årsak til giftige blåskjell. OSPAR/EUC nevner denne slekten blant indikatorene, uten å begrunne det med tilknytning til eutrofiering. *Dinophysis* er en naturlig komponent av planktonsamfunnet langs norskekysten med større forekomst i Sør-Norge enn i Nord-Norge. Oppblomstringer har vært knyttet til spesielle hydrografiske forhold og sprangsjiktet (skillet mellom overflatelaget og det egentlige fjordvannet under dette).

I 2001 var det påvisning av moderate bestander gjennom hele året, og tidvis var det tilnærmet dominans i håvtrekkprøver, spesielt i innskjærs farvann på begge sider av fjorden, men nesten ikke i indre Drammensfjord. De vanligste artene var *D. norvegica* og *D. acuta*, men også *D. acuminata*, *D. rotundata* og *D. skagii* ble observert. Forekomsten av disse algene har ført til problemer med produksjon av blåskjell for salg i Østfold i 2001.

- ***Chrysochromulina polylepsis*.** Denne flagellaten hadde en massiv oppblomstring i 1988 i Skagerrak-Kattegat, også de vestre delene av ytre Oslofjord (Færder), men i mindre grad de østre delene (Hvaler). Den forårsaket omfattende fiskedød og økosystemskader til tross for at biomassen var liten. Det har senere vært oppblomstringer i indre Skagerrak og påvisninger i ytre Oslofjord uten at det har vært observasjoner av skadelige effekter.

Chrysochromulina er vanskelig eller nærmest umulig å identifisere med sikkerhet i fiksert materiale som analyseres i lysmikroskop. *Chrysochromulina*-celler blir derfor rutinemessig inkludert i sekkeposten "Flagellater og monader indet." Analyser av levende prøver fra Torbjørnshjær og Singlefjorden (innsamlet i annen sammenheng av Oceanor) viste at *Chrysochromulina* var tilstede i enkelte prøver gjennom sommerperioden, men ble aldri observert i store bestander. OSPAR/EUC gjengir en del synspunkter på forekomsten av denne arten i forhold til eutrofiering og spesielle næringssaltforhold.

- ***Karenia mikimotoi*.** Denne arten (tidligere kalt *Gyrodinium aureolum*) opptrer vanligvis i august-oktober. Regionale oppblomstringer har forekommet i 1966, 1976, 1981, 1982, 1985, 1988 og 1990, 1991, 1992, 1993 og 1994, mest utbredt på strekningen Oslofjorden-Rogaland. Den har også opptrådt hyppig i vestre deler av Den Engelske Kanal. Utgangsbestander synes å oppstå i åpent farvann i spranglaget. *Karenia mikimotoi* er godt tilpasset denne nisjen. Den vokser relativt sent og er lite populær som næring for beitende dyreplankton. Algene konsentreres ved kysten. De opptrer ofte i store mengder i overflaten ved pålandsvind. Lokal oppstuvning av algen skyldes en kombinasjon av nedstrøm ved land og algens vandring mot lyset. Ved større opphopninger kan de trolig skygge for

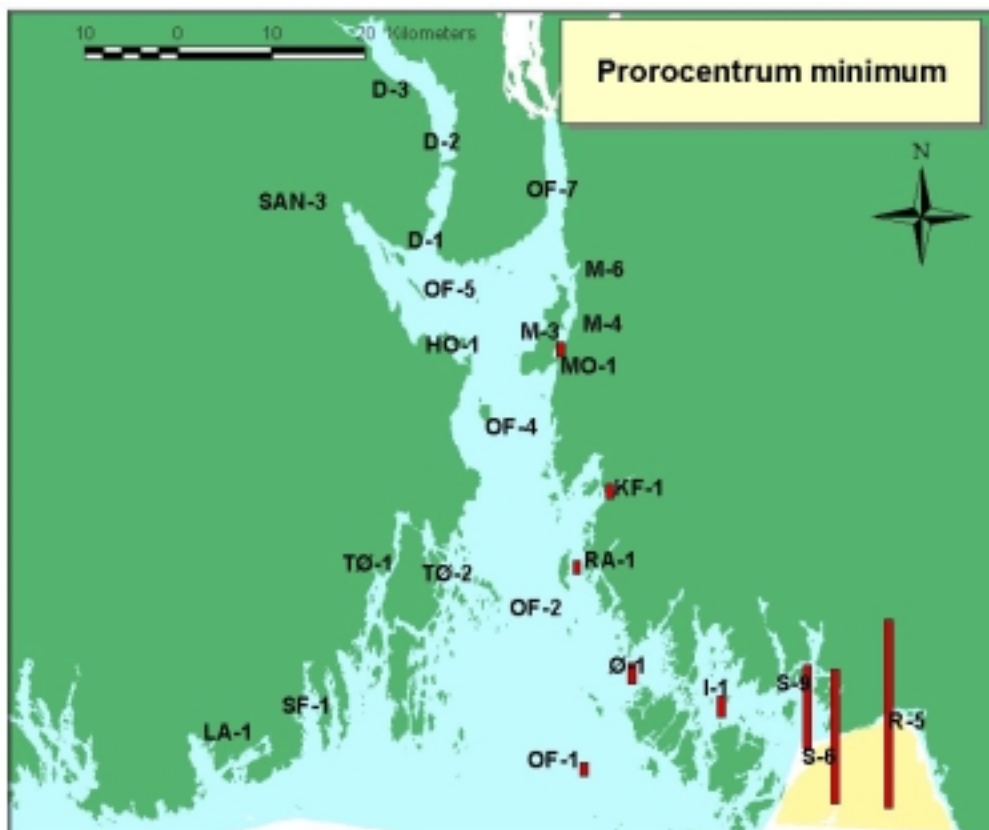
¹ PSP – Paralytic Shellfish Poisoning

² DSP – Diarrhetic Shellfish Poisoning

seg selv og derved søke mot overflaten. Mye nedbør og avrenning gir markerte skikt av brakkvann hvor algen kan opptre særlig tett. Det er uavklart hvor viktig nedbør og avrenning er som næringskilder, men for en større oppblomstring langs kysten i 1981 ble havet selv funnet å være viktigste nitrogenkilde (Dahl & al. 1987). Betydningen av balansen mellom nitrogen og fosfor for slike oppblomstringer og deres giftighet er ikke avklart. Forekomstene i ytre Oslofjord har først og fremst hatt sammenheng med større oppblomstringer, som har gått langs hele kysten av Skagerrak. Oppblomstringene har avtatt litt i styrke innover i fjorden. Dog er det eksempler på lokale oppblomstringer i indre Oslofjord. Unntaksvis har *Karenia* vært årsak til fiskedød i ytre Oslofjord. De store oppblomstringene i Norge, med unntak av oppblomstringer i indre Oslofjord, er neppe knyttet til lokale nærings salttilførsler, men er et regionalt fenomen. En oppblomstring vil effektivt utnytte alle næringsalter den kommer i kontakt med og dermed kunne øke algemengdene lokalt. I de senere årene er det observert moderate oppblomstringer av *Karenia* mange steder langs kysten, også i Nord-Norge.

Forekomstene var små i 2001, men arten ble observert i Oslofjorden, både inneskjærs i Østfold og utenskjærs i hovedvannmassene. OSPAR/EUC har ikke relatert denne arten til lokale eutrofi-forhold, men setter forekomstene i forbindelse med mer storstilte endringer i nærings saltforholdene.

- ***Prorocentrum minimum***. To dinoflagellater, *Prorocentrum minimum* og *Ceratium furca*, hadde markerte oppblomstringer i ytre Oslofjord i 2001. *Prorocentrum minimum* er en karakterart for ytre Oslofjord, spesielt Østfold. Utbredelsen av *Prorocentrum minimum* da oppblomstringen var på maksimum, er vist i Figur 4-18.



Figur 4-18 Utbredelsen av dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* i ytre Oslofjord 29. juli – 1. august 2001 da oppblomstringen var på topp. Søylen på R-5 tilsvarer 2 mill celler/L. Lineær skala.



Prorocentrum minimum ble første gang dokumentert i Nord-Europa under en massiv oppblomstring på begge sider av ytre Oslofjord i 1979 (Tangen 1980). Åpenbart har denne arten funnet en økologisk nisje i Oslofjorden. Etter 1979 har det nærmest årvisst vært store oppblomstringer i det samme området og i indre fjord i begynnelsen av 1980-årene. Oppblomstringene strekker seg ut i de åpne områdene av fjorden, men konsentrasjonene, f.eks. ved Torbjørnskjær, har aldri nådd opp i maksimumskonsentrasjonene innenskjærs. Forekomsten har spredt seg fra dette kjerneområdet til Kattegat og inn i Østersjøen. Typisk er oppblomstringene knyttet til overflatelaget og forårsaker grumset sjø med dårlig sikt og gulbrun misfarging. De aller største konsentrasjonene som kan bli på flere hundre millioner celler per liter vann, har vært observert i indre Oslofjord og innenskjærs i Østfold og sjeldnere i Vestfold. I global målestokk danner *Prorocentrum minimum* tilsvarende oppblomstringer på østkysten av USA, spesielt i estuarområder (f.eks. Chesapeake Bay og Long Island) og i en rekke skjermede lokaliteter i Japan, langs den bulgarske Svartehavskyst og den franske Middelhavskyst. Karakteristisk for arten er at oppblomstringene finner sted i overflatelaget i lagdelte vannmasser der det er rik tilgang på næringsalter over sprangsjiktet. *Prorocentrum*-arter er nevnt som indikatorer på eutrofiering av OSPARCOM's eutrofikomite.

- Av øvrige arter nevnt av OSPAR/EUC ble det observert sporbestander av *Noctiluca scintillans*. Dette er en stor heterotrof dinoflagellat som hos oss er den klassiske morild-organismen. Enkelte år danner den masseforekomster og flak av tomatsuppefarget sjø i Skagerrak, som også kan nå inn til ytre Oslofjord.

4.3.6 Sammendrag næringsalter og algeplankton

I forbindelse med vurderingene til ekspertgruppen nedsatt av SFT som ble utgitt i 1996 ble Oslofjorden inndelt i underområder basert på forekomst av algeplankton (se **Figur 4-1**). Vi har valgt å benytte samme inndeling i vurderingen og rapporteringen av undersøkelsene utført i 2001. Med bedre datagrunnlag innsamlet gjennom videre overvåkning vil inndelingen av området sannsynligvis bli noe endret, spesielt i forhold til noe mer detaljering av lokale resipienter.

Avgrensingen av fjordavsnittene er kommentert nedenfor både i forhold til tidligere undersøkelser og inndelingen som ble gjort i forbindelse med SFT's ekspertgruppes utredning av eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord og informasjon innhentet i løpet av 2001.

