



**Statlig program for forurensningsovervåking**  
Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge

SPFO-rapport: 928/2005  
TA-2099/2005  
ISBN 82-577-4727-0

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

**: Årsrapport for 2004**

**Rapport  
928/05**

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2004.



Utførende institusjoner:  
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA  
Havforskningsinstituttet HI/HFF

Prosjektansvarlig: NIVA  
NIVA-prosjektnr.: O-24050  
NIVA-rapport: 5026-2005



## Forord

Kystovervåkingsprogrammet - "Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge" ble startet opp i 1990 under Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ble utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 1989 på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Kystovervåkingsprogrammet omfatter hydrofysiske, -kjemiske og biologiske undersøkelser (plankton, hard- og bløtbunn) langs den ytre kyst av Sør-Norge. Den hydrofysiske/-kjemiske delen av programmet utføres av Havforskningsinstituttet i Bergen (HI), Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen (HFF) i Arendal og NIVA. De biologiske undersøkelsene utføres av NIVA. NIVA har også hovedansvaret for gjennomføring av prosjektet og utarbeidelse av rapportene.

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden i 2004 og utviklingstrender i perioden fra 1990 til i dag.

Rapporten er skrevet av følgende personer (NIVA om ikke annet er gitt):

Klima, vannmasser og næringssalter: Jan Magnusson, Jan Aure (HI)

Planteplankton: Torbjørn Johnsen, Evy Lømsland, Einar Dahl (HFF)

Dyreplankton: Einar Dahl (HFF), Lena Omli (HFF), Tone Falkenhaus (HFF)

Bløtbunn: Brage Rygg

Hardbunn: Norman Green, Frithjof Moy, Are Pedersen, Mats Walday

Temadel: Jan Magnusson

Redaktør for rapporten: Frithjof Moy

Saksbehandler hos SFT er Karen Fjøsne.

Alle som har medvirket til gjennomføring av overvåkingsprogrammet i 2004, takkes for god innsats.

Vi takker Danmarks Miljøundersøkelser, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut og Biologische Anstalt Helgoland for å kunne benytte deres hydrografidata fra Kattegat og Tyskebukta.

Innsamling og opparbeiding er godkjent av Norsk Akkreditering etter ISO 17025 akkrediteringsstandard

Oslo, 30. mai 05



Frithjof Moy



## Innhold:

<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn for programmet .....	8
1.2 Målsetting .....	8
1.3 Faginnhold og stasjonsnett .....	8
1.4 Metodikk.....	10
<b>2. Klima</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak</b> .....	<b>14</b>
<b>4. Vannmassene i Skagerrak</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak</b> .....	<b>20</b>
5.1 Vinterverdier i overflatelaget.....	20
5.2 Sommerverdier i overflatelaget .....	24
5.3 Siktedyp .....	26
5.4 Vannkvalitet i dypere vannmasser.....	27
<b>6. Planktonsamfunn i Skagerrak</b> .....	<b>31</b>
6.1 Planteplankton i 2004 .....	31
6.2 Utvikling i planteplanktonsamfunn over tid .....	34
6.3 Algegifter og kostholdsrad langs kysten.....	40
6.4 Dyreplankton i 2004 .....	42
6.5 Endring i dyreplanktonet over tid.....	44
<b>7. Hardbunnssamfunn i Skagerrak</b> .....	<b>47</b>
7.1 Tilstand .....	47
7.2 Utvikling over tid.....	53
<b>8. Bløtbunnssamfunn i Skagerrak</b> .....	<b>61</b>
8.1 Bunnfauna.....	61
8.2 Bunnsedimenter .....	69
8.3 Tidstrender .....	70
<b>9. Klima, tilførsler, næringsalter og endringer med betydning for planter og dyr i kystsonen</b> .....	<b>71</b>
9.1 Klima, ekstreme temperaturforhold.....	71
9.2 Langtransporterte tilførsler .....	75
9.3 Lokale norske kilder .....	81
9.4 Marint eller terrestrisk opphav til partikulært materiale.....	85
9.5 Effekter av økte organiske tilførsler .....	88
9.6 Ny overvåkingsmetodikk av vannkvalitet. ....	90
<b>10. Referanser</b> .....	<b>93</b>

## Sammen drag

Denne årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet, 'Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge' under Statlig program for forurensningsovervåking, beskriver miljøstatus i kystvannet i Skagerrak i 2004 og utviklingstrender i perioden fra programstart i 1990 og fram til i dag. Rapporten omfatter klima, næringssalter, vannkvalitet og biologisk mangfold i vannsøylen (plankton), på hardbunn (makroalger og dyr) og bløtbunn (dyr). Temaseksjonen i årets rapport belyser klima, næringssalter, partikkelbelastning og lokale versus langtransporterte tilførsler til kyststrømmen i overvåkingsperioden.

Programmets målsetning er å a) gi oversikt over miljøtilstanden mht. næringssalter og effekter av disse, b) identifisere fra hvilke områder ulike næringssaltmengder kommer til norskekysten, c) kartlegge endringer i næringssaltkonsentrasjoner over tid, d) kartlegge effekter av næringssalter på utvikling og tilstand i hard- og bløtbunnssamfunn og e) dokumentere det biologiske mangfoldet og beskrive endringer i dette.

Foruten naturlig avrenning og menneskeskapte utslipp har klimaet avgjørende betydning for vannkvaliteten langs vår Skagerrakkyst. Klimaet i 2004 var normal (vinter-NAO-indeks), men luft- og sjøtemperatur (overflate) var likevel varmere enn normalt. Våren kom tidlig med god varme i mars-april. Etter en kald og våt juni ble det rekordvarme i juli-august med sjøtemperaturer over 22 °C (overflaten). Varmen i sjøvannet holdt seg over normalen resten av året.

Vannkvaliteten i Skagerrak var i 2004 generelt meget god. Med hensyn til nitrogen og fosfor var tilstanden god (II) eller meget god (I) både i vinter og sommerhalvåret, med unntak av noe forhøyede verdier av total-fosfor (klasse III) vinterstid. Positivt var også at forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio (16:1) og at nitrat/silikat- og fosfat/silikatforholdene var under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. Tilførsler av næringssalter med havstrømmene fra den sørlige Nordsjøen og Tyskebukta (mars-mai) var lavere enn i 2003 og nær gjennomsnittet for perioden 1991-2003. Norske tilførsler av nitrogen og fosfor antas å være lave og på nivå med 2003, basert på lav vannføring (årgjennomsnitt) i 2004 i de store norske elvene (f.eks. Glomma).

Partikkelbelastningen var markert lavere i 2004 enn de to foregående årene som var preget av sterk økning. Konsentrasjonen av partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor var nær det halve av hva som ble målt i 2003, men det måles fortsatt høye verdier i kyststrømmen utenfor Jomfruland spesielt vinterstid. POC/PON-forholdet sommerstid ligger nær gjennomsnittlig verdi for planteplankton og tyder på at mesteparten av de organiske sommerpartiklene har marin opprinnelse.

Oksygeninnholdet (metning) i alle lag av kystvannet er i tilstandsklasse meget god. Det er likevel en negativ trend med avtagende oksygeninnhold i dypvannet over perioden som reflekterer økt belastning. I dypvannet (Atlantisk vann dypere enn 100-150m) er det nå påvist en signifikant økning og en nær signifikant økning i Skagerrakvann (25-150m dyp) i nitrogeninnholdet (tot-N).

Planteplanktonbiomassen var lav som i de to forutgående år. Våroppblomstringen av kiselalger startet relativt tidlig og nådde sitt maksimum i februar/mars. Dinoflagellatslekten *Ceratium*, med blomstring i april-juni, var biomassemessig viktig store deler av året. Potensielt toksiske dinoflagellater som *Alexandrium* (PSP) og *Dinophysis* (DSP) forekom på faregrensenivå i korte perioder og det var lange perioder uten blåskjelladvarsel. Den varme

høsten førte med seg flere registreringer av varmekjære planktonarter som tidligere ikke har vært registrert i forbindelse med kystovervåkingen. Også zooplanktonbiomassen var markert lavere i 2004 enn tidligere år (som hadde høy biomasse). De største forekomstene av *Calanus* spp. ble registrert i kiselalgeoppblomstringen i mars. Ellers utgjorde gruppen av små calanoide copepoder 65 % av gjennomsnittlig mengde copepoder i 2004.

Det ble registrert uvanlige og store mengder av detritus med større og mindre klumper av sopplignende celler. Detritus forekom i så store mengder at opparbeidelsen av planteplanktonprøvene var vanskelig. Detritus ble ikke funnet i prøver fra sentrale og østlige deler av Skagerrak, noe som kan tyde på et lokalt kystfenomen.

Hardbunnssamfunnet viste tegn på redusert tilstand med forringet artssammensetning av makroalger på skjærgårdsstasjonene og generelt under normalt lavt artsantall og tetthet av dyr. Det ble registrert en nedgang i forekomsten av stortare på bølgeeksponerte stortaredominerte stasjoner i 2004, men endringen kan ligge innenfor naturlig variasjon. Nedre voksegrense for makroalger i A og B området var klart dårligere gjennomsnitt i 2004. Reetablering av sukkertare i sukkertaredøde områder av skjærgården ble ikke observert. Forekomsten av dyr var i likhet med 2002 og 2003 lavere enn gjennomsnittet, spesielt i B og C området. Forekomsten av mosdyr, sjøpunger (unntatt opportunisten *Ciona*), trekantmark og sjøstjerner var markert lav i 2004. Den økologiske betydning er ikke kjent.

Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak var stort sett meget god (I) eller god (II) etter SFTs miljøkvalitetskriterier, med høyt arts mangfold på alle stasjoner, også på stasjon A36 i ytre Oslofjord, der arts mangfoldet i noen år har vist mindre god tilstand (III). På dypet i B-området (350m) hadde individmengden gått ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel. Ellers var ikke individtetthetene unormalt høye eller lave. Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var lavt til moderat (meget god til god tilstand) på alle stasjonene, bortsett fra på den kystnære stasjonen i B-området (mindre god tilstand). TOC har her økt i perioden 1990-2003 og enkelte prøver har vist dårlig tilstand. Økningen har likevel ikke ført til noen forverring i faunatilstanden. I 2004 var TOC imidlertid lavere enn i 2003 på B-stasjonen.

Beregninger viser at det har vært en markert økning i langtransporterte tilførsler til Kyststrømmen langs Sørlandet siden 1990. 70-90% av vannet i 0-30m dyp (mulig planteproduktivt lysdyp) stammer fra sørlige del av Nordsjøen og bidrar med hhv. 80 og 40 % av nitraten og fosfatet vinterstid. Lokale kilder har generelt størst innflytelse sommerstid korrelert med vannføringen i norske elver. Beregninger viser også at 50-70% av det organiske partikulære materiale i Kyststrømmen, har marint opphav. Det vil si at marin produksjon basert på tilførte næringssalter synes å være den viktigste årsaken til økt partikkelmengde i Kyststrømmen og langtransporterte tilførsler av næringssalter gir det største bidraget. Imidlertid vil norske utslipp av næringssalter og partikler gi et vesentlig større lokalt bidrag til de enkelte fjorder og skjærgårdsområder og betydningen av hendelser som for eksempel flomepisoder, er ikke vurdert. Programmets hovedfokus er langtidstrender i kyststrømmen.

Kystovervåkingsprogrammet, ble startet i 1990 og er administrert og finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Programmet ledes av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og undersøkelsene utføres av NIVA i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI/HFF).

## Summary

This report on the environmental quality and trends in the coastal waters of the Skagerrak in 2004, from the Norwegian Coastal Monitoring Programme 'Long term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway', is part of State Pollution Monitoring Programme of the Norwegian Pollution Control Authority (SFT). The report describes the climate, nutrient loads, water quality and biological diversity in the water column (plankton), on hard bottom (macroalgae and animals) and soft bottom (animals). The thematic section discuss changes in climate, nutrient load and local versus long distance sources.

The purposes of the programme is to: a) give an overview of the environmental quality with respect to nutrients and effects of these, b) identify the regions from which the nutrients come, c) assess the temporal changes in nutrient concentrations, d) evaluate the effects that nutrients have on hard and soft bottom communities, and e) assess the changes in biological diversity.

Besides natural and anthropogenic discharges, climatic conditions have an important influence on the water quality on the Skagerrak coast. The climatic conditions in 2004 was normal (winter NAO-index), but temperature of air and sea water were warmer than normal. The spring was early and warm (March-April) and after a cold and wet June, July-August was very warm resulting in sea surface temperatures above 22°C. The sea temperature was above normal the rest of 2004.

The water quality in Skagerrak was generally very good in 2004. With respect to nitrogen and phosphorous both winter and summer was classified as good (II) or very good (I) (SFT's Environmental Quality System), except for raised winter concentrations of Tot-P (class III). The ratio nitrate:phosphate was below Redfield (16:1) and ratio nitrate:silicate and phosphate:silicate were both below the critical values that may trigger blooms of toxic phytoplankton (OSPAR). Supply of nutrient rich water from the southern North Sea and the German Bight was less than previous years and close to average for the period 1991-2003. The Norwegian discharge of nutrients and particles to Skagerrak is expected to be low in 2004 due to low riverine discharge volume from the large Norwegian rivers.

The load of particles was pronounced lower in 2004 than in previous years characterised by a significant increased. The concentration of particulate organic carbon, nitrogen and phosphorous was close to half the concentration measured in 2003, but high values are still measured especially during winter at the Jomfruland station. The summer ratios POC/PON was close to average value for phytoplankton and indicates possible origin from marine production.

Oxygen content (saturation) in the deep water was classified as 'very good', but a negative trend with reduced concentrations is seen in the data. More over, a significant increase in nitrogen from 1991 to 2004 is shown in Atlantic deep water in Skagerrak.

The total biomass of phytoplankton was low as in previous two years. The spring bloom of diatoms started early with a maximum in February/March 2003. *Ceratium* spp. (dino-flagellate) with a bloom in April-June, dominated generally the whole year. Concentrations above safety levels of *Alexandrium* (PSP) and *Dinophysis acuminata* (DSP) was present only in short periods resulting in few warnings of possible shellfish poisoning. The warm summer and autumn resulted in several observations of warm-loving phytoplankton species not previously detected in the coastal monitoring programme. The zooplankton biomass was pronounced lower than previous years (with high biomass). Highest densities of *Calanus* spp.



was observed during the diatom bloom in March. The abundance was relatively low throughout the rest of the year. Small calanoid copepods constituted for 65% of average biomass of copepods in 2004.

Irregular masses of detritus including fungi-like clogs, was observed in the water samples in such quantities that phytoplankton counting was made difficult. Detritus was not found in water samples from central and east Skagerrak indicating a local coastal phenomenon.

The hard bottom communities showed signs of reduced quality due to deteriorated macroalgae species composition on moderately exposed coast and generally reduced number of species and total abundance of sessile animals on all stations. On wave exposed kelp dominated stations, reduced abundance of kelp and understory species was observed. Lower growth limit for macroalgae in region A and B were less than average in 2004. Recruitment of sugar kelp in kelp free areas of the archipelago coast was not observed. The abundance of animals were as for 2002 and 2003, lower than average, especially in B and C region. The abundance of bryozoans, ascidians (except the opportunistic *Ciona*), calcareous tubeworms, and sea stars were pronounced lower in 2004. The ecological consequence is not yet known.

The condition of the soft bottom communities in Skagerrak was generally 'very good' or 'good' (according to SFT's classification system) characterised by high diversity at all stations, even on A36 in the outer Oslofjord, which has been classified as 'moderate' for several years. In the deep area of region B (350m) the species density had declined, especially for one dominating opportunistic specie, which may indicate reduced food supply. Beyond that the density of individuals was normal. The content of organic carbon (TOC) in the sediment was generally low ('very good' to 'good') at all stations, except for the shallow near-shore area of region B ('bad'). The TOC has increased at this station during the period 1990-2003, but no deterioration of the faunal conditions were detected. In 2004 the TOC content was reduced compared to 2003 at B05.

Calculations show a pronounced increase since 1990 in long transported addition of nutrients to the coastal current along the southern coast of Norway. 70-90% of the water in 0-30m depth (possible plant production light depth) origin from the southern part of the North Sea and contribute respectively to 80 and 40 % of nitrate and phosphate during winter time. Main influence from local sources is generally during summer time correlated with river flow. Estimations also show that 50-70% of organic particles in the coastal water are of marine origin. In other words, marine production based on supplied nutrients seems to be the main reason for the increased particulate matter in the coastal water and the main supply of nutrients is from long transported sources. However, Norwegian discharges of nutrients and particles to local fjords and archipelagos and the importance of events like inundation, is not evaluated. The programmes main focus is on long time trends in the Norwegian coastal current.

The Coastal Monitoring Programme was started in 1990 and is administered and financed by Norwegian Pollution Control Authority (SFT). The programme is directed by the Norwegian Institute for Water Research (NIVA) and carried out by NIVA in co-operation with Institute for Marine Research (IMR).

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for programmet

Kystområdene er sentrale som matkammer, oppvekst- og tilholdssted for en rekke arter og tilfredsstillende miljøforhold i disse områdene har stor betydning for både livet og produktiviteten i havområdet og for menneskenes trivsel (St.meld. nr. 64, 1991-92). Den menneskelige aktiviteten i Skagerrak, Nordsjøen og områdene som drenerer til dette havområdet, har bidratt til økende forurensningstilførsler via elver, luft, og i form av direkteutslipp, samt tiltagende interessekonflikter i kystsonen.

Den store algeoppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* våren 1988 medførte tidligere ukjente dramatiske konsekvenser for det marine liv. Hyppige oppblomstringer av giftalger i Skagerrak påfører et betydelig tap for oppdrettsnæringen og almen skjellhøsting.

Med bakgrunn i Nordsjødeklarasjonen og konsekvensene av *Chrysochromulina*-oppblomstringen, ble det bestemt å opprette et langsiktig overvåkingsprogram under Statlig program for forurensningsovervåking, med fokus på eutrofi-problematikken i Skagerrak. Kystovervåkingsprogrammet fikk som målsetning å overvåke miljøtilstanden mht. næringssalter og i de biologiske samfunn.

Kystovervåkingsprogrammet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) gjennom Statlig program for forurensningsovervåking og programmet utføres av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI/HFF). Resultater fra Kystovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR.

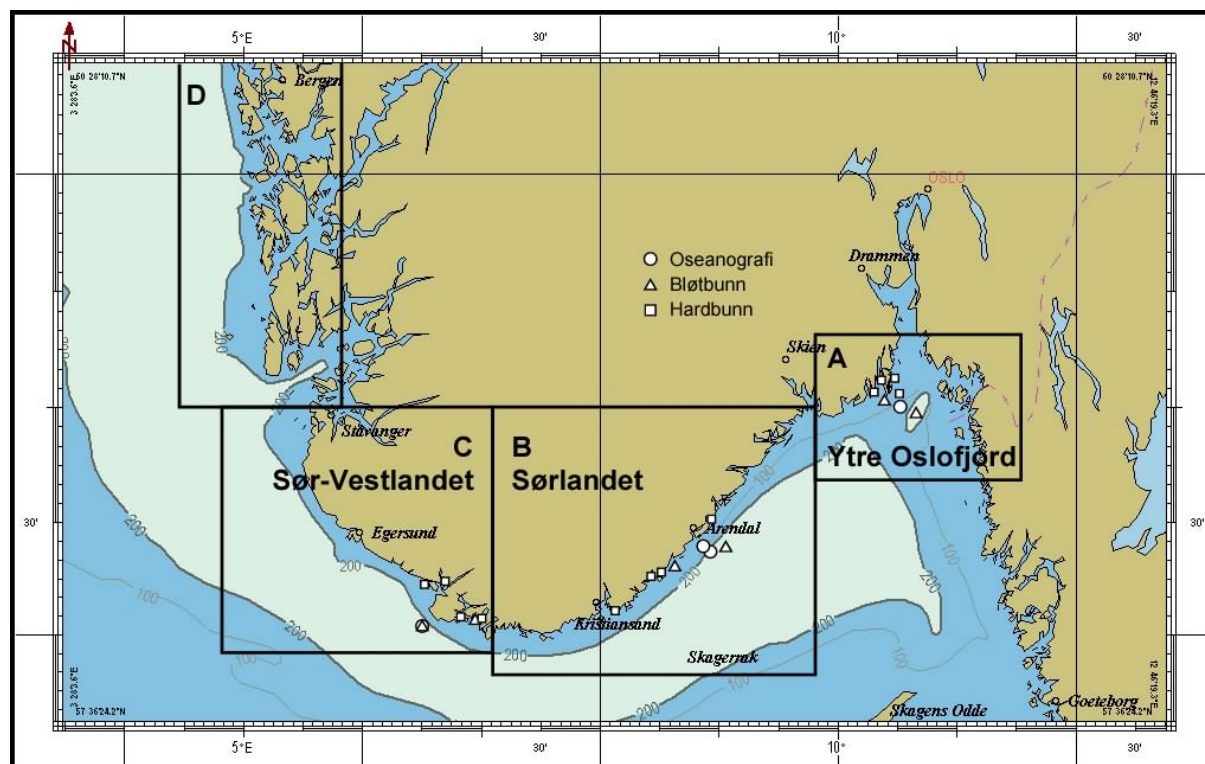
## 1.2 Målsetting

Formålet med Kystovervåkingsprogrammet er å:

- gi oversikt over miljøtilstanden mht. næringssalter og effekter av disse
- identifisere fra hvilke områder ulike næringssaltmengder kommer til norskekysten
- kartlegge endringer i næringssaltkonsentrasjoner over tid
- kartlegge effekter av næringssalter på utvikling og tilstand i hard- og bløtbunnssamfunn
- dokumentere det biologiske mangfoldet og beskrive endringer i dette.

## 1.3 Faginnhold og stasjonsnett

Siden 1990 har Kystovervåkingsprogrammet samlet inn vannprøver for næringssaltanalyser, oksygenmålinger og planktontellinger fra 12 til 22 ganger årlig. Årlig er det blitt samlet inn bløtbunnsprøver for samfunnsanalyse og sedimentkarakterisering. Årlig er det gjennomført dykkeundersøkelser for registrering av fastsittende alger og dyrs forekomst på klippekyst (hardbunn) fra fjæra og ned til 30 m dyp. Kyststrekningen fra svenskegrensen til fylkesgrensen Hordaland - Sogn og Fjordane, ble i første omgang prioritert med spesiell fokus på Skagerrak. Stasjonsvalget (Figur 3.1.) ble foretatt med sikte på å følge bevegelsene i kystvannet langs den ytre kystlinjen, og at de skulle fungere som en referanse for fjordovervåking og lokale undersøkelser.



Figur 1.1. Kystovervåkingsprogrammet i 2004 dekket de 3 områdene A: Ytre Oslofjord, B: Sørlandet og C: Sør-vestlandet. Stasjonsposisjoner er gitt i nedenforstående tabeller.