Avsnitt B. Breianger, mellom Drøbaksundet og snittet Moss-Horten, men ikke Drammensfjorden.

Vannmassene er tidligere inndelt i tre nivåer. Øverste 30 m (produksjonslaget) og særlig brakkvannslaget over 5 m er sterkt påvirket av lokale tilførsler, særlig fra Drammenselva med lavere saltholdighet og høyere konsentrasjoner av uorganiske næringsalter, særlig nitrat og silikat. Vannmassene dypere enn 30 m var i stor grad preget av vannutvekslingen med Skagerrak med små forskjeller i saltholdighet mellom ytre og indre del.

Forholdene i første del av perioden var preget av tidligere stor innstrømming av relativt salt vann slik at de øvre nivåene av vannmassene var relativt tynt. På stasjon OF-5 ser man tydelig hvordan 34 PSU isolinjen forskyves dypere i løpet av året på grunn av tilførsler av ferskere vann.

Konsentrasjonene av næringsalter skiller seg lite fra det øvrige området, bortsett fra noe høyere vinterverdier av nitrat sammenlignet med stasjonene i ytre del av fjorden. Dette fører blant annet til et markert høyere N/P forhold (>50% høyere) sammenlignet med upåvirkede områder.

På tross av noe høyere klorofyllkonsentrasjoner sammenlignet med utenforliggende stasjoner i hovedfjorden, er det ikke påvist signifikante forskjeller.



Allerede Braarud & Bursa (1939) relaterte høye konsentrasjoner av *Skeletonema costatum* i dette avsnittet i 1933-34 til effekten av kloakkutslipp, men utslagene var mindre enn i indre Oslofjord, antatt på grunn av fysiske faktorer. I materialet fra 1970-årene var det ingen vesentlig forskjell i konsentrasjonene av algeplankton mellom Drøbaksundet og de åpne områdene av Breiangen. Området kan i en viss grad regnes som et transittområde som periodevis tilføres relativt store algeplanktonbestander fra indre fjord. Også de store oppblomstringene av *Karenia mikimotoi* med tyngdepunkt i Skagerrak kan i enkelte tilfeller omfatte Breiangen (Tangen & Bjørnland 1985). Oppblomstringene av enkelte kiselalger (*Pseudonitzschia*, *Dactyliosolen*) i 2001 indikerer at dette er et område med gunstige forhold for algevekst, som kan skyldes hydrografiske forhold som tilfører overflatelaget næringssalter, i kombinasjon med tilførsler fra indre fjord, Drammensfjorden og Glomma.

Drammensfjorden innenfor terskelen

Forholdene i Drammensfjorden er karakterisert av ferskvann fra Drammenselva i overflaten og den grunne terskelen som normalt fører til stagnant bunnvann og oksygenvinn. Det ble bare innhentet vannprøver fra sommerperioden (juni – september). I denne perioden tilsvarte konsentrasjonene av næringssalter SFT's tilstandsklasse II – God for alle parametre. Forholdet mellom nitrat og fosfat var svært høyt i overflaten (N/P>70, normal verdi for marine områder ca. 16), mens forholdstallet på 20m dyp var normalt.

Klorofyllkonsentrasjoner og siktedyp skilte seg ikke ut i forhold til området som helhet. Sammenlignet med andre lokale resipienter som Mossesundet og Hvalerområdet var siktedypet markert bedre og klorofyllverdiene noe lavere. Dette kan skyldes at det foregår lite vekst i de øvre 2-4 m med ferskvann og at ferskvannet inneholder lite humus.

Algematerialet fra dette kystavsnittet er forholdsvis sparsomt, men resultatene fra 2001 bekrefter mye av informasjonen fra undersøkelser på 1950-tallet (Braarud & Hasle 1958). Det er generelt dominans av brakkvannsarter som *Diatoma elongatum* og flagellater (f.eks. *Dinobryon*). Det var ingen indikasjoner i 2001 på unormalt store algeforekomster som kan relateres til eutrofiering. Imidlertid var det tidvis høyere klorofyllkonsentrasjoner enn algedataene skulle tilsi. Dette kan ha sammenheng med innsamlingsmetodikken ved at prøvesettene representerer noe forskjellig dybdeintervall.

Avsnitt C. Ytre fjord mellom snittet Moss-Horten og snittet Koster-Stavern, men ikke indre områder i Østfold og Vestfold.

Inndelingen av vannmassene tilsvarende inndelingen i Breianden. Øverste lag er sterkt påvirket av lokale tilførsler, både fra Drammenselva og Glomma. Det observeres en klar fallende trend i vinterverdiene av nitrat utover i fjorden. På OF-4 har man markert forhøyet N/P forhold, mens tilsvarende forhold på stasjon OF-1 Torbjørnshjørn nærmer seg normale verdier (16). Tilsvarende trend observeres i forhold til konsentrasjonen av klorofyll sommerstid med fallende verdier utover i fjorden selv om klassifiseringen i henhold til SFT veiledningen ikke endres ("II – God").

Resultatene fra undersøkelsene av algeplankton i 1970-årene og 1990-årene ga ingen indikasjoner på store forskjeller mellom stasjonene innenfor dette avsnittet. I begge periodene var det endel lokale variasjoner, men hovedinntrykket er relativt høye konsentrasjoner av kiselalger, dinoflagellater og flagellater gjennom vekstsesongen. I 1970-årene var det likevel eksempler på karakteristiske arter (eks. *Thalassionema nitzschioides*) som hadde en gradient fra gjennomsnittlig høyest celltall i Drøbaksundet til lavere i Breianden (Avsnitt B) og lavest i de ytre delene (Avsnitt C). Artssammensetningen i kvantitative prøver og håvtrekkmateriale viste også i 2001 at det periodevis kan være relativt store bestander i de åpne delene av fjorden av arter som samtidig har oppblomstringer i innenskjærs farvann i Østfold (eller Vestfold) (f. eks. *Cyclotella caspia*, *Prorocentrum minimum*), og dette avsnittet er som regel en del av oppblomstringsområdet for store oppblomstringer av *Karenia mikimotoi* som har utgangspunkt i Skagerrak.

**Avsnitt D. Innenskjærs områder og skjærgården i Vestfold.**

Dette området består av flere lokale resipienter som ikke eller i liten grad påvirker hverandre. Tønsbergfjorden skiller seg ut som det mest innestengte og mest belastede området, mens forholdene i den mer åpne og mindre belastede Sandefjordsfjorden er mer lik utenforliggende områder. Det er ikke innhentet vannprøver i vinterperioden. Konsentrasjonene av næringssalter og klorofyll i sommerperioden viser sammenlignbare verdier med området ellers. Tønsbergfjorden skiller seg ut med noe høyere verdier av total-nitrogen. N/P forholdstallet fra overflatelaget sommerstid er lavt, men er sammenlignbart med området som helhet.

Utskiftningen av bunnvannet i Tønsbergfjorden er redusert slik at det i perioder oppstår markert lavere oksygenkonsentrasjon like over bunnen. Dette er ikke observert på de øvrige stasjonene i området.

Det foreligger ingen sammenhengende måleserier av algeplankton fra dette avsnittet, men spesialundersøkelser under oppblomstringssituasjoner har vist at det kan utvikles misfarget sjø og store forekomster, spesielt av dinoflagellater (Tangen 1985, Paasche & al. 1984), også i ekstremt høye konsentrasjoner (Tangen 1980). Hvorvidt dette er unntakstilfeller eller om situasjonen har endret seg i de senere år, er ikke kjent. Materialet fra 2001 synes å være det eneste algemateriale av noe omfang fra dette området, og flere års undersøkelser bør foreligge før en ser om det er grunnlag for å dele inn området i mindre avsnitt. Det synes likevel å være klart at det er et skille et sted mellom Sandefjord og Larvik, med gjennomgående mindre algeforekomster i Larviksfjorden enn i områdene lenger nord.

Avsnitt E. Innenskjærs områder og skjærgården i Østfold.

Området er sterkt påvirket av ferskvann fra Glomma og Haldenvassdraget. Konsentrasjonene av næringssalter er markert høyere både i sommer og vinterperioden. N/P forholdet er markert høyere enn normalt både om sommeren og vinteren, spesielt på stasjon R-5 i Ringdalsfjorden, på grunn av de store tilførselene fra land (landbruk og bakgrunnsbelastning)..

Deler av området er også sterkt påvirket av humus. Siktedypet i Ringdalsfjorden er i perioder klassifisert som "V – Meget dårlig", mens det genrelt i området er karakterisert som "IV – Dårlig". I tillegg til humus bidrar relativt store bestander av algeplankton (høye klorofyllverdier) til redusert siktedyp.

Oksygenforholdene i bunnvannet er meget dårlige i Ringdalsfjorden og forbedres ut mot de ytre delene av området (stasjon Ø1) hvor tilstanden er sammenlignbare med hovedfjorden.

Dette avsnittet ble ikke inkludert i undersøkelsene av algeplankton i 1970-årene, men resultatene fra senere undersøkelser og det omfattende materialet fra 1990-årene viser at dette avsnittet skiller seg markert ut som den delen av ytre Oslofjord som har de gjennomgående største algeplanktonbestandene. Dette ble bekreftet av resultatene fra 2001. Det er her omtrent hvert år en serie av oppblomstringer der alle hovedgrupper av algeplankton kan være representert. Etter den første dokumenterte oppblomstringen av *Prorocentrum minimum* i Nord-Europa, som fant sted i innenskjærs områder i Østfold og Vestfold i 1979 (Tangen 1980), har Østfold blitt et kjerneområde for denne arten, med tildels massive oppblomstringer omtrent hvert år. Høsten 1995 har det vært en massiv oppblomstring av den store dinoflagellaten *Ceratium furca* med misfarget sjø begrenset til dette avsnittet og avsnitt D. Resultatene fra 2001 tyder på at Ringdalsfjorden/Iddefjorden har en annen algestatus enn Singlefjorden, og at nærområdet til Glommas utløp også skiller seg ut.



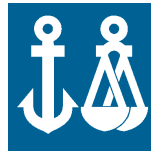
4.4 Foreløpige konklusjoner

Vinteren 2000/2001 før oppstart av overvåkingen hadde oksygenrikt atlantisk vann strømmet inn i alle bassenger i Ytre Oslofjord. Oksygen-nivået var derfor ensartet og relativt høyt i dypereliggende vannmasser i hele fjorden bortsett fra i de naturlige anoksiske bassengene Drammensfjorden og Horten. Situasjonen tilsvarte det en observerte i 1997. I løpet av 2001 ble oksygen-nivået redusert med noe ulik rate i de enkelte bassengene. I de fleste bassengene kom en mindre utskiftning i løpet av høsten. Generelt tilsvarte lavest observerte nivå på de enkelte stasjonene tilstandsklasse *Meget god* eller *God* i henhold til SFT kriteriene.