### Vannmasser

Tabell 1.1. Oseanografistasjoner overvåket i 2004. (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	Færder	10.5000	59.0000	0-150	9 ggr. pr. år
B	Jomfruland	9.6667	58.8500	0-125	14 ggr. pr. år
B	Arendal St. 2	8.8167	58.3833	0-75	22 ggr. pr. år
B	Arendal St. 3	8.9000	58.3333	100-300	12 ggr. pr. år
C	Lista	6.5333	58.0167	0-300	12 ggr. pr. år

Arendalsstasjonen er delt på to posisjoner for å kunne dekke hele vannsøylen 0-300m dyp. Færder ble etter mange års opphold igjen tatt inn i programmet i 2002 og resultater fra Færder vil rapporteres etter at de første år er gjennomført.

### Bløtbunn

Tabell 1.2. Bløtbunnstasjoner overvåket i 2004. Prøveinnsamling i mai. (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	A05	10.3717	59.0123	50	1 g. pr. år
A	A36	10.6392	58.9467	360	1 g. pr. år
B	B05	8.6295	58.3253	50	1 g. pr. år
B	B35	9.0312	58.4038	350	1 g. pr. år
C	C16	7.0480	58.0358	160	1 g. pr. år
C	C38	6.5747	58.0188	380	1 g. pr. år

**Hardbunn**

Tabell 1.3. Hardbunnsstasjoner overvåket i 2004. Prøvetakingsfrekvens er 1 gang pr år, i juni måned. (E=eksponert. M=moderat eksponert.). (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Himmelretn (°)	Ekspone- nering	Periode (årstall)
A	a02 Færder fyr	10.5268	59.0267	0-26	89	E	90, 94-03
A	a03 Lyngholm.	10.2963	59.0432	0-30	160	E	1990-2004
A	a92 Kongshlm	10.4549	59.1219	0-30	90	M	2002-2004
A	a93 Vakerholm	10.3754	59.1169	0-30	90	M	2002-2004
B	b07 Tromøy N.	8.9443	58.5132	0-30	360	M	1990-2004
B	b10 Prestholm.	8.5372	58.2732	0-30	140	E	1990-2004
B	b11 Humleøy	8.4289	58.2382	0-30	85	M	1990-2004
B	b12 Meholmen	8.1980	58.0961	0-30	10	E	90-91,95-04
C	c95 Launes	7.0406	58.0239	0-30	270	M	2002-2004
C	c15 Revø	6.7960	58.0480	0-25	190	E	1990-2004
C	c17 Stolen	6.7147	58.2216	0-30	240	M	1990-2004
C	c18 Rosø	6.5011	58.2280	0-26	170	E	1990-2004

stasjoner som er omtalt/med i figurer i denne rapporten, men ikke undersøkt siden 2001:

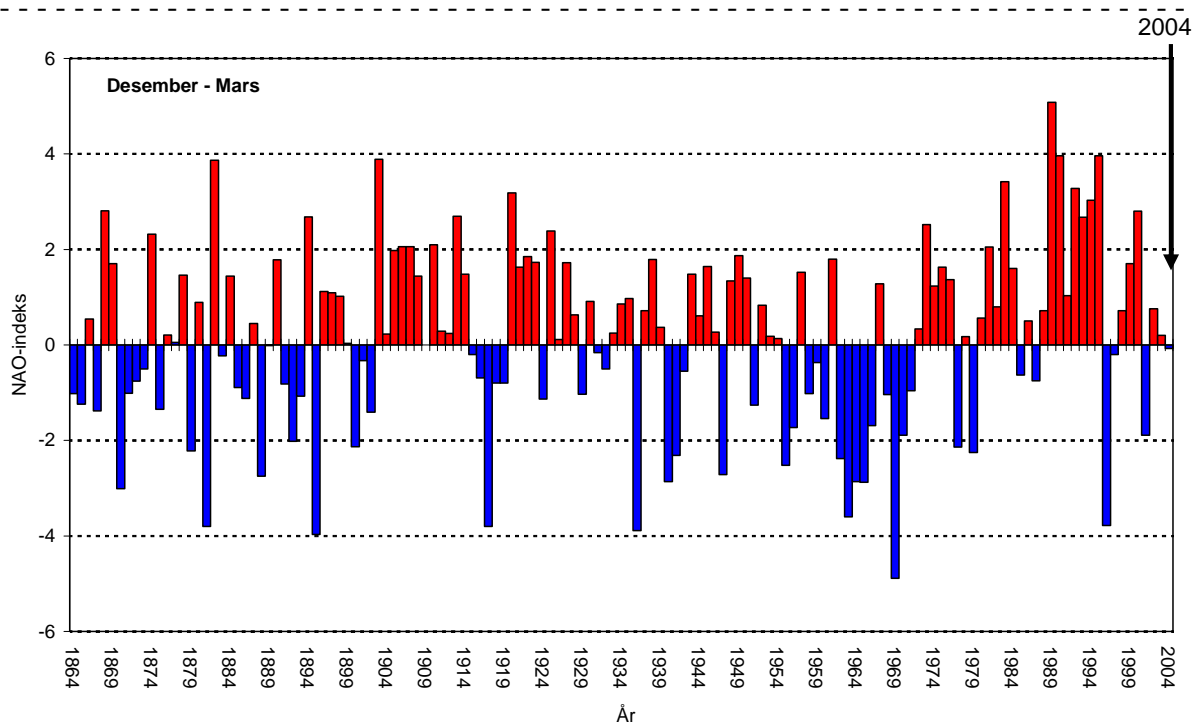
A	a04 Oddaneskj.	9.8642	58.9547	0-30	100	E	1990-2001
A	a05 O-skjær	10.1548	58.9731	0-30	010	E	1995-2001
C	c19 Oddefluid	5.8305	58.4797	0-30	165	E	1995-2001

**1.4 Metodikk**

Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes) (ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9423, NS9424). Metodikken er fylldig beskrevet 10-årsrapporten (Moy m.fl. 2002) og vil ikke bli gjentatt her.

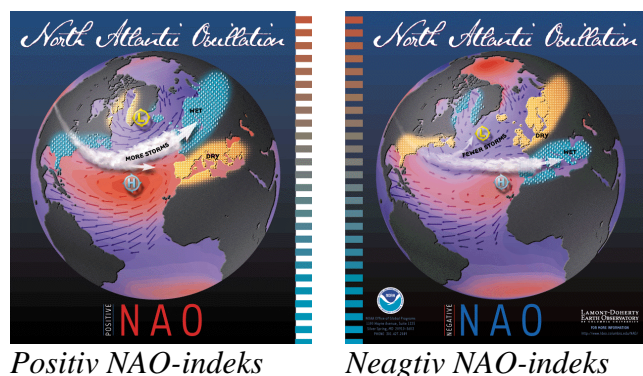
## 2. Klima

Klimaet vinteren 2004 var omtrent normal som det beskrives av NAO-indeks. Imidlertid var lufttemperaturen langs Sørlandskysten og Østlandet bare omtrent normal i januar. Overflatetemperaturen i havet var ofte høyere enn normalt. Våren kom tidlig med god varme i mars-april. Etter en relativt kald og våt juni-måned ble det rekordvarme i slutten av juli/begynnelsen av august. Sjøtemperaturen i overflaten ble over 22 grader ved Flødevigen. Utover høsten holdt seg temperaturen i vannet ofte over middelverdi for perioden 1961-90, med betydelig varmere vann i desember.



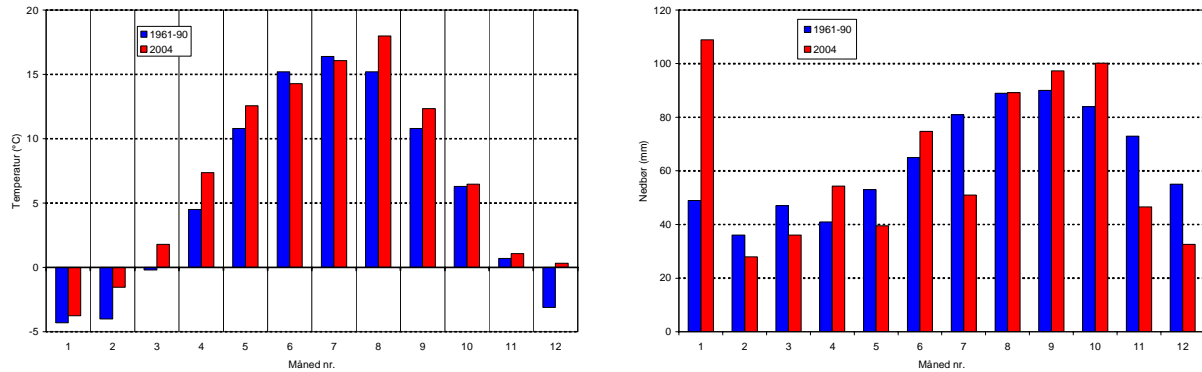
Figur 2.1. NAO-indeks (desember – mars) 1864-2004 (Hurell, 1995 og oppdateringer fra Hurell).

Siden overvåkingsprogrammet startet i 1990 har klimaforholdene vært spesielle vinterstid. Dette illustreres i Figur 2.1 som viser NAO-indeksen for desember til mars fra 1864-2004. NAO-indeksen viser normalisert lufttrykksforskjell mellom Lisboa i Portugal og Island (Figur 2.2). Positiv verdi viser at lavtrykk har en bane mot Sør-Skandinavia, hvilket gir relativt høy frekvens av sørvestlige vinder og en mild værtype med mer nedbør enn normalt. Negative verdier betyr lavere frekvens av lavtrykk inn mot Nordsjøen og Skagerrak og større frekvens av nordlige vinder og ofte et kaldere klima i Sør-Norge.



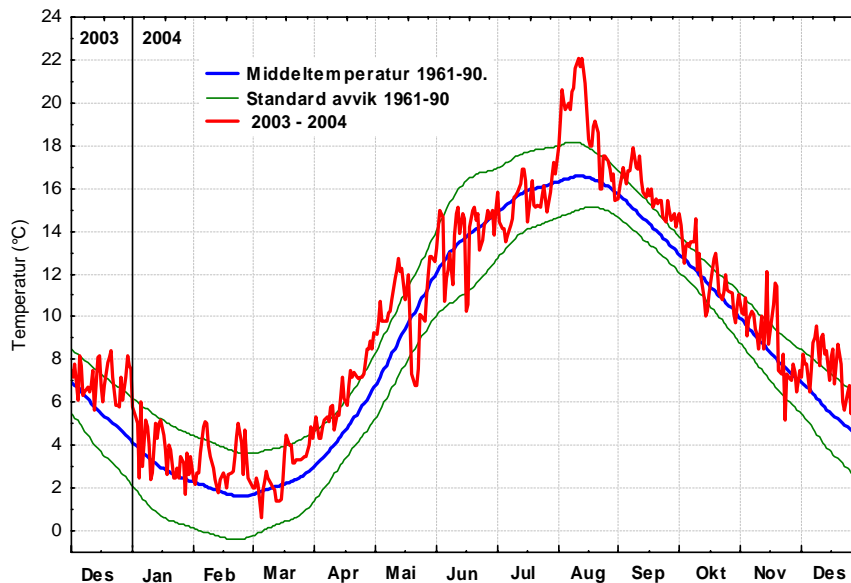
Figur 2.2. Den nord-atlantiske svingningen (NAO) som uttrykkes ved NAO-indeksen, er variasjonen i forskjellen mellom lufttrykket over Island, Azorene og Portugal. Positiv indeks fører mild og fuktig luft inn over Sør-Norge og motsatt gir negativ indeks kald og tørr luft over Norge. (Kilde: <http://www.ideo.columbia.edu/NAO> av Martin Visbeck, Columbia University).

I perioden fra 1988 til 2001 har det generelt vært milde vintre og bare to kalde vintre – 1996 og 2001. NAO-indeksen er imidlertid ikke alltid en helt korrekt indikator på været i sør-Norge. I 2004 var vinteren relativt mild på tross av et normalt indeks (figur 2.2 og 2.3), bare januar måned hadde lufttemperaturer som var omtrent lik gjennomsnittet for 1961-1990.



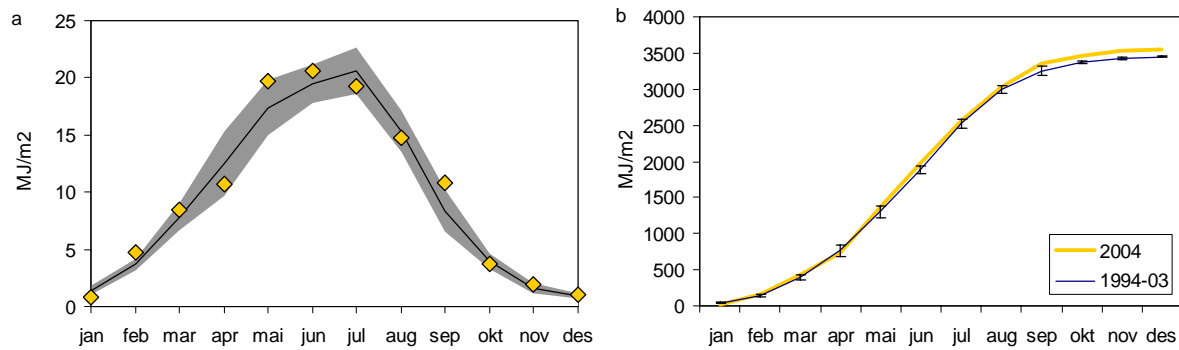
Figur 2.3. Månedsmiddeltemperaturen og nedbør ved Blindern (Oslo) i 2004, sammenlignet med midlere lufttemperatur og normal nedbør 1961-90. (Data fra Meteorologisk institutt).

Overflate-temperatur ( 1 m dyp) ved Flødevigen. Desember 2003 til desember 2004 sammenlignet med gjennomsnittstemperatur 1961-90.



Figur 2.4. Temperaturen på 1 meters dyp ved Flødevigen (Hisøy, Arendal) fra desember 2003 til og med desember 2004, sammenlignet med middelverdi og standardavvik 1961-90. (Data fra Havforskningsinstituttet, Forskningstasjonen Flødevigen).

Det som spesielt kjennetegnet vinteren 2004 var at våren kom tidlig. Februar var varmere enn normalt og globalstrålingen også større, noe som ga en tidlig planteplanktonoppblomstring i februar 2004 (Figur 6.1). Den milde værtypen holdt seg ut april 2004 og overflate-temperaturen i havet lå over det normale. Etter en relativt kald juni med litt mer nedbør enn normalt, ble juli omtrent normal, mens begynnelsen av august ble meget varm med rekordtemperaturer i havet på over 22 °C (fig. 2.4).



Figur 2.5 Global innstråling (MJ/m<sup>2</sup>) målt i Grimstad (område B). a) Daglig innstråling i 2004 (prikker) og gjennomsnitt (linje) med standard avvik (grått felt) for perioden 1994-2003. Grått felt kan betraktes som normalinnstråling. b) Akkumulert månedlig innstråling i 2004 og gjennomsnitt pluss minus standard avvik for perioden 1994-2003. (Kilde: Planteforsk Landvik)

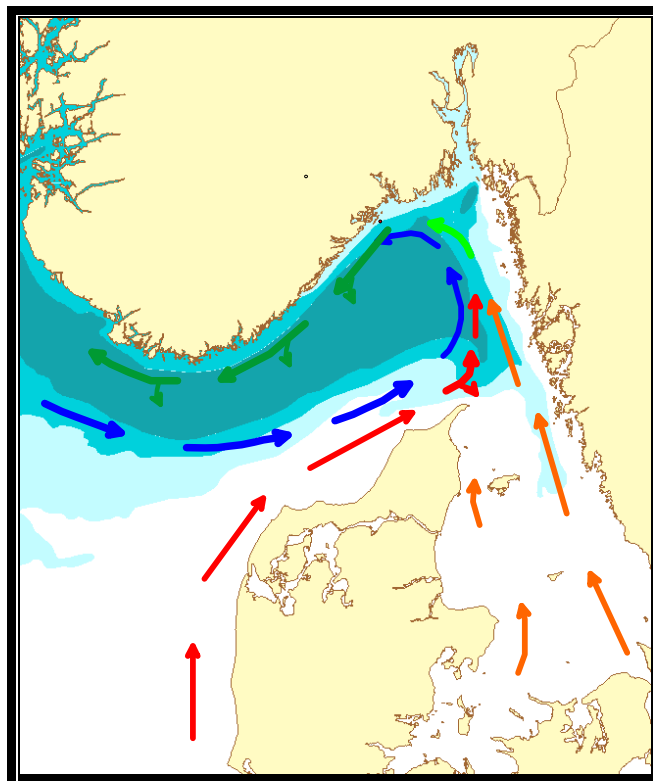
Lysklime er viktig for vekst av planteplankton og makroalger sammen med temperatur. Mengde innstrålt lys var noe høyere siste år sammenliknet med snittet for perioden 1994-2003 (Figur 2.5). Spesielt i februar, mai og september var innstrålingen sterk. Innstrålingen av også sterk i juni, men innenfor normalen (grått felt). Lysklime i 2004 har gitt grunnlag for god vekst i havet.

### 3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak

Våren 2004(mars/april) ble det påvist næringssaltstilførsler til den norske Skagerrakkysten med strømmer fra den sørlige Nordsjøen og Tyskebukta, men i mindre mengder enn i 2003. Vannføringen i Glomma var lav i 2004. Vårflommen var kort og begynte i slutten av april og kuliminerte i mai og med vannføringer betydelig under det normale sommeren 2004. Høstflommen ble markert i september og oktober. Tilførsler av næringsalter og organisk stoff via norske vassdrag er ikke beregnet for 2004, men med omtrent samme lave årsvannføring i Glomma som i 2003 er det sannsynlig at også tilførslene vil ble omtrent de samme, med klart mindre tilførsler av fosfor, sammenlignet med de nærmest foregående årene (1999-20002) og på nivå med beregnede tilførsler fra 1996-98.

Tilførsler av næringsalter og organisk stoff til kyststrekningen svenskegrensen – Lista kommer fra ulike "kilder". Langtransporterte forurensninger importeres via havstrømmer (og via luft) og i tillegg kommer det direkte tilførsler fra Norge (via elver og direkteutslipp).

Forurensninger fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat, føres med havstrømmer (spesielt i vinterhalvåret) mot den norske Skagerrakkysten (Figur 3.1). Det er vist at disse transportene, spesielt fra Tyskebukta og sørlige Nordsjøen, har ført til økte konsentrasjoner av nitrat+nitritt etter 1990, sammenlignet med 1970-80. Det er påvist 100% økning for månedene januar-mai, mens midlere bidrag fra Tyskebukta var ca. 77 % for nitrat+nitritt og 43 % for fosfat (Aure og Johannessen, 1997).

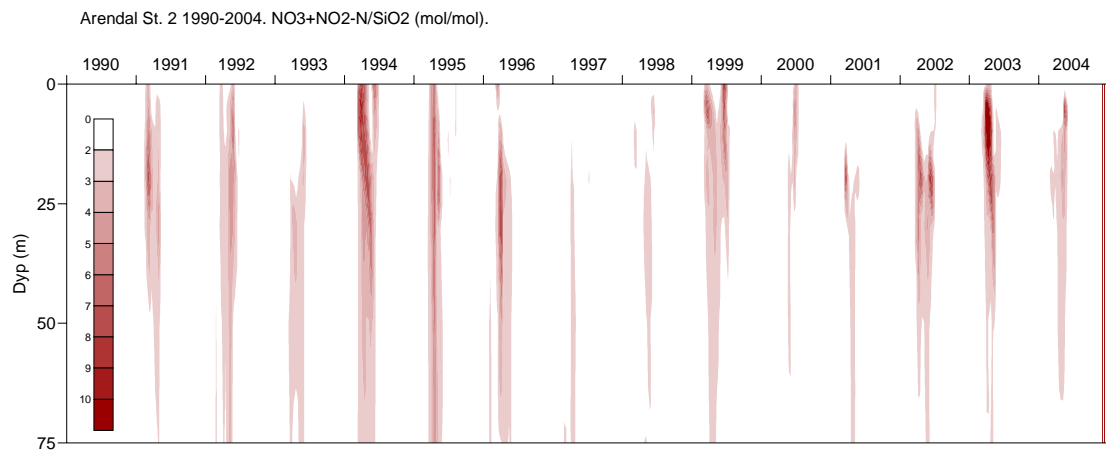


Figur 3.1. Forenklet bilde over strømmene i Skagerrak. Jyllandstrømmen (rød piler) fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak hvor Jyllandsstrømmen blandes med ferskere vann fra Kattegat (orange piler) og salt Atlanterhavsvann (blå piler). Den norske kyststrømmen (grønne piler) er en lagdelt blanding av lokale elvetilførsler og ulike havstrømmer.

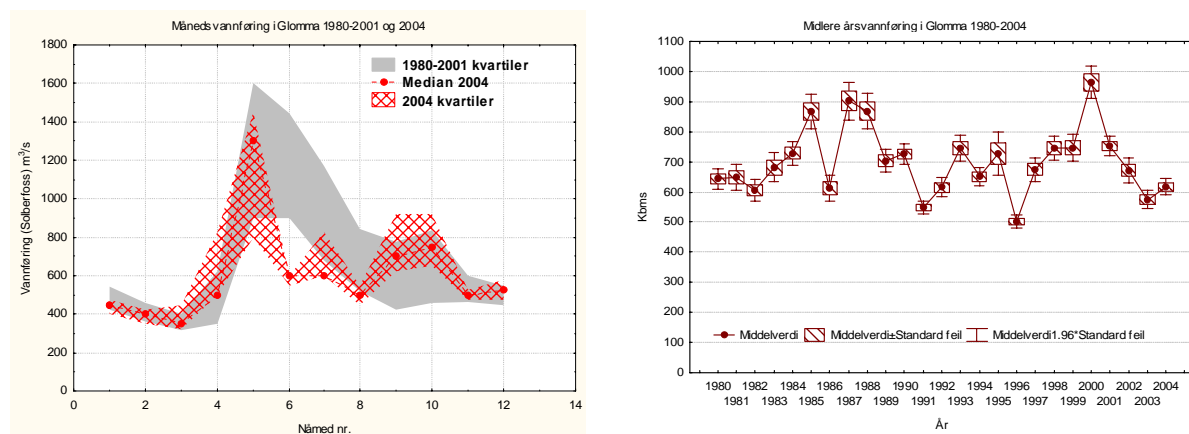


Transportene fra Tyskebukta har størst influens av løste næringssalter om vinteren. Vannføringen fra Elben (som dominerer tilførselen av næringssalter til Tyske bukta) er størst i januar-mai, og lysforholdene vinterstid gir lav planteplanktonproduksjon slik at nærings saltene transporteres uten nevneverdig forbruk. Høy frekvens av milde vintre siden 1988, forårsaket av vindforhold som beskrevet i kapittel 2, begunstiger også transport av vannmasser mot Norskekysten. Figur 3.2 viser observasjoner utenfor Arendal (St. 2) som indikerer vann fra Tyskebukta. Den kalde vinteren 2001 ga mindre transport av vann fra Tyskebukta til Norskekysten, men signalet ble igjen sterkere den milde vinteren 2002. I 2004 var transporten også mindre enn i 2002. (Figur 3.2).