Lokale tilførsler fra blant annet Glomma og Sandeelva av næringssalter fører til at tilstanden i enkelte lokale resipienter klassifiseres som Mindre god til Dårlig, men generelt fremstår tilstanden i Ytre Oslofjord som God til Meget god. I ferskvannspåvirkede lokale resipienter som Hvalerområdet, Drammensfjorden og Sandebukta var forholdstallet mellom nitrogen og fosfor sterkt forskjøvet i forhold til normale verdier. Dette betraktes som en indikator for økt sannsynlighet for oppblomstring av skadelige alger. Med bakgrunn i observasjoner fra 2001 og tidligere er fjorden er inndelt i avsnitt som hvert enkelt har særtrekk som har betydning for algevekst.

Forekomstene av algeplankton i ytre Oslofjord er beskrevet på grunnlag av et relativt omfattende materiale fra 2001 og resultater som har vært tilgjengelige fra tidligere undersøkelser. Avsnittet som omfatter innenskjærs områder og skjærgården i Østfold skiller seg ut ved å ha gjennomsnittlig betydelig høyere konsentrasjoner av kiselalger enn de andre avsnittene. De åpne områdene i ytre fjord, begrenset av snittet Moss-Horten i nord og snittet Koster-Stavern i sør, synes å ha noe høyere konsentrasjoner enn områdene lenger sør. Enkelte av avsnittene har karakteristiske oppblomstringer av arter fra flere algegrupper i sommerperioden. Områdene som er sterkest influert av avrenning fra Glomma, synes også å ha de relativt høyeste konsentrasjonene av kiselalger.

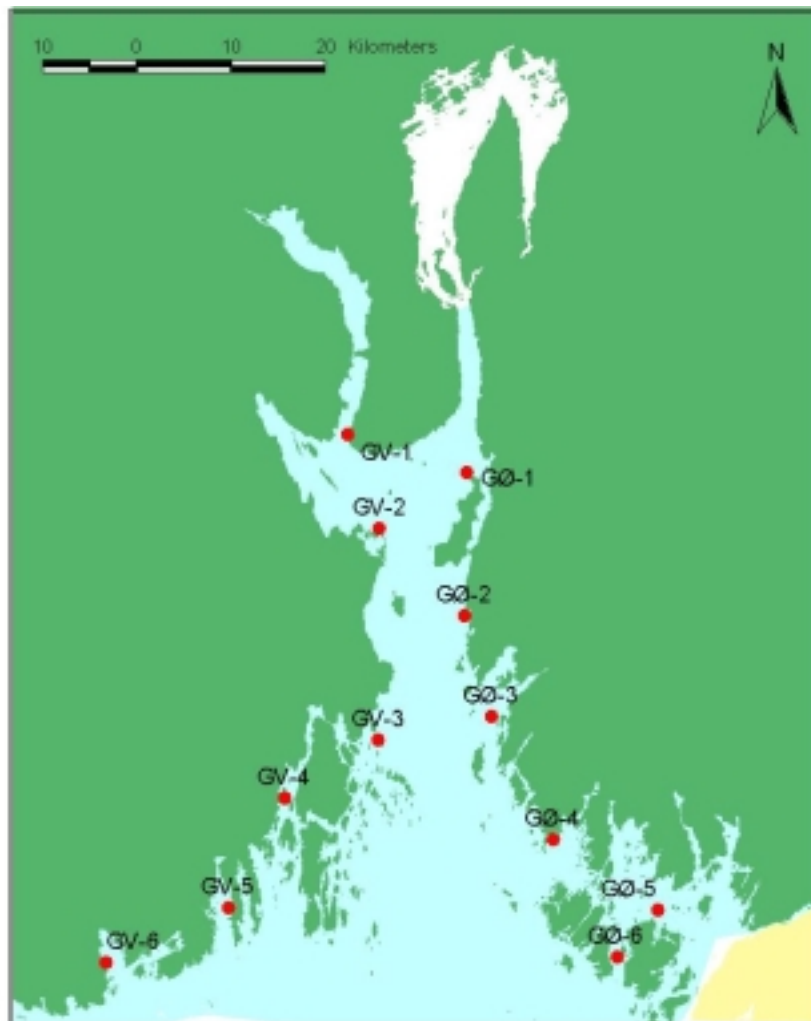
Spesielt innenskjærs områder i Østfold, tildels også i Vestfold, har trekk ved algeplanktonforekomstene som man andre steder knytter til økt tilførsel av næringssalter til overflatelaget. Dette gjelder ved siden av relativt høye celletall for kiselalgene, store oppblomstringer av dinoflagellater, spesielt karakterarten *Prorocentrum minimum* som globalt sett er kjent for å ha oppblomstringer i eutrofierte brakkevannsområder.



5 GRUNTVANSSAMFUNN

Med gruntvannssamfunn menes det dyre- og plantelivet (fauna og flora) en finner fra øverst i fjæra og til nedre voksegrense for alger. Dette området er produktivt og generelt artsrik (høy diversitet), og responderer på næringssaltinnholdet i sjøen med økt forekomst av grønnalger ved overgjødning.

Gruntvannsundersøkelsen ble gjennomført i begynnelsen av september på 12 lokaliteter i ytre Oslofjord. En oversikt over stasjonsplasseringen er gitt i figur 5-1.



Figur 5-1. Stasjonsoversikt gruntvannssamfunn

5.1 Beskrivelse av gruntvannssamfunnet

Registrering av fastsittende alger og dyr ble foretatt fra strandsonen og ned til maksimalt dyp for stasjonen. Typiske trekk ved hver lokalitet er oppsummert som følger:

GV1, Ytre Drammensfjorden

En moderat eksponert (bølgepåvirket) lokalitet hvor det var fjell de øverste 2m, og deretter dominerte løsmasser hele dykketransektet ned til 20m dyp. Fjæra var inndelt i en karakteristisk soneringen med



spiraltang/gjelvtang øverst, blæretang (og blåskjell) i midten og sagtang litt lengre nede. Det er forhøyet andel grønnalger, noe som er forventet å finne i et område som er dominert av mye ferskvannstilførsel.

GV2, Østøya

En moderat eksponert lokalitet med en blanding av fjell og stein av eruptive bergarter (lavastein), med relativt bratt helning på bunnen de øverste fire meterne.

I den øverste sonen fra 0-2m dyp var krusflik, rekeklo og dokkene blant de vanligste algartene. Dette er vanlige og typiske arter for Oslofjorden. Helt øverst i fjæra var blæretang dominerende. Dypere ned var det spredt forekomst av alger og enkelte tarer. Stasjonen var artsrik både når det gjaldt alger og dyr.

GV3, Torgersøy

Stasjonen er moderat til lite eksponert hvor bunnen skråner slakt ned til 4m dyp for deretter å bratt ned som en skrent ned til 18m dyp.

Fjæra var karakterisert av en tett bestand av blæretang og en mindre mengde sagtang. Grønnalger var vanlig og et fremtredende trekk i fjæra. Det var en tydelig sonering av både rur og blåskjell, dypere ble det observert typiske hardbunnsarter på fjellveggen.

GV4, Ravnøy

Lokaliteten er svært beskyttet lokalitet, og består av fjellgrunn ned til 8m dyp hvor bunnen skråner og går over til mudderbunn fra ca. 12m dyp. Ingen spesiell dominans av noen alger i fjæra, men flere arter som forekommer med omtrent samme dekningsgrad. For å nevne noen; rødsleipe, krusflik, rekeklo, sagtang, spiraltang, vanlig grønnalge, sjøris, perlesli og pepperalge.

Det var et stort innslag av blåskjell opp mot og i littoralsonen. Rur og strandsnegl ble observert spredt.

GV5, Hellsøy

Lokaliteten er moderat eksponert. Bunnen var svakt skrånende med grov sand og mudder fra 4 meter og nedover, det var innslag av små stein. Største dykkerdyp var 8m. I fjæra dominerte gjelvtang, blæretang i de øverste rammene og sagtang sammen med rødalgene; krusflik, rekeklo, sjøris og skorpeformete alger i de nederste rammene. Liten forekomst av grønnalger i fjæra på denne lokaliteten. Nedre del av transektet med spredt innslag av ålegress.

GV6, Lillevikodden, Larviksfjorden

Lokaliteten var lite eksponert, men gikk bratt med flere avsatter ned til 10m hvor bunnen fortsatte som sandbunn med en del store stein. Det var et brakkvannslag med sterk strøm i de øverste 2 meterne

Sagtang og blæretang var sjeldne i den øverste sonen mens vanlig grønnalge, tarmgrønske, røysgrønske og havsalat her var vanlige til dominerende. Generelt var forekomsten av grønnalger i fjæra meget høy.

Øvre del av stasjonen var ellers preget av mye blåskjellskall, tett forekomst av store sjøstjerner og et blåskjellbelte begrodd med rur.

GØ1, Bevøya syd

Lokaliteten er moderat eksponert, og som GV-2 består fjellgrunnen av lavastein. Bunnprofilen på transektet var svært slakt ned til 4 meter, deretter bratt ned til 14 meter hvor bunnen gikk over i en mudderbunn.

Fra fjæra og ned til 2m dyp var brunslip/erlesli blant de vanligste artene sammen med grønnalgen viklesnøre. Dypere ned var sukkertare og forskjellige rød- og brunalger vanlige.



GØ2, Fuglevik Syd

Lokaliteten er moderat eksponert, og svakt skrånende ned til største dykkedyp på 10m. De øverste tre meterne var det fjell, mens det i resten av transektet var sandbunn med en del stein. Bunnen skrånet jevnt i hele veien.

Et belte av rødalger strakk seg fra 2-6m og ble utgjort av algeartene fagerdokka, sjøris, rekeklo, krusflik, fagerving, fiskeløk, hummerblekke, rødkluft, teinebusk, dokke-arter og skorpeformete rødalger. Brunalgene var representert av stortare, sagtang, tanglo, skolmetang og perlesli/brunli. Grønnalgen viklesnøre var også relativt vanlig i dette belte fra 2-6m og vanlig grønn dusk forekom hyppig fra 2-0m.

I øvre del av strandsonen var det et stort innslag av små korstroll (sjøstjerner). Både tang og tarebladene var begrodd med mosdyr og små anemoner.

GØ3, Rødskjær, Krogstadjorden

Lokaliteten er moderat eksponert. Bunnen går bratt ned til 3-4m for deretter å gå over en undervannsrygg som gikk på tvers av transektet, for så å skråne svakt ned til ca. 10m dyp. Bunnen bestod av stein og sand fra 5 meter.

Øverst i fjæresonen var tarmgrønske, måsegrønske, fjæreblood, blæretang og sagtang blant de vanligste artene. Øverst i fjæra dominerte små blåskjell, og voksne skjell fra ca. 1m dyp. I skyggepartier var brødsvamp vanlig, ellers ble det påvist en del albusnegl, rur og strandsnegl de øverste 2-3m.

Lokaliteten fremstod som sunn og artsrik

GØ4, Hue

Lokaliteten er moderat eksponert hvor det var svakt skrånende nedslammet fjell fra overflaten og ned til 6m dyp, deretter løsmasser.

Denne lokalitet var preget av mye slam på algene og dårlig sikt i vannet. Ved ca 2m ble sikten bedre med mindre slam på algene. Grønn dusk, tarmgrønske og havsalat var vanlige grønne alger på lokaliteten.

På leirebunnen ble det observert en del eremittkreps (6m dyp), noe grunnere, på oppstikkende steiner, var det noe korstroll. Øverst i fjæra var det en del rur og strandsnegl.

GØ5, Vestre Damholmen

Lokaliteten var moderat til lite eksponert. Det var fjellbunn ned til 5 meter, resten var mudderbunn med en del store stein og knauser.

De samme algeartene som ble påvist på mange av de andre stasjonene ble også observert på GØ5. Grønn dusk, tarmgrønske og blæretang var meget vanlige arter. Det var også en tett forekomst av rur i strandsonen.

GØ6 - Kråka

Lokaliteten er moderat til lite eksponert og har en tett bevoksning av alger i strandsonen. Grønnalgene var representert med tarmgrønske og vanlig grønn dusk, og øverst i fjæra var rur og blåskjell vanlig.

5.2 Analyse av gruntvannssamfunnet

Foruten en transektanalyse (dvs. registrere alger og dyr fra største dykkerdyp til strandsonen) ble forekomsten av alger registrert i fastlagte ruter i fjæra (rutenettanalyse). Her blir dekningsgraden (hvor stor andel en art utgjør i en fastlagt rute) oppgitt i prosent. Et bilde fra feltarbeidet er vist under.



Figur 5-2. Rutenettanalyse. Dykker vurderer dekningsgraden til alger.

I norske farvann finnes ca. 100 arter av marine grønnalger, ca 200 arter av brunalger og ca 210 arter av rødalger. Forholdet mellom rød- og brunalger er i disse farvann nær 1:1 hvorav ca. halvdelen er grønnalger. Den relative fordelingen mellom rød/brun/grønnalger i uforurenset vann har vist seg å være 40% ($\pm 10\%$), 40% ($\pm 10\%$) og 20% ($\pm 5\%$) (Rueness, 1998). I fjæra (rammeregistreringene) vil andelen av brunalger være noe større enn andelen av rødalger ettersom rødalgene generelt vokser dypere nede og forholdet vil da være mere forskjøvet mot 35%/45%/20%.

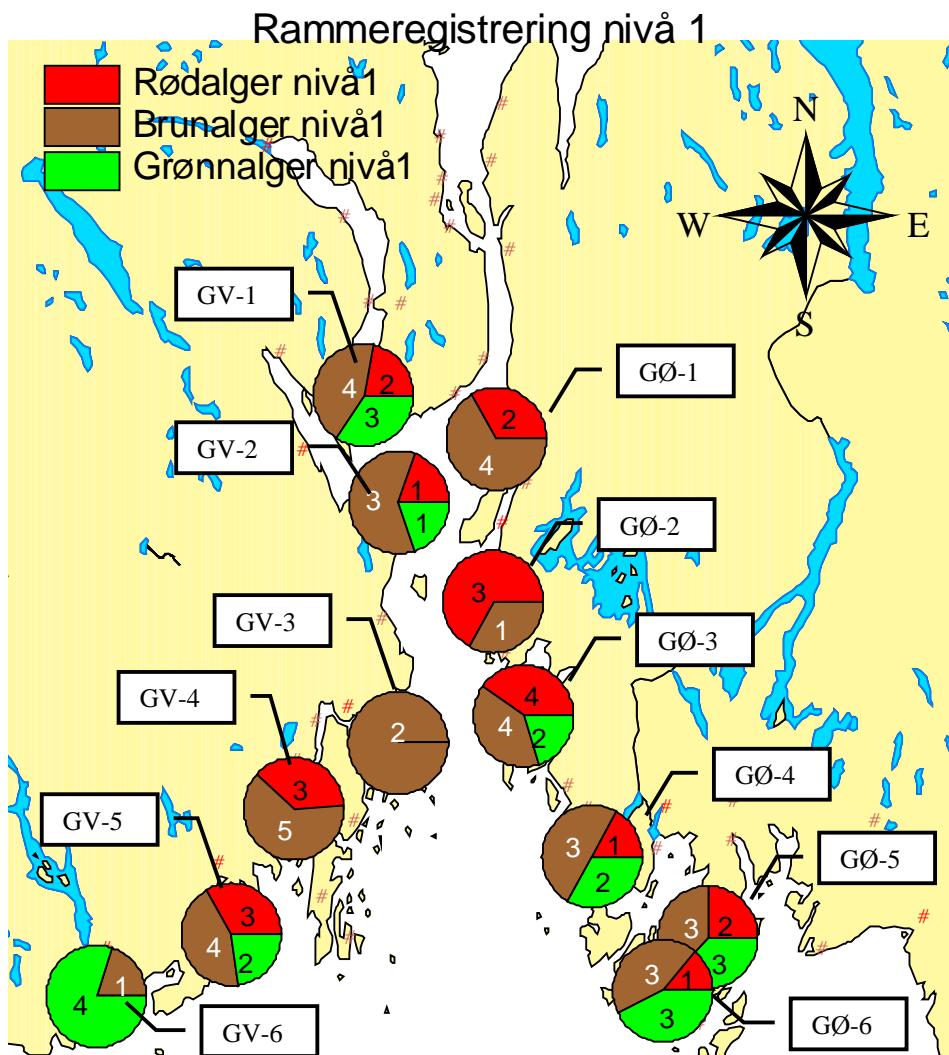
Fordelingen av antall arter rød- brun- og grønnalger er vist i figur 5.2 og 5.3. Overgjødsling forskyver altså fordelingen mellom andel rød- brun og grønnalger mot et større andel grønnalger.

Fordeling av alger i helt øverst i strandsonen viser at stasjon GV-6, klart skiller seg ut med dominans av grønnalger (80%) og fravær av rødalger. Øvrige stasjoner hvor andelen grønnalger er klart høyere enn normal mengdefordeling (20% \pm 5%) er GV-1 (33%), GØ-4 (33%), GØ-5 (38%) og GØ-6 (43%). Alle disse stasjonene ligger i fjorder eller øyområde med utløp av en stor elv, Glomma til Hvaler skjærgården, Lågen til Larviksfjorden og Drammenselva til Drammensfjorden.

Noe dypere (ca 0,5m dyp) er imidlertid fordeling noe annerledes enn og høy andel grønnalger forekommer kun på stasjon GV-2, GØ-4 og GØ-6. Andel grønnalger er 40% på alle tre stasjonene.

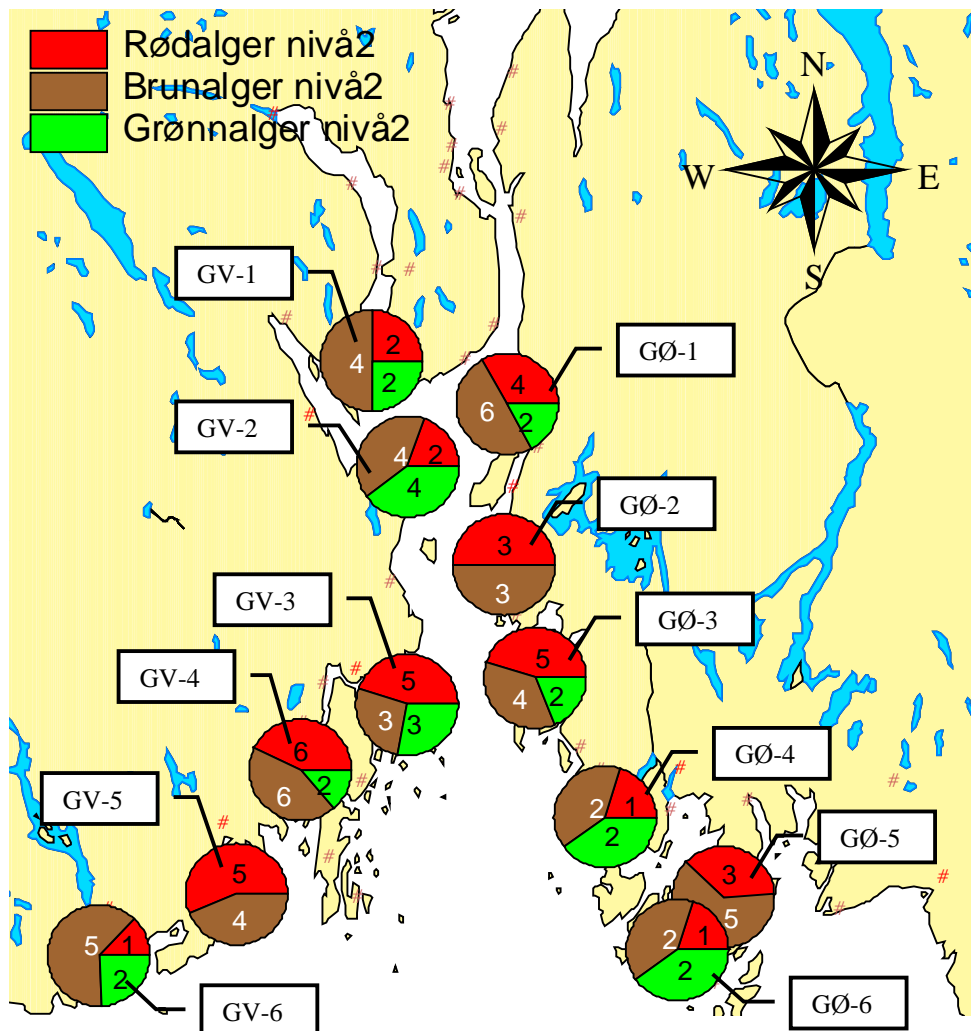
Likhetsanalysene som er gjennomført underbygger dette, dvs. GV-6 skiller seg ut fra de andre stasjonene mht. fordeling av alger helt øverst i fjæra (mer grønnalger på GV-6), ellers fremkommer det ikke noe entydig mønster (gradient, sør-nord, eller øst-vest).