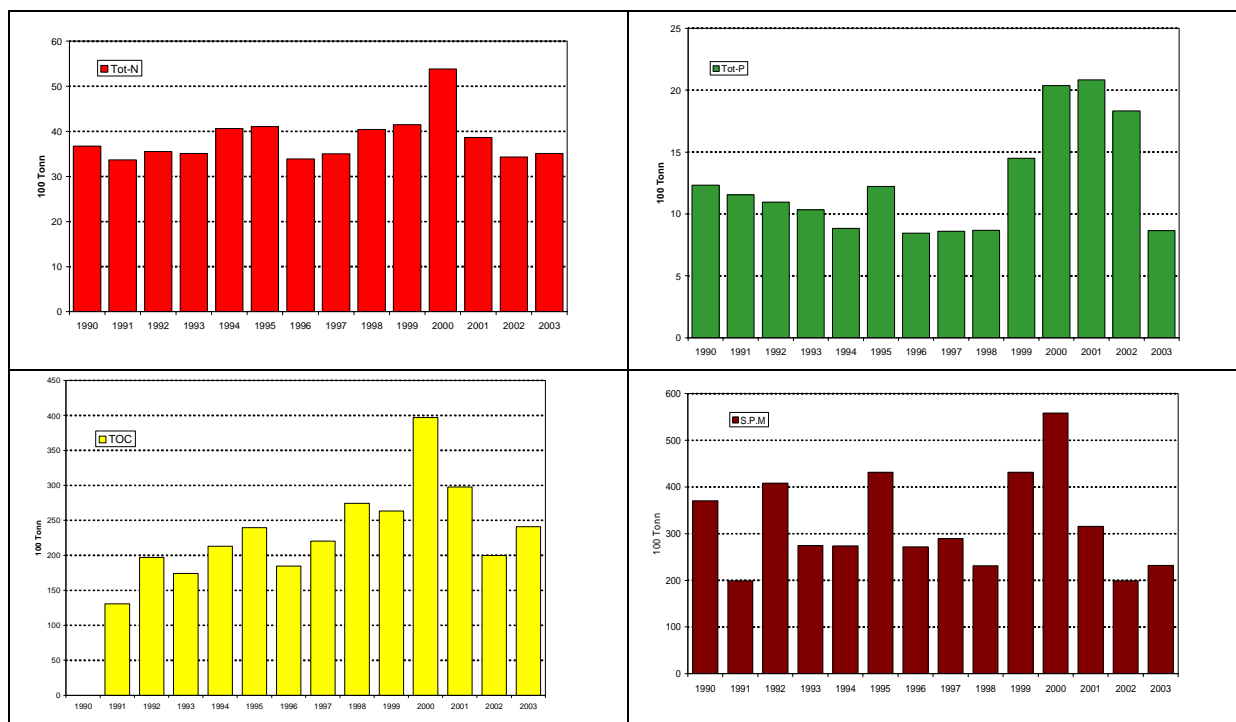
Sommerstid har normalt tilførsler fra Norge en relativt større innflytelse på kystvannet. Tilførsler fra de store norske elvene, som Glomma, Drammenselva m.fl., starter normalt med vårfloppen i mai som for Glommas del også strekker seg ut i juni. I 2004 var flommen i Glomma relativt kort og begrenset til slutten av april og mai (figur 3.3). Gjennom sommeren var vannføringen klart lavere enn normalt. Årsgjennomsnittet i Glomma ble derved like lav som i 2002 (figur 3.3).



Figur 3.2. Nitrat/silikat-forholdet (atomer) ved Arendal St. 2. Bare forhold  $> 2$  er markert. Dette kjennetegner vann fra Tyskebukta.



Figur 3.3. Månedsvannføringen og midlere årsvannføring i Glomma i 2004 sammenlignet med gjennomsnittlig vannføring fra 1980-2001 (Data fra Norges Vassdrag- og Elektrisitetsvesen (NVE) og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)).



Figur 3.4. Årstilførsel av fosfor (Tot-P), nitrogen (Tot-N), karbon (TOC) og partikler (S.P.M) fra Norge til kyststrekningen svenskegrensen til Lindesnes. (Data fra 1990-1999 fra Holtan m.fl, 1992-2000, fra 2000-2003 fra Weideborg, 2001, 2002, 2003, 2004).

I overflatevannet langs norskekysten (0-20 meters dyp) korrelerer den gjennomsnittlige konsentrasjonen av partikulært organisk karbon i juni-august, med årlig tilførsel av nitrogen fra Norge (10-årsrapporten). Det partikulært organisk karbonet kommer i hovedsak fra planteplanktonproduksjonen. Dette viser at tilførslene fra Norge har betydning for kystvannet sommerstid.

De norske tilførslene til Skagerrakkysten er beregnet fram til og med 2003 (Figur 3.4). For fosfor har tilførslene vært større i 1999-2002 enn tidligere i perioden, noe som bryter med en avtakende trend fra 1990- 1998. Imidlertid avtok tilførslene i 2003, et år med mindre ferskvannstilførsler fra bl.a Glomma. De ekstra store tilførslene av nitrogen, karbon og partikler i 2000 sammenfaller med stor vannføring i de dominerende sør-norske elvene (eksemplifisert ved Glomma, Figur 3.3). I 2003 var tilførslene gjennomgående lavere for disse parametre, igjen sammenfallende med lavere ferskvannstilførsel. Sannsynligvis vil årstilførselen i 2004 ikke bli større enn i 2003 som følge av omtrent samme ferskvannstilførsel (eksemplifisert med Glomma, Figur 3.3).

De midlere strømforholdene i Skagerrak medfører at den norske Sørlandskysten ligger nedstrøms andre kilder og at den totale belastningen av næringssalter og andre forurensninger, derfor er større enn de som tilføres lokalt fra Norge. Det er beregnet at bidraget fra norske direkte tilførsler av tot-P og tot-N bare utgjør ca. 5 % (10-årsrapporten). Forholdene i Danmark, Sverige, Tyskland og Nederland vil derfor spille en avgjørende rolle for transporten av næringssalter, organisk stoff og partikler til den norske sørkysten.

## 4. Vannmassene i Skagerrak

*De øvre vannmassene i Skagerrak (0-10m dyp) var i 2004 preget av mindre brakkvann om våren, konsentrert til april og mai. Skagerrak kystvann var i deler av året erstattet av Skagerrak vann øvre, som for eksempel i september måned. Atlantisk vann dominerte mer enn vanlig i 2004 spesielt i begynnelsen av året.*

*Temperaturen i overflatevannet (0-10 m dyp) bar preg av den tidlige våren, med klart varmere vann i april, sammenlignet med observasjoner 1991-2002. Saltholdigheten på dette vannet var også relativt lav frem til og med mai. De høye overflatetemperaturene i august ga litt høyere gjennomsnittstemperatur i 0-10 meters dyp, men innenfor det som har vært normalt for 1990-tallet. I desember måned var vannet klart varmere.*

-----

Vannmassene i Skagerrak kan deles inn i fire hovedvannmasser:

- *Brakkvann (BV)* med saltholdighet mindre enn 25 og temperaturer mellom  $-1^{\circ}\text{C}$  og  $23^{\circ}\text{C}$ .
- *Skagerrak kystvann (SK)* med saltholdighet mellom 25 og 32 og temperaturer mellom  $-1^{\circ}\text{C}$  og  $21^{\circ}\text{C}$ .
- *Skagerrakvann (SV)* med saltholdighet mellom 32 og 35 og temperaturer vanligvis mellom  $3^{\circ}\text{C}$  og  $16^{\circ}\text{C}$ . Oseanografer finner det hensiktsmessig å dele Skagerrakvann i to vannmasser:
  - *Skagerrakvann øvre (SVØ)* med saltholdighet mellom 32 og 34.5, og
  - *Skagerrakvann nedre (SVN)* med saltholdighet mellom 34.5 og 35.
- *Atlantisk vann (AV)* med saltholdighet over 35 og temperatur mellom  $5.5^{\circ}\text{C}$  og  $7.5^{\circ}\text{C}$ .

De ulike vannmassene er delt inn etter hvor de kommer fra og hvor influert de er av ulike kilder. Vertikalfordelingen av vannmassene gjennom året er vist i Figur 4.1. Figuren viser også vannmassenes fordeling i 2003 sammenliknet med en 'normal' som er blitt beregnet ut fra sammenhengende måleperiode fra 1947 til 1992.

*Brakkvannet* dannes ofte i perioder med stor lokal ferskvannstilførsel. Normalt ligger vannet mellom overflaten og ca. 5 meters dyp, men kan forekomme ned til ca. 10 meters dyp.

Brakkvannet består av vann fra elvene blandet i Skagerrak kystvann.

*Skagerrak kystvann* består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann/overflatevann fra Kattegat, lokalt elvevann og vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen og tildels sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassene ligger mellom overflaten og ca. 15-20 meters dyp.

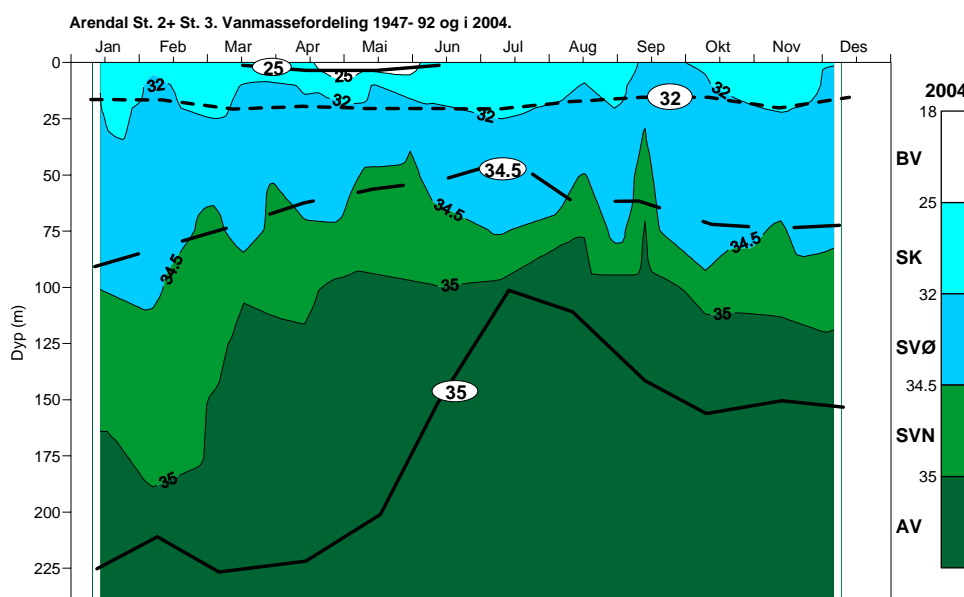
*Skagerrakvann øvre* har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, men blandes også med vann fra Østersjøen/Kattegat og noe lokal ferskvann. Vannmassen ligger mellom ca. 20 – 80 meters dyp med en klar årlig variasjon og med størst utbredelse i oktober- mars.

*Skagerrakvann nedre* er i hovedsak vann fra de sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassen kan forekomme mellom ca. 60 til ca. 200 meters dyp og er mektigst fra januar til mai.

*Atlantisk vann* tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen og forekommer fra ca. 100 meters dyp til bunn, med en årlig variasjon hvor den trenger høyt opp i juni/juli og er minst dominerende i de øvre vannlag om vinteren.