Fordelingen mellom rød-, brun- og grønnalger registrert på hver stasjon i hele transektet (dvs. fra fjæra og ned til største dykkedyp vist i figur 5-5). Det er liten forskjell i fordelingen mellom algegruppene fra stasjon til stasjon. Dette innebærer ikke at det er de samme artene som forekommer på hver stasjon, men at fordelingen mellom antall arter innen rød-, brun- og grønnalger er lite forskjellig. Stasjonene som peker seg ut er GØ-1 med en høy andel grønnalger samt GØ-6 og GV-6 med en høy andel rødalger.

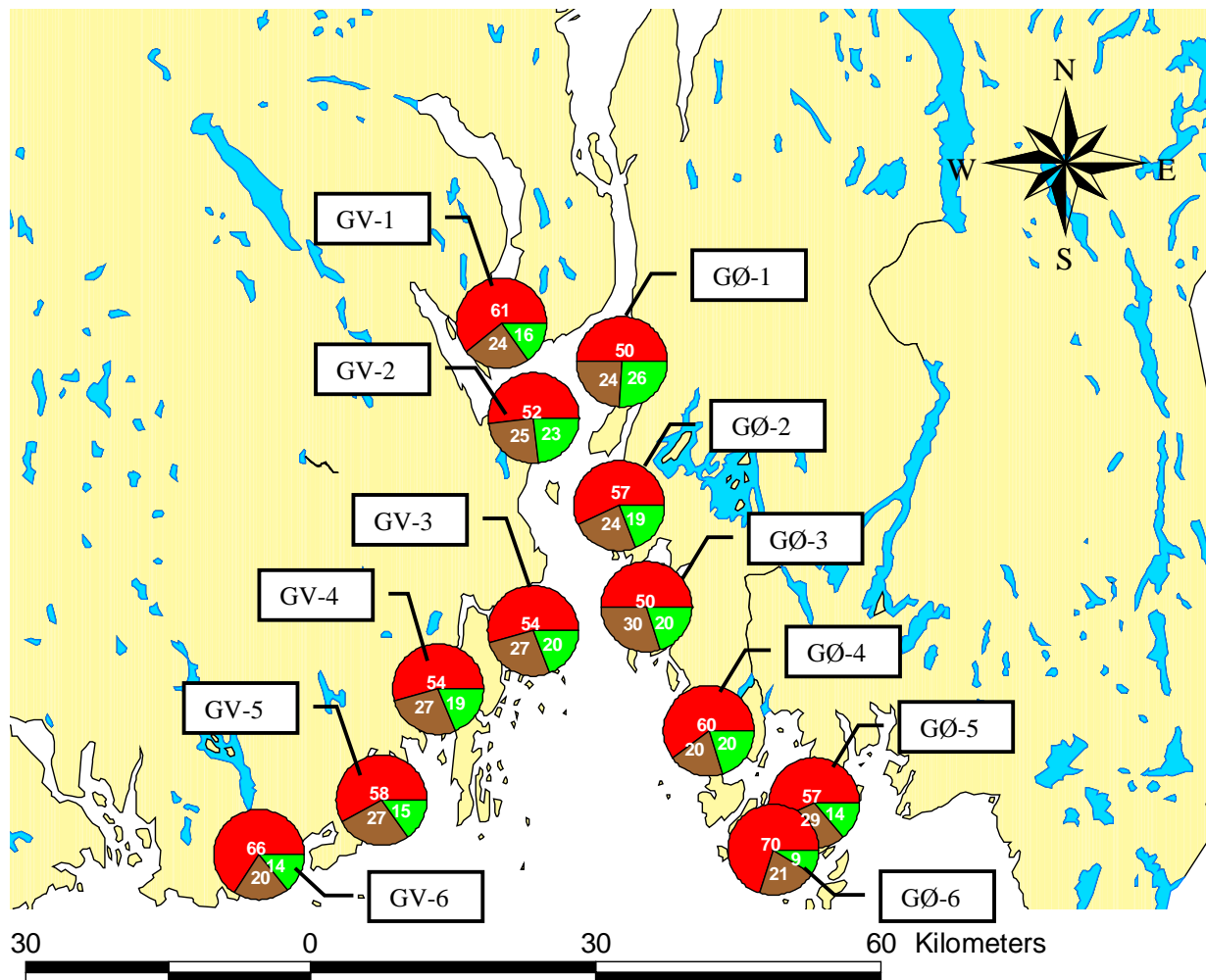


Figur 5-3 Antall arter av rød-, brun og grønnalger på hver stasjon. Registrering helt øverst i fjæra (nivå 1).

Rammeregistrering nivå 2



Figur 5-4. Antall arter av rød-, brun og grønnalger på hver stasjon. Registrering i nivå 2 (ca. 0,5m dyp).



Figur 5-5. Fordeling av rød-, brun og grønnalger i transektregistrering fra største voksedyp til overflaten..



Det er registrert relativt sparsom utbredelse av fauna i undersøkelsesområdet. Dette er vanlig for ytre Oslofjord, og skyldes en kombinasjon av ferskvannspåvirkning og kraftig nedslamming. Artsrikdommen er lavest på lokalitetene på Østfold- og Hvaler-siden.

Rutenettregistreringene av alger i fjæra har vist stor variasjoner mellom stasjonene (det vil si liten likhet), men stasjon GV6 i Larviksfjorden skiller seg fra de andre stasjonene med høy andel grønnalger i fjæra. Stasjonene i Hvalerområdet har mer til felles mhp. artsammensetning enn de andre stasjonene. Disse stasjonene har også en del til felles med Tønsberg og Horten stasjonene.

Transektanalysene viser også at det liten likhet mellom stasjonene, men her er det mer tydelig at Østfoldstasjonene, fra Krogstadfjorden til Hvaler, har mer til felles enn de andre stasjonene.

Undersøkelsen har i 2001 vist at spesielt stasjon GV6, men også GV1, og Hvalerstasjonene GØ4, GØ5 og GØ6 har høyere andel grønnalger enn antatt for upåvirkede lokalitet. Det er flere faktorer som kan påvirke fordelingen mellom rød-, brun- og grønnalger, blant annet overgjødning, ferskvannspåvirkning og eksponeringsgrad.

Siden flere av stasjonene i denne undersøkelsen er lagt et stykke inn i fjordene er andelen grønnalger høyere enn stasjoner som ligger lenger ut i fjordene. Dette skyldes lokale påvirkninger (elvetilførsel, kloakk etc.). Mye av utfordringen i å danne seg et helhetlig bilde av hele ytre Oslofjord ligger i det at det er store lokale forskjeller mht. topografi. For eksempel kan to lokaliteter ha mye av den samme karakter i strandsonen (eksponeringsgrad, helningsvinkel), men dypere enn 2-3m er det likevel store forskjeller mellom stasjonene. Dette medfører f.eks. at det er vanskelig å vurdere maksimal dybdegrens for enkelte alger. Det foreslås at i den oppfølgende undersøkelsen legges det mer vekt på rutenettanalyser med vesentlig flere prøvetakingsstasjoner. Dette for å øke oppløsligheten i undersøkelsen slik at eventuelle gradienter lettere kan vurderes. Det er også viktig at en følger de samme stasjonene over tid slik at en kan vurdere naturgitte variasjoner (så som seshongvariasjoner).

5.3 Foreløpige konklusjon

Gruntvannsundersøkelsen i 2001 har vist at det generelt er liten grad av overgjødning i ytre Oslofjord. Øverst i strandsonen skiller stasjoner som ligger i nærheten av de større elveutløp seg noe ut med forhøyet andel av grønnalger. Lokalt er det vist at enkelte stasjoner, som GV6 i Larviksfjorden, kan ha tett forekomst av grønnalger (som kan være tegn på en lokal overgjødning).

Videre antyder undersøkelsen at stasjoner i Østfold har større likhet enn stasjoner i Vestfold. Østfoldstasjonene er generelt mer nedslammet med dårligere lysgjennomgang enn stasjoner i Vestfold.



6 BLØTBUNNSFAUNA

Bløtbnnsfauna er dyr som lever på og i sedimenter. Ved å artsbestemme dyrene og bestemme antall individer innen artene, kan man beregne artsmangfold og andre indekser som benyttes som grunnlag for å fastslå om stasjoner er påvirket av eutrofiering. Dyr større enn 1mm inngår i analyser som presenteres her. Det ble hentet inn prøver fra 12 stasjoner i Ytre Oslofjord i februar/mars 2001 (se Figur 6-1).

6.1 Resultater og diskusjon

Tilsammen ble det funnet 208 arter og 10269 individer. Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon wiener diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES₁₀₀ er vist i Tabell 6-1.

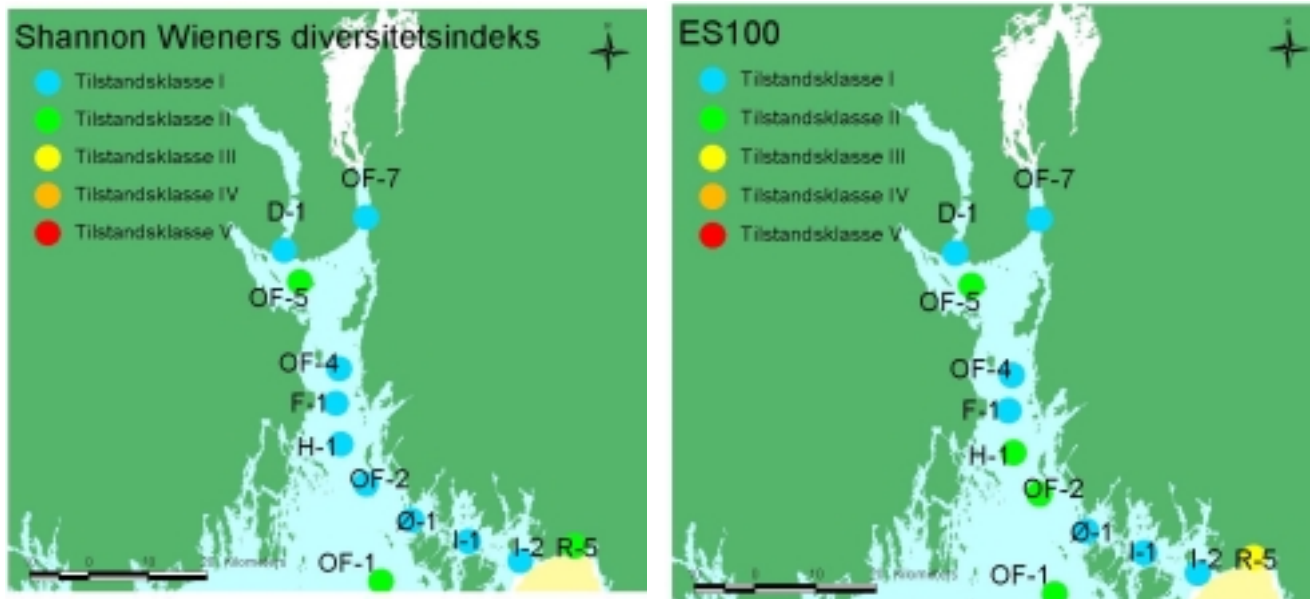
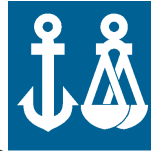
Tabell 6-1 Dyp, antall arter (S) og individer (N), Shannon Wieners diversitetsindeks (H'), Jevnhet (J) og ES₁₀₀

Stasjon	Sted	Dyp	S	N	H'	J	ES ₁₀₀	Tilstandsklasse	
								H'	ES ₁₀₀
R-5	Ringdalsfjorden	34	37	907	3,2	0,6	17,2	II	III
I-1	Ramsø	52	63	909	4,5	0,8	30,0	I	I
I-2	Singlefjorden	90	78	807	4,7	0,7	32,0	I	I
Ø-1	Leira	50	62	790	4,1	0,7	26,2	I	I
D-1	Ytre Drammensfjord	85	86	981	4,6	0,7	32,4	I	I
F-1	Larkollen	288	50	413	4,4	0,8	28,4	I	I
H-1	Rauø	343	49	751	4,0	0,7	22,9	I	II
OF-1	Torbjørnskjær	452	53	1632	3,6	0,6	18,7	II	II
OF-2	Missingene	358	44	715	4,3	0,8	24,3	I	II
OF-4	Bastø	306	65	821	4,7	0,8	31,0	I	I
OF-5	Breiangen	199	31	716	3,6	0,7	18,0	II	II
OF-7	Filtvedt	200	67	827	4,6	0,8	30,9	I	I

Antall arter per stasjon varierte fra 31 (OF-5) til 86 (D-1). Antall individer varierte fra 413 (F-1) til 1632 (OF-1). Diversitetsindeksen H' varierte fra 3,2 (R-5) til 4,7 (I-2 og OF-4). ES₁₀₀ verdien varierte fra 17 (R-5) til 32 (I-2 og D-1).

Bløtbnnsamfunnet blir vanligvis betraktet som uforstyrret når diversitetsindeksen (H') ligger over 4. Verdier mellom 3 og 4 kan tyde på en moderat påvirkning eller andre forstyrrende faktorer, mens verdier mellom 2 og 3 er unaturlig lave og tyder på en forstyrret bunnfauna. Indeksverdier under 2 tyder på en klart påvirket bunnfauna, beskrevet i Aschan og Skullerud (1990).

Diversitetsindeksen (H') tilsvarer SFTs (97:03) tilstandsklasse I "meget god" på de fleste stasjoner med unntak av stasjon R 5, OF-1 og OF-5 som har diversitetsindeks (H') tilsvarende tilstandsklasse II "god".



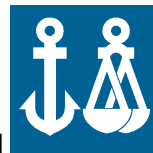
Figur 6-1 Klassifisering av tilstanden til stasjoner på basis av Shannon Wieners diversitetsindeks (H') (figur til venstre) og ES_{100} (høyre) basert på kriterier gitt i SFT 97:03.

Diversitetsindeksen (H') bør ifølge Pearson & Rosenberg (1978) brukes kombinert med Pielou's jevnhetsindeks (J). Jevnhetsindeksen varierer mellom 0-1. Når den øker mot 1, skyldes dette en jevnere fordeling av individer på artene (dvs. mindre dominans av enkeltarter). Jevnhetsindeksen for faunaen på de fleste stasjoner varierer mellom 0,7 og 0,8. Stasjon OF-1 og R-5 har en jevnhetsindeks på 0,6, som indikerer at en større andel av individene utgjøres av noen få arter. På disse to stasjonene ble det funnet relativt få arter i forhold til antall individer, noe som også gjenspeiles i en noe lavere diversitetsindeks.

På basis av ES_{100} verdien klassifiseres 7 av stasjonene i SFTs tilstandsklasse I, "meget god", som tilsvarer verdier over 26 (I-1, I-2, OF-4, OF-7, D-1, Ø-1, F-1). 4 av stasjonene kan plasseres i tilstandsklasse II, "god" (OF-1, OF-2, OF-5 og H-1), mens stasjon R5 tilsvarer tilstandsklasse III "mindre god". Generelt vil verdier under 20 indikere at bunnfaunasamfunnet er forstyrret. Legger man dette til grunn er det de samme stasjoner som i tilfellet ovenfor som peker seg ut.

Faunaen på stasjon R-5 må karakteriseres som noe påvirket. Den reduserte diversiteten på stasjon OF-1 i ytre mer åpne deler av Ytre Oslofjord (Torbjørnskjær – midtfjords) skyldes antageligvis andre sediment- og næringsmessige forhold ved bunnen p.g.a dypet. Stasjon OF-5 er lokalisert midtfjords i Breiangen og den noe reduserte diversiteten her kan skyldes en lett påvirkning av faunaen.

Det er nødvendig å merke seg at dette bare er indekser som viser generelle trekk i en rekke komplekse økologiske data. Det er derfor nødvendig å sammenholde dette med artssammensetning og andre faktorer som f.eks. dyp og sedimenttype på de enkelte stasjoner for å komme frem til mer riktige økologiske konklusjoner.



6.2 Sammenligning med tidligere års undersøkelser

Data fra undersøkelsen utført av DNV i 2001 er sammenlignet med data fra tidligere undersøkelser (NIVA, 1990; NIVA, 1996; NIVA, 2000; NIVA, 2001 og UiO, 1995). Sammenligningen er gjort på parametrene diversitet (H'), antall arter (S) og antall individer (N) på stasjoner som er lokalisert i noenlunde samme område og dyp, se oversikt i Tabell 6-2. Det gjøres oppmerksom på at data fra 2001 er summen av 3 grabber (areal 0,3 m²) som sammenlignes med summen av 4 grabber (areal 0,4 m²) prøvetatt tidligere år, med unntak av bløtbunnsstasjonene D-6 og D-17 i Singlefjorden hvor det ble tatt kun to grabber i 1994 (NIVA, 1996). Tross dette er både antall arter og individer generelt høyere i siste undersøkelse enn tidligere undersøkelser, se også Figur 6-3 og Figur 6-4.

Tabell 6-2 Oversikt over parametrene dyp, diversitet, antall arter og individer på stasjoner prøvetatt i 2001 og på tidligere prøvetatte sammenlignbare stasjoner. Årstall for undersøkelse av sammenlignbare stasjoner er gitt i parentes bak stasjonsbetegnelse.

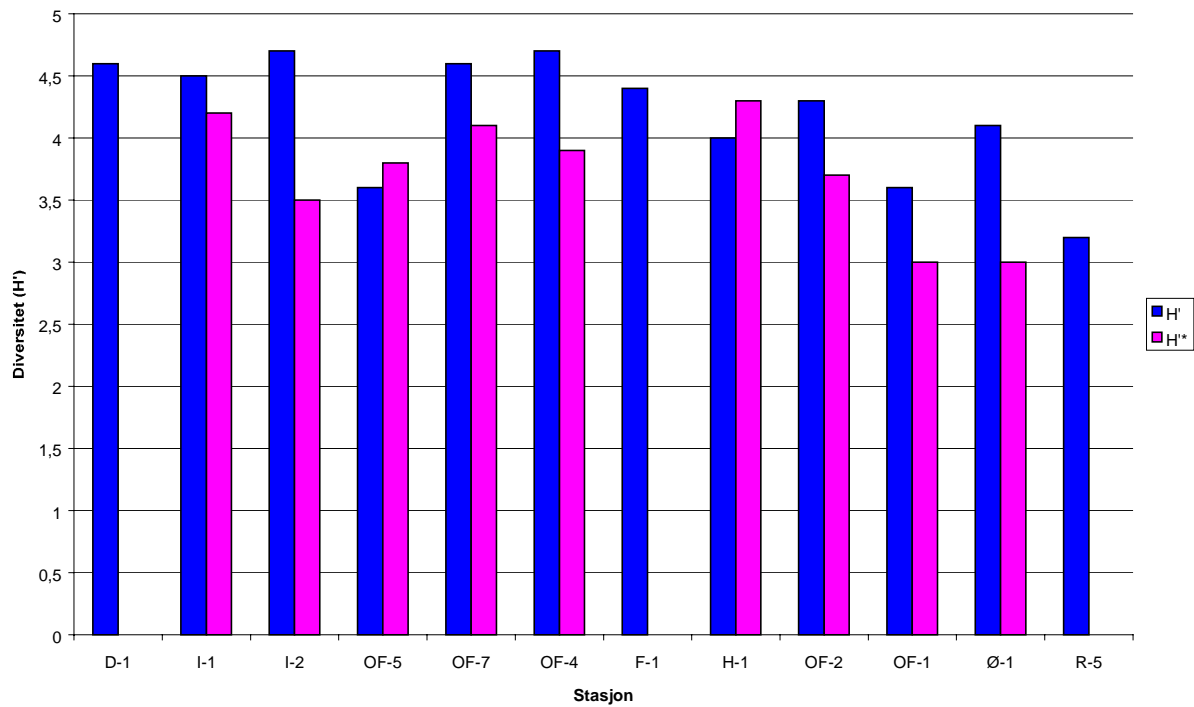
DNV Stasjon	Dyp	H'	S	N	NIVA/UIO Stasjon*	Dyp*	H'*	S*	N*
D-1	85	4,6	86	981					
I-1	52	4,5	63	909	D-6 (1994)	51	4,2	52	859
I-2	90	4,7	78	807	D-17 (1994)	94	3,5	56	815
OF-5	199	3,6	31	716	10 (1989)	190	3,8	33	204
OF-7	200	4,6	67	827	LM-4 (1993)	203	4,1	45	402
OF-4	306	4,7	65	821	18 (1989)	223	3,9	38	245
F-1	288	4,4	50	413					
H-1	343	4	49	751	24 (1989)	306	4,3	41	373
OF-2	358	4,3	44	715	26 (1989)	355	3,7	37	530
OF-1	452	3,6	53	1632	A460 (1999)	452	3	47	1269
Ø-1	50	4,1	62	790	28 (1989)	32	3	47	1430
R-5	34	3,2	37	907					

Diversiteten er generelt høyere i 2001 enn tidligere år, med unntak av områdene ved stasjon H-1 og OF-5 hvor diversiteten har gått noe ned siden forrige undersøkelse.