I 2004 var forekomsten av brakkvann noe mindre enn normalt, og konsentrert til april og mai måned. Forekomsten av Skagerrak kystvann var større i januar og februar/mars 2004 og noe mindre dominerende resten av året. Perioder med noe mindre Skagerrak kystvann ble erstattet med noe tykkere lag av Skagerrakvann øvre, spesielt i september 2004, hvor denne

vannmassen ble registrert helt i overflaten. Atlantisk vann dominerte i de dypere vannmassene i 2004 og, som vanlig i de senere år, spesielt i første halvår. Det er således den mindre forekomsten av Skagerrakvann nedre som er erstattet av en større forekomst av Atlantisk vann.

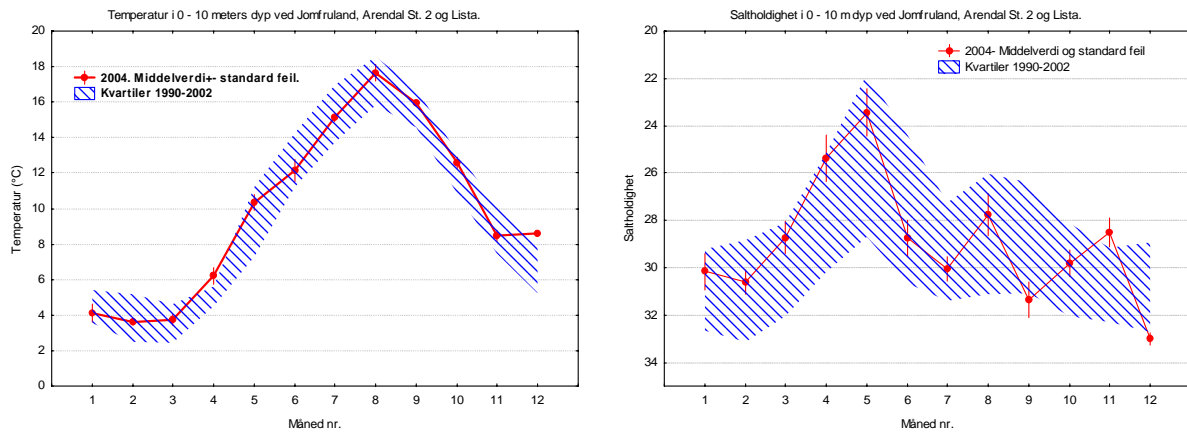


Figur 4.1 Midlere vannmassefordeling ved Arendal (stasjon 2 og stasjon 3) over perioden 1947-92 (svarte linjer) og i 2004 (farger). (BV=Brakkvann, SK= Skagerrak kystvann, SVØ= Skagerrakvann øvre, SVN= Skagerrakvann nedre og AV= Atlantisk vann).

Gjennomsnittstemperaturen pr måned i 2004 sammenlignet med observasjoner fra perioden juni 1990-2002 viser at den tidlige våren satte sitt preg på hele denne vannmassen (figur 4.2) som også hadde relativt lav saltholdighet (figur 4.2). Den lavere saltholdigheten i denne tid av året kan bare forklares ved et større innslag av overflatevann fra Kattegat.

I selve overflaten ble det observert høye temperaturer (figur 2.4) ved Flødevigen (22.1 °C) i august 2004. Ved Arendal St. 2 (med bare 2 observasjoner i måneden) ble det ikke observert mer enn 18.6°C i overflaten, da første toktet ble tatt først etter at det varmere vannet var erstattet av noe kaldere vann. Derimot ble det observert 23.3 °C i overflaten ved Jomfruland i begynnelsen av august, men på 5 meters dyp var temperaturen ca. 18 °C. De høye temperaturene som ble observert i overflaten var således begrenset til noen meter under overflaten.

Det som således karakteriserer vannmassene i kystområdene av Skagerrak i 2004, var et mindre innslag av brakkvann om våren og et større innslag av vann fra Kattegat i januar-april. Fra juni og utover høsten (september/oktober) dominerte vann fra sørlige Nordsjøen mer en vanlig i de øvre vannlag. Forekomsten av Atlantisk vann var større enn vanlig.



Figur 4.2. Temperatur og saltholdighet på 0-10m dyp (gjennomsnitt) på stasjonene Jomfruland, Arendal St. 2 samt Lista i 1990-2002 og 2004.

## 5. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak

Vinteren 2004 var vannkvaliteten i Skagerrak god (II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen og fosfor med unntak av Arendal St. 2 hvor det ble målt forhøyede verdier av totalfosfor (mindre god (III)). Positivt var også at forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio (16:1) og at nitrat/silikat- og fosfat /silikat-forholdene var under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. Dessuten er det en tendens over perioden 1991-2004 at risikoen avtar, men dette gjelder ikke for stasjonen ved Jomfruland. Partikkelkonsentrasjonen (TSM) øker ved Jomfruland sett over hele perioden 1991-2004, men i 2004 var den betydelig lavere enn de to foregående årene. Derimot er det ingen signifikant økning ved Arendal St. 2. Partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor var mindre i 2004 enn de to foregående årene ved Jomfruland og Arendal St. 2, allikevel er det fortsatt en signifikant økning over hele perioden unntatt for partikulært organisk fosfor ved Jomfruland. POC/PON-forholdet ligger nær gjennomsnittlig verdi for planteplankton og viser at mesteparten av de organiske partiklene har marin opprinnelse.

---

### 5.1 Vinterverdier i overflatelaget

For de stasjoner som regelmessig er blitt analysert i perioden 1991-2004, er resultater for vinterperioden presentert i Figur 5.1 - Figur 5.2. For de variable hvor det foreligger kriterier for klassifisering av miljøkvalitet etter SFT's system (SFT 1997), er aktuelle grenser markert.

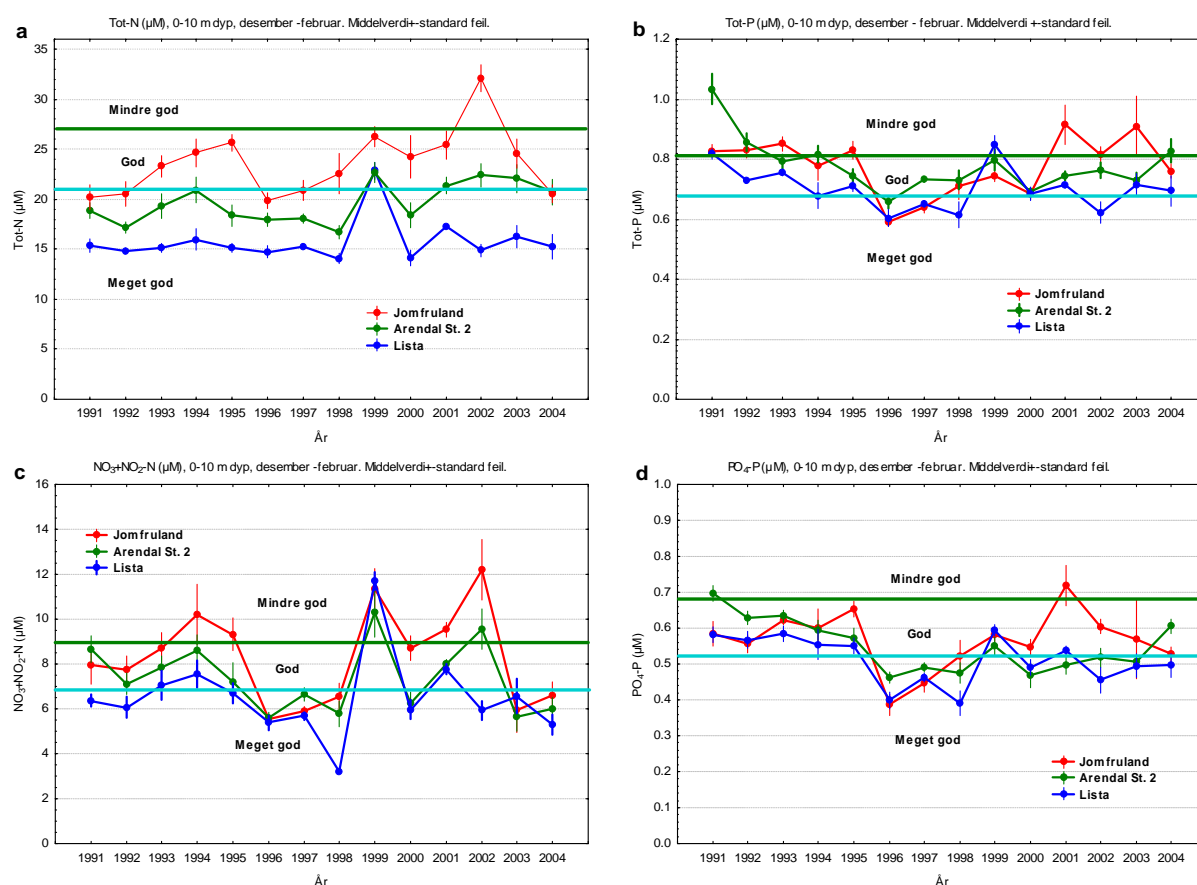
For samtlige variable i Figur 5.1. ligger konsentrasjonsnivåene i hovedsak i klasse I-II, dvs. meget god til god tilstand. Bare i enkelte år er det observert tilstandsklasse mindre god, som f.eks. spesielt i 1999 og 2002 (nitrat), hvor det også ble målt store tilførsler til kysten fra søndre Nordsjøen vinterstid (Figur 3.2). Også i 2004 var det et innslag av vann fra Tyske bukta, men først i april/mai, dvs. for seint til å påvirke vinterkonsentrasjonene (desember-februar). Økningen av næringsalter (spesielt nitrogen) langs den norske sørkysten i vinterhalvåret etter 1990 sammenlignet med 1970-80 (Aure og Johannessen, 1997), skyldes i stor grad transportene fra søndre Nordsjøen. Det kan synes som om denne økningen forsterkes for nitrogen fra 1999-2002, men avtar i 2003 og 2004. Økningen i tot-N var statistisk signifikant for Jomfruland frem til 2003, men med resultatene fra 2004 kan det ikke lengre påvises noen signifikant økning.

Partikkelkonsentrasjonen i overflatelaget er normalt høyest vinterstid og sommerstid, mens karbonkonsentrasjonen når sitt maksimum om sommeren. I 2004 var partikkelkonsentrasjonen (TSM) vinterstid lavere enn i 2003 ved Jomfruland (figur 5.2), men økningen gjennom perioden 1991-2004 er fortsatt signifikant ( $p=0.03$ ,  $r^2=0.32$ ). Ved Arendal St. 2 er det ikke noen signifikant trend. Konsentrasjonen av partikulært organisk karbon (POC, middelverdier) var signifikant økende på Jomfruland ( $p=0.001$ ) og Arendal St 2 ( $p=0.001$ ). Samme utvikling viser også PON, mens POP bare er økende ved Arendal St. 2 etter 1991.