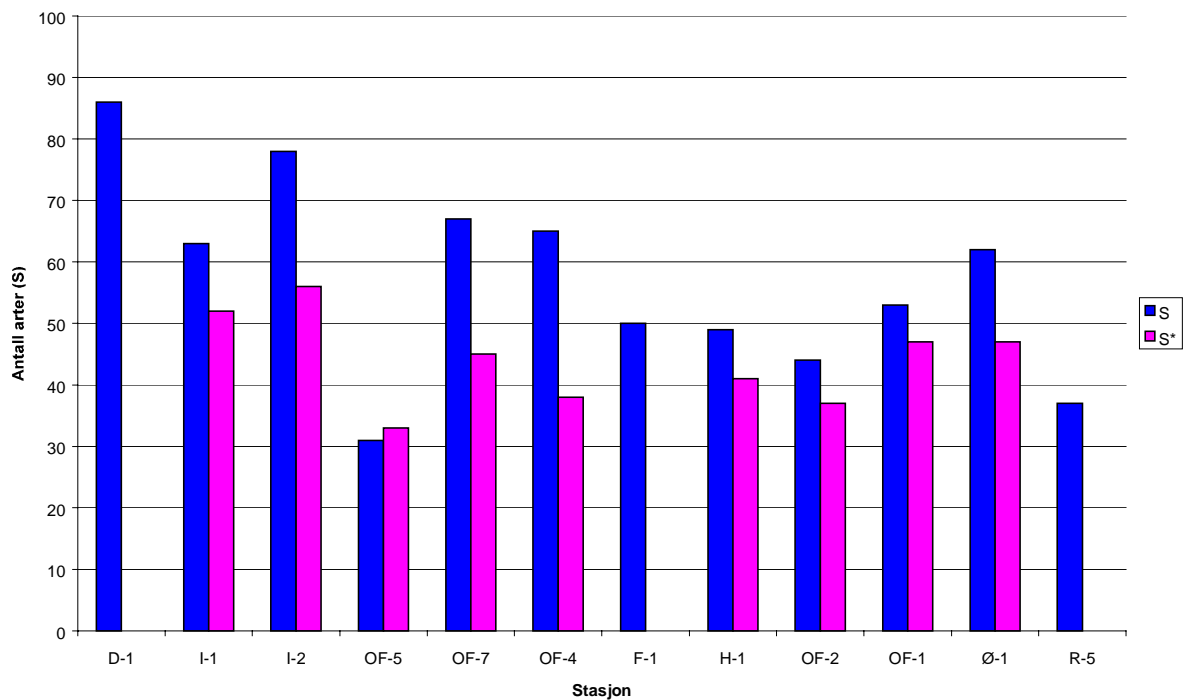
I områdene ved stasjon I-1 (Ramsø), I-2 (Singlefjorden) og Ø-1 (Leira), hvor det i denne undersøkelsen ble funnet et friskt bunndyrssamfunn med høye diversitetsindekser hhv. 4,5, 4,7 og 4,1, har det i tidligere undersøkelser i 1980 og 1990 vært et forstyrret bunnfaunasamfunn på disse stasjonene (NIVA, 1996).

I 1994 var tilstanden på stasjon D6 (tilsvarende I-1, 2001) og D17 (tilsvarende I-2, 2001) god (NIVA - 1996). Imidlertid utførte NIVA i år 2000 eutrofirelaterte dyp- og overflateobservasjoner (NIVA, 2001) i Hvaler og Singlefjorden og fant så lave oksygenivå i området ved stasjon I-1 (Ramsø (L-8)) og I-2 (Singlefjorden (S-9)) at bunnfaunaen var antatt ødelagt.

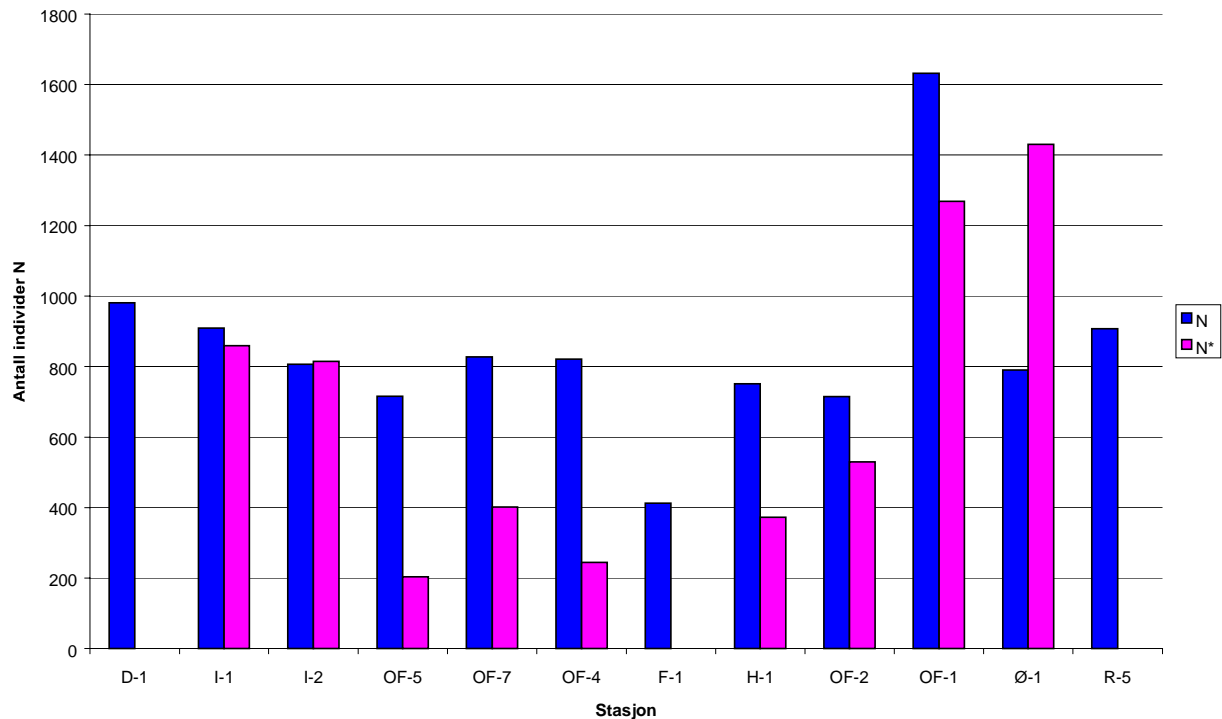
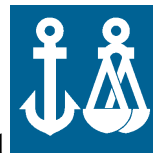
I området ved stasjon Ø-1 (Leira) var diversiteten 3 i 1989 (NIVA, 1990).



Figur 6-2 Oversikt endring i diversitet (H') mellom tidligere undersøkelser (lilla) og siste undersøkelse i 2001 (blå).



Figur 6-3 Oversikt over antall arter (S) funnet i tidligere undersøkelser (lilla) og siste undersøkelse i 2001 (blå).



Figur 6-4 Oversikt over antall individer (N) funnet i tidligere undersøkelser (lilla) og siste undersøkelse i 2001 (blå).

6.3 Likhetsanalyser

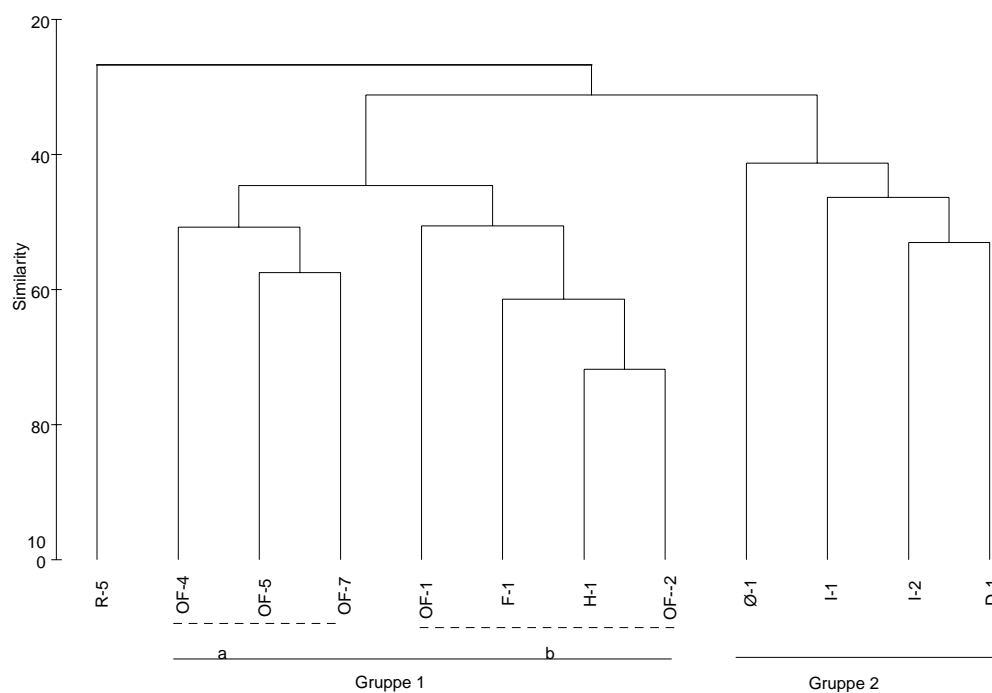
Likhetsanalyser (klassifikasjon og ordinasjon) er benyttet til å gruppere stasjoner etter grad av faunalikhet. Ved klassifikasjon og ordinasjon beregnes først likheten mellom hver stasjon og alle andre stasjoner. Resultatet sammenstilles i en tabell som benyttes i de videre analyser. Resultatene fra klassifikasjons- og ordinasjonsanalysen presenteres i dendrogram og MDS plott (Figur 6-5 og Figur 6-6). Disse viser at stasjonene deler seg inn i 2 hovedgrupper ved ca. 30 % likhet, mens stasjon R-5 ikke inngår i noen grupper. Gruppe 1 kan videre inndeles i 2 undergrupper a og b ved ca 50 % likhet.

Gruppe 1: a) OF- 4, OF- 5 og OF- 7 - dypet varierer fra 199 m – 306 m.

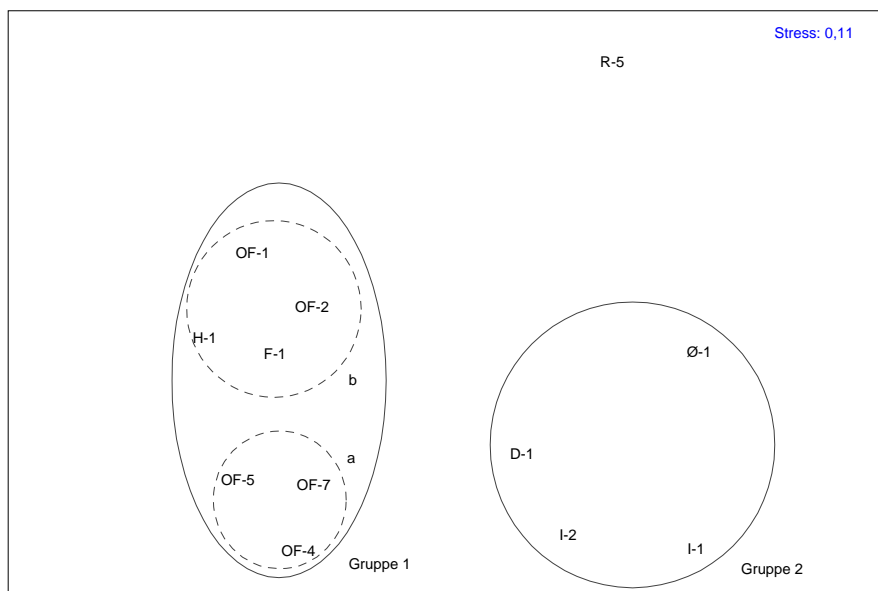
b) F 1, H1, OF- 1, OF- 2 – dypet varierer fra 288 m – 452 m.

Gruppe 2: I 1, I 2, D- 1, Ø 1 – dypet varierer fra 50 m – 90 m.

Undergruppe 1a består av stasjoner i de dype bassengene i de indre deler av Ytre Oslofjord, mens undergruppe 1b består av stasjoner fra bassengene i midtre og ytre deler. Stasjonene i gruppe 2 er lokalisert i lokale resipienter nær land og er de grunneste stasjonene i området.



Figur 6-5 Dendrogram Ytre Oslofjord 2001.



Figur 6-6 MDS plott Ytre Oslofjord 2001.



Simperanalysen viser at stasjon R-5 skiller seg fra de øvrige med et stort antall av indikatorartene for organisk belastning *C. setosa* og *Thyasira sarsii* i faunaen i forhold til stasjonene i gruppe 1 og 2.

Gruppe 1 og 2 skiller seg fra hverandre bl.a fordi stasjonene i gruppe 2 (grunne stasjoner nær land) har et relativt stort antall av pigghuden *Amphiura filiformis* og børstemarken *H. filiformis*, mens disse finnes i liten grad i faunaen til stasjonene i gruppe 1.

Gruppe 1 skiller seg ut med et større antall av børstemarken *Paramphinome jeffreysii*. *P. jeffreysii* er som *C. setosa*, *H. filiformis* og *T. sarsii* karakterisert som særlig utsagnskraftig indikator av Rygg (1995). Imidlertid er ikke *P. jeffreysii*, i motsetning til de øvrige, karakterisert som indikatorart i andre arbeider (Pearson & Rosenberg, 1978). *P. jeffreysii* har en dybdeutbredelse fra 10 - 5000 m. og trives på leire- og sandbunn (Kirkegaard, 1992).

Undergruppe a og b i gruppe 1 skiller seg fra hverandre bl.a p.g.a. et større antall av børstemarken *Tharyx sp.* i undergruppe b og et større antall av børstemarken *L. gracilis* i undergruppe a. *Tharyx sp.* er karakterisert som indikatorarter, mens *L. gracilis* kan betegnes som en nøytral art i følge Rygg (1995).

Bnioenvanalyse som sammenligner miljøfaktorer med faunadataene viser en høy korrelasjon (0,8) mellom fauna og dyp. Dette viser at dyp er en viktig parameter for faunasammensetningen i Ytre Oslofjord.

6.4 Foreløpig konklusjoner

Generelt kan bunnfaunaen på de undersøkte stasjoner i Ytre Oslofjord betegnes som en normal fjordfauna uten markert påvirkning. Diversiteten (artsmangfoldet) på stasjonene tilsvarer SFTs tilstandsklasse I (meget god), med unntak av stasjon R-5 (Ringdalsfjorden), OF-1 (Hvalerbassenget) og OF-5 (Breidangen). Disse har en diversitet tilsvarende tilstandsklasse II (god). Diversitetsindekser og multivariate analyser tyder på en lett forstyrret fauna spesielt på stasjon R-5, men også på stasjonene OF-1 og OF-5. Stasjon R-5 er en grunn stasjon inne i Ringdalsfjorden som er påvirket av tilførsler fra Haldenvassdraget. Stasjonen er preget av mye algeplankton. Stasjon OF-1 er en dyp stasjon (452 m) lokalisert i Hvalerdypet og den reduserte diversiteten her kan skyldes andre sediment- og næringsmessige forhold ved bunnen p.g.a dypet. Stasjon OF-5 er lokalisert i Breiangelbassenget og er også relativt dyp (199 m). Breiangel er påvirket av tilførsler fra Drammenselva og den noe reduserte diversiteten kan skyldes en lett belastning.

Generelt er diversiteten i 2001 høyere enn tidligere år på sammenlignbare stasjoner. I området ved stasjon H-1 (Rauø) og OF-5 (Breiangel) har diversiteten i faunaen gått litt ned, men tilstandsklassen er den samme (god).

De multivariate analysene viser at dyp er en avgjørende faktor for forskjellen i fauna mellom stasjonene. De dype stasjonene midtfjords og de mer "grunne" stasjonene nær land grupperer seg i hver sin gruppe med innbyrdes høy likhet. En videre inndeling av de dype stasjonene midtfjords viser en klar geografisk inndeling fra indre til ytre deler.

7 REFERANSER

Abdullah, M.I. & M. Danielsen, 1989. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.6b. Hydrokjemiske observasjoner i ytre Oslofjord. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 421/90.

Anon, 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofistilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold i fjorder og kystfarvann. SFT 1996.

Anon, 2000. Forum Skagerrak. Miljøstatus og fremtidig miljøovervåking. En populærrapport. <http://www.forumskagerrak.com>

Anon, 2001. The Skagerrak – environmental state and monitoring prospects. Forum Skagerrak. <http://www.forumskagerrak.com>

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1996. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Oksygenforbruk, organisk belastning og vannutskiftning. Havforskningsinstituttet Prosjektrapport 17-1996.

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1998. Fjordbassengene i Ytre Oslofjord: Vannutskiftning, oksygen og næringssalter 1995 – 1998. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 725/98 (TA-1529/1998).

Aure, J. & Didrik Danielssen, 1999. Ytre Oslofjord. Hydrografi og næringssalter over terskeldyp. Prosjektrapport, Havforskningsinstituttet. Statlig Program for forurensingsovervåking. Rapport 785/99 (TA-1696/1999). ISSN 0071-5638.

Baalsrud, K. & J. Magnusson, 1990. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Hovedrapport. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport nr. 427/90.

DNV, 1991. Resipientundersøkelser i Mossesundet, 1990. Del I. Sammendrag og Hovedrapport. Del II Datatrapport. P90-525.

DNV, 1996a. Resipientundersøkelser av Mossesundet. DNV-rapport 96-3285.

DNV 1996b. Resipientundersøkelse i Sandebukta 1995. Det Norske Veritas. Rapportnr. 96-3177.

DNV 1998. Vurdering av utslippsforhold til Sandebukta. DNV rapport nr. 98-3310.

DNV 1999a. Miljøovervåking av Sandebukta 1998/1999, delrapport 2. DNV-rapport nr. 99-3414.

DNV 1999b. Miljøovervåking av Sandebukta 1998, delrapport I. DNV-rapport nr. 99-3145.

DNV 2000a. Miljøovervåking av Sandebukta 1999, Delrapport III. DNV-rapport nr. 2000-3043.

DNV 2000b. Miljøovervåking av Sandebukta 2000, Delrapport I. DNV-rapport nr. 2000-3382.

DNV, 2001a. Biologisk rensing av avløpsvannet fra PLm. Konsekvenser av 50% reduksjon sammenlignet med 70% av KOF. DNV rapport 2001-0860.

DNV, 2001b. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Bløtbunnsfauna og gruntvannsundersøkelse. DNV rapport 2001-0417.



DNV, 2001c. Resipientundersøkelse Mossesundet 2000/2001. Vannkvalitet. DNV rapport 2001-1210.

Interconsult, 1997. Resipientovervåkning i Tønsbergfjorden. Sammenstilling av måleverider fra perioden 1976 – 1996. Tønsbergfjordens Avløpsutvalg (TAU). Interconsult rapport.

Iversen, P.E. 1981. "Benthosalgevegetasjonen i Sandfjordsfjorden og Mefjorden, søndre Vestfold". Hovedfagsoppgave i marin botanikk. Universitetet i Oslo.

Magnusson, J. & K. Sørensen, 1996. Overvåkning av Hvaler – Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 – 1994. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforholdene i dypvannet. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 653/96.

Magnusson, J. & J. Skei, 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemi. Statlig program for forurensingsovervåking. Rapport 170/84.

Miljøplan 1982. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Del I, Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill A/S. Del II: Marinbiologiske undersøkelser. Rapport nr. P82-020.

Miljøplan, 1984. Forurensningssituasjonen i Sandefjordsfjorden og Mefjorden belyst gjennom forekomst av fastsittende alger. Fremdriftsrapport 1977 – 1983.

Miljøplan, 1990. Resipientundersøkelse i Sandebukta. Miljøplan rapport.

NIVA 1971. Forurensningsproblemene i Sandebukta. Rapport 59/69.

NIVA, 1978. Resipientundersøkelser ved Vallø i Sem og Vårnes i Stokke. Biologiske undersøkelser i juli 1978. Rapport nr. 1. O-74095.

NIVA, 1989. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.15. Mossesundet. Rapport 353/89.

NIVA, 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Miljøgifter i sedimenter fra Sandefjordsfjorden. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 586/94. ISBN 82-577-2645-1.

NIVA, 1996. Mossesundet. Virkning av vannkvaliteten ved dyputslipp fra Peterson Moss AS. NIVA rapport Lnr. 3553-96.

NIVA, 1997. Vannutskiftning og nærings saltbudsjetter i ytre Oslofjord. NIVA Rapport LNR. 3593-97.

NIVA, 1999. Grenlandsfjordene 1994-1997. Undersøkelser av vannkemiske forhold og vannutskiftning. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 756-99. TA-1626-99.

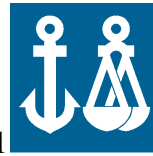
NIVA, 2000a. Overvåking av Ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Singlefjorden/Hvaler og Ringdalsfjorden 1999. NIVA Rapport 4237-2000.

NIVA, 2000b. Oksygenforholdene i Drammensfjorden oktober 2000. NIVA Rapport LNR. 4311-2000.

NIVA, 2001a. Overflateobservasjoner i ytre Oslofjord juli og august 2000. NIVA rapport L.nr 4345-2001.

NIVA, 2001b. Overvåking av ytre Oslofjord. Delprosjekt nr. 2. Overvåking av Hvaler og Singlefjorden i 2000. NIVA Rapport LNR 4367-2001

SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03.



Stigebrandt, A., 1999. Grenlandsfjordene. En vurdering av kystvannets innflytelse på overflatelaget. Statlig program for forurensingsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 757-99. TA-1627-99.

- o0o -