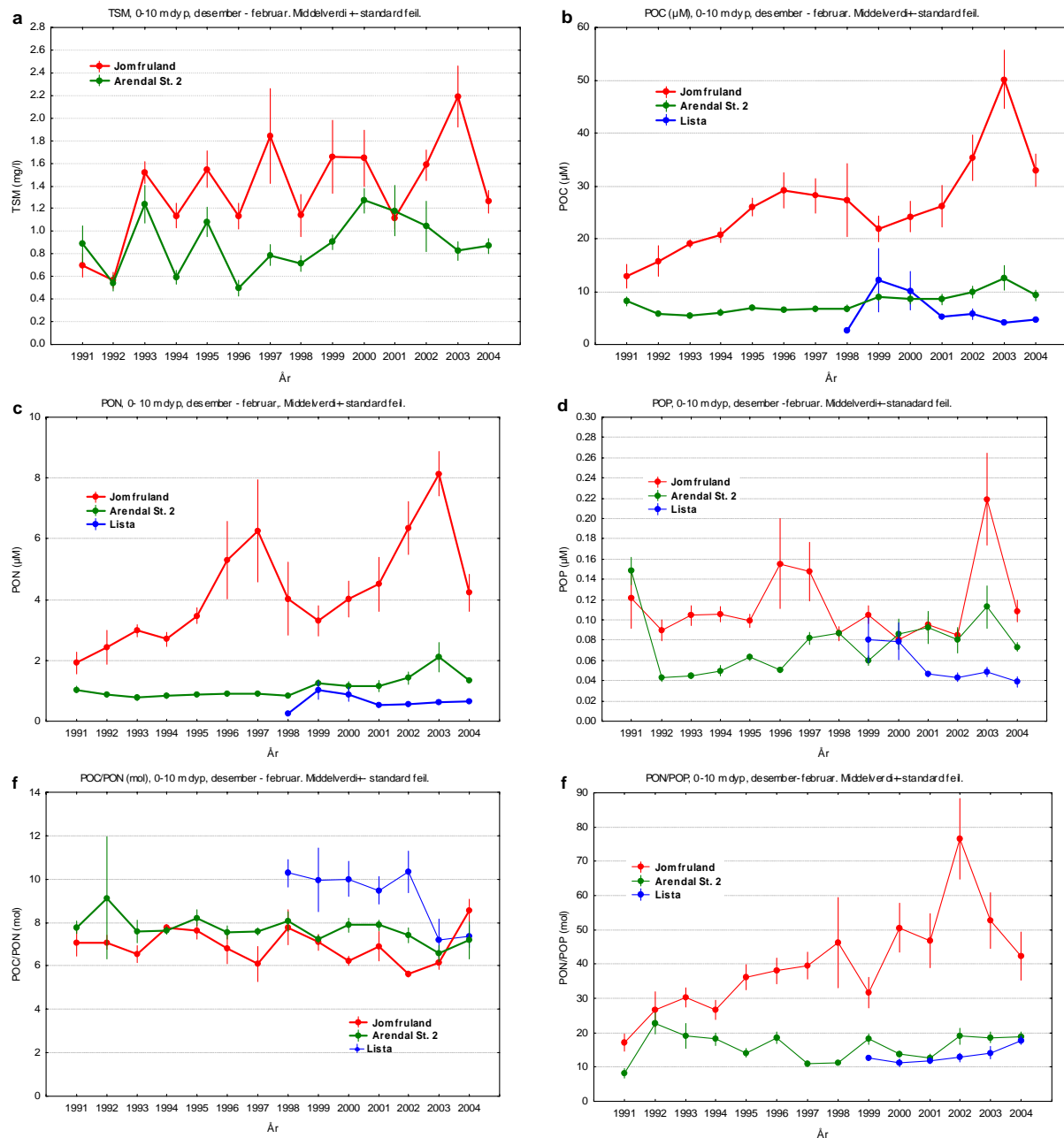
Forholdet POC/PON ligger relativt nær 7/1 (gjennomsnittlig forhold for marint materiale) for de tre stasjonene og unntatt Arendal St. 2 (hvor forholdet er avtakende) er det ikke noen trend i perioden 1991-2004. PON/POP-forholdet er økende ved Jomfruland i perioden, men ikke ved de øvrige stasjonene.

POC/PON forholdet viser at mesteparten av de organiske partiklene i kystvannet er marine organismer (planteplankton etc.). Det avtakende POC/PON forholdet ved Arendal St. 2 viser også at innslaget av ikke marint materiale har avtatt litt i perioden 1991-2004.

OSPAR (Oslo-Paris kommisjonen) opererer med et sett kriterier for næringsalter vinterstid som kommisjonen mener kan være gunstige for utvikling av giftige eller uønskede algearter. I Figur 5.3 er tre forhold mellom næringsalter vinterstid (N/P, N/Si og P/Si) sammenlignet med forholdstall som etter OPSPAR kan gi utvikling av giftige eller uønskede algearter. Økte N/P-forhold ( $>24$ , dvs 50 % økning sammenlignet med Redfield ratio (16:1)) og overskudd på nitrat, vil øke risikoen for skadelige alger, mens økte forholdstall av N/Si ( $>2$ ) og P/Si ( $>0.125$ ) vil kunne føre til et skifte fra diatomeer til flagellater. For kystovervåkingstasjonene er de fleste observasjonene under OSPAR's grenser (Figur 5.3). Imidlertid vil det enkelte år kunne være konsentrasjoner som ligger over disse grenser. Frem til vinteren 2002 var det en tendens til økende N/P-forhold, men det lavere forholdet fra vinteren 2003 gir ikke lenger noen slik tendens. For  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N/SiO}_3$  var det signifikant avtakende middelerverdier på samtlige stasjoner frem til 2002, men inkluderes 2003 og 2004 er det bare Arendal St 2 og Lista som kan sies å ha avtakende tendens. For  $\text{PO}_4\text{-P/SiO}_3$ , er det en avtakende tendens både på Arendal St. 2 og Lista. Sett ut fra OSPARs kriterier har risikoen for oppblomstring av skadelige alger blitt noe mindre i perioden 1990-2004.

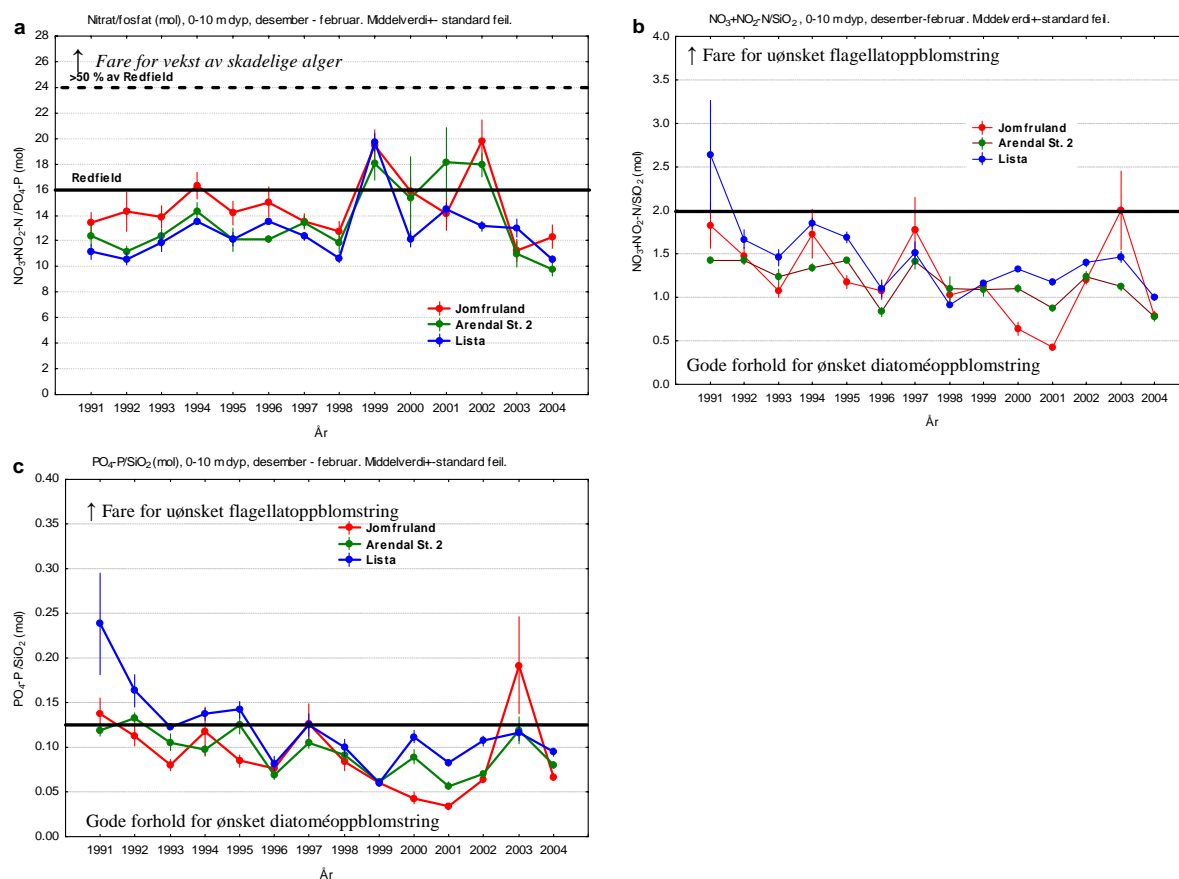


Figur 5.1. a) Tot-N, b) Tot-P, c)  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$  og d)  $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\mu\text{M}$ ) i 0-10 m dyp, desember-februar 1991-2004. SFTs grenser for miljøtilstand er markert (SFT 1997).



Figur 5.2. Partikkelmålinger i overflatevann (0-10 m dyp). a) Partikler (TSM), b) POC , c) PON og d) POP vinterstid 1991-2004 ved Jomfruland, Arendal St. 2 og Lista samt forholdene e) POC/PON og f) PON/POP .

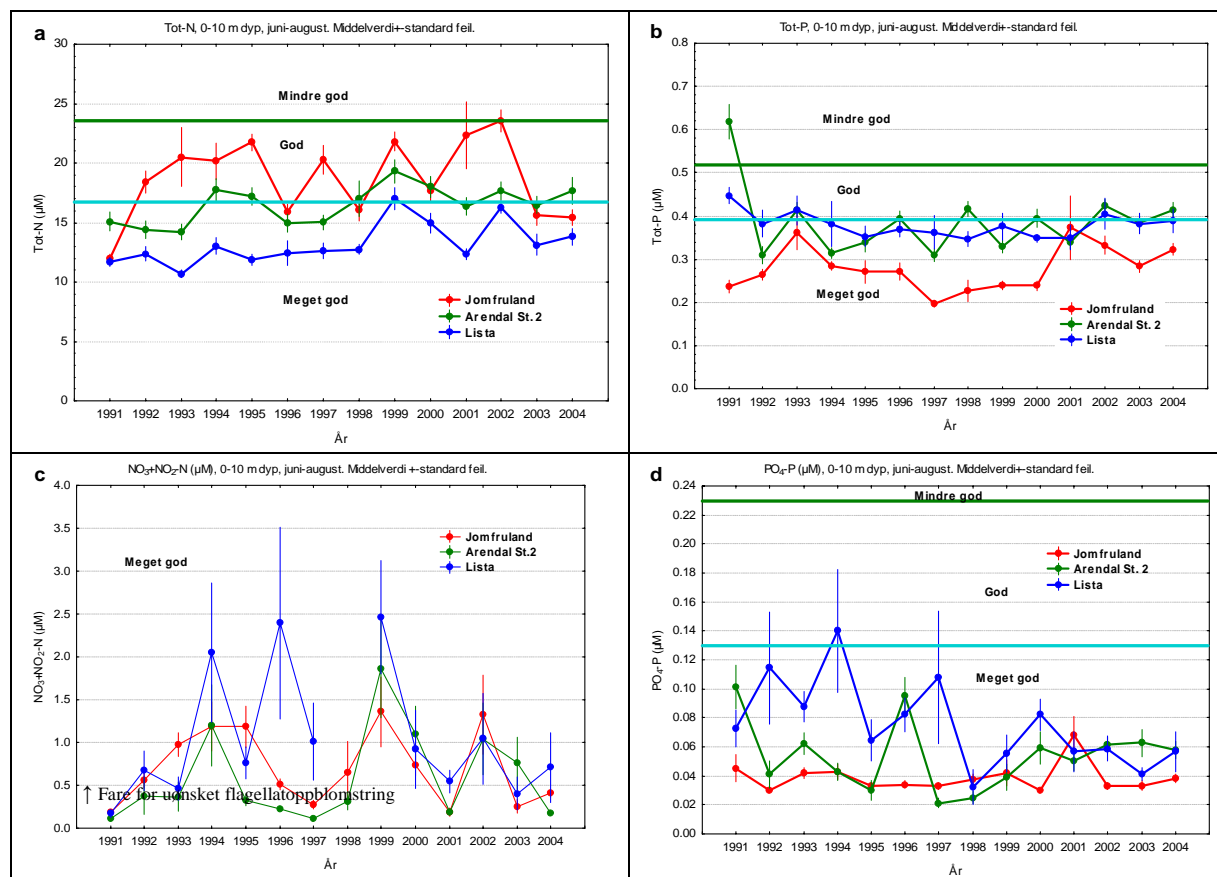




Figur 5.3. Forholdstall mellom a) nitrat og fosfat, b) nitrat og silikat og c) fosfat og silikat, basert på vinterverdier (desember-februar) i 0-10 m dyp. Middelerdi ± standard feil (nitritt er inkludert i nitratanalysen, men er ubetydelig). Linjer markerer grenseverdi for a) økt risiko for oppblomstring av skadelige alger (>50% over Redfield) og b) og c) skifte fra diatomeer til flagellater.

## 5.2 Sommerverdier i overflatelaget

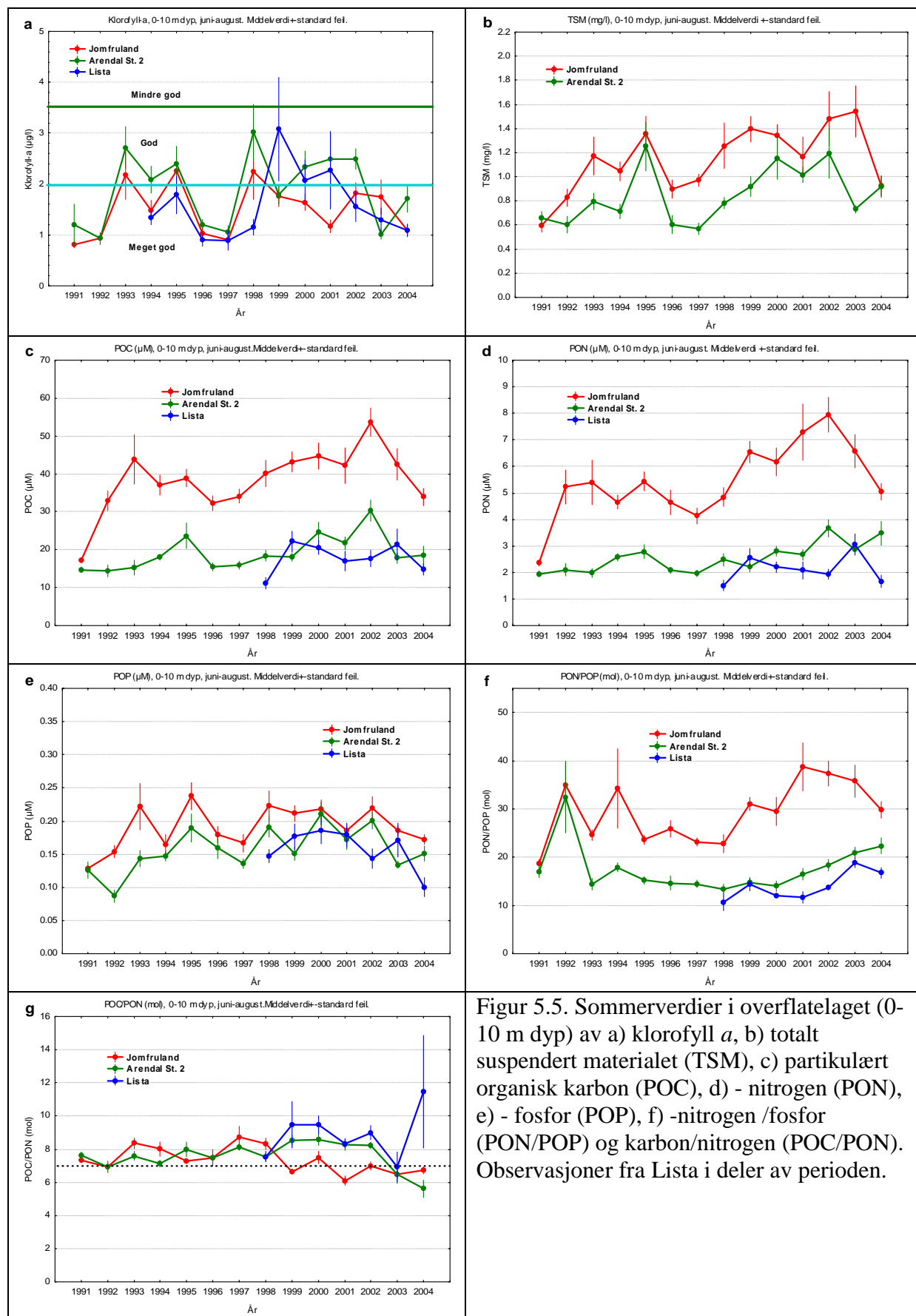
I Figur 5.4 er sommerkonsentrasjoner i overflatelaget (vannprøver fra 0, 5 og 10 m dyp) sammenlignet med SFT's kriterier for miljøtilstanden i kystvann (SFT 1997). Vannkvaliteten for alle parametre sommeren 2004 er i tilstandsklassen meget god (klasse I). Sommerstid vil de løste næringsaltene ofte bli nær eller lavere enn nedre målbare grense fordi planteplanktonproduksjonen tømmer vannet på løste næringsalter. I denne analysen er alle verdier mindre enn deteksjonsgrensen satt lik denne grenseverdien.



Figur 5.4. Næringsalter i overflatevann (0-10 m dyp) sommerstid (juni-august). a) Tot-N, b) Tot-P, c) NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N og d) PO<sub>4</sub>-P (µM). SFTs klassifiseringsgrenser er markert.

Sett over observasjonsperioden er det en signifikant økning av nitrogen (tot-N) på Lista ( $p=0.03$ ) og Arendal St. 2 ( $p=0.03$ ), men ikke for Jomfruland. På Arendal St. 2 er tilstandsklassen de senere år oftere i klassen god enn i klassen meget god. For fosfor (tot-P), fosfat (PO<sub>4</sub>-P) og nitrat+nitritt (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N), er det ikke noen signifikant forandring i perioden 1991-2004. Konsentrasjonen ligger med få unntak i beste tilstandsklassen- meget god.

Figur 5.5 viser overflatekonsentrasjoner (middelerverdier) av klorofyll-*a*, partikler (TSM) og partikulært organisk karbon (POC), nitrogen (PON), fosfor (POP) og partikulært N/P-forhold (PON/POP). Sammenlignet med SFTs klassifiseringssystem er klorofyllkonsentrasjonene sommeren 2004 i tilstandsklassen meget god (Jomfruland og Lista) eller god (Arendal St. 2). Det er ikke noen signifikant trend i observasjonene for perioden 1991-2004.

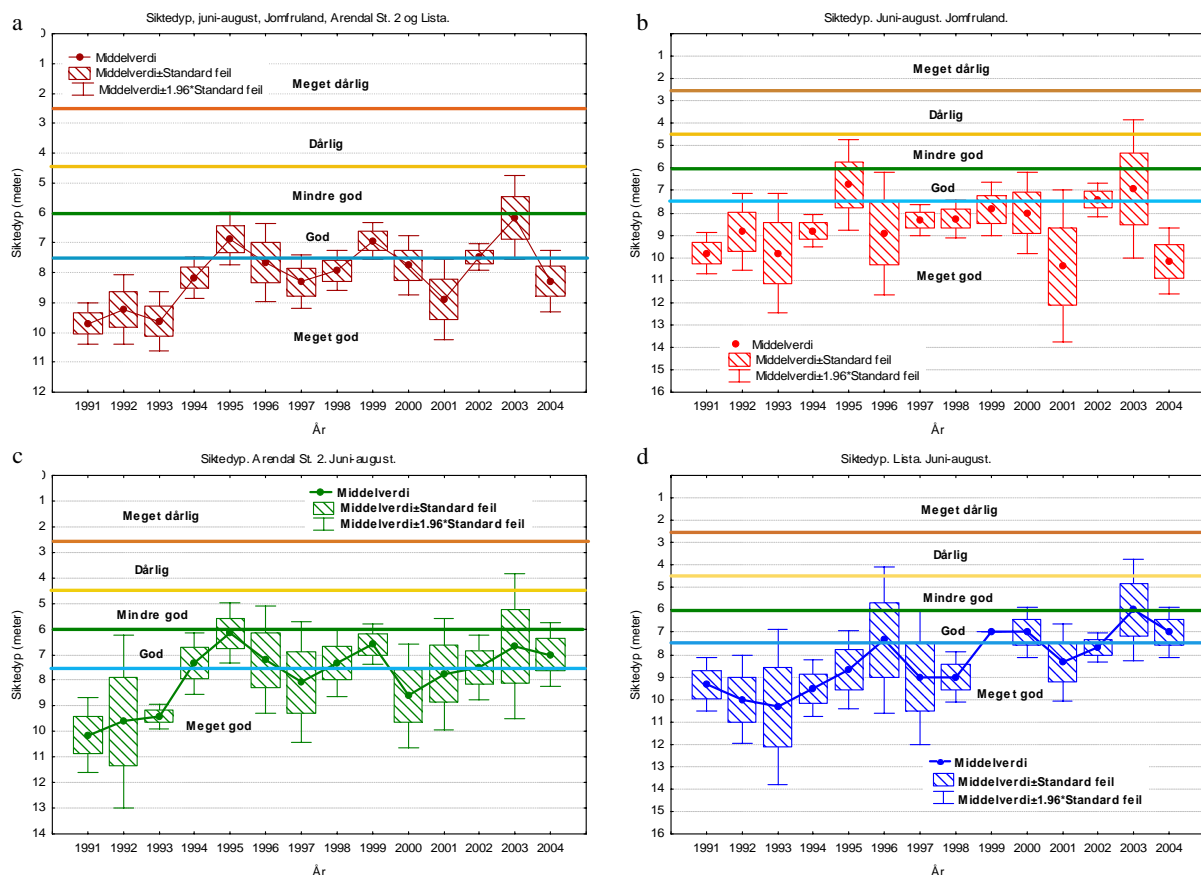


Figur 5.5. Sommerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) av a) klorofyll a, b) totalt suspendert materialet (TSM), c) partikulært organisk karbon (POC), d) - nitrogen (PON), e) - fosfor (POP), f) -nitrogen /fosfor (PON/POP) og karbon/nitrogen (POC/PON). Observasjoner fra Lista i deler av perioden.

Partikkelkonsentrasjonen (TSM) øker gjennom observasjonsperioden på Jomfruland ( $p=0.03$ ), men ikke på Arendal st. 2 ( $p=0.11$ ). For partikulært karbon (POC) og nitrogen (PON) er det en signifikant økning av middelverdier for både Jomfruland og Arendal St. 2 i 1991-2004, mens det ikke er noen tendens i partikulært fosfor (POP). PON/POP-forholdet viser bare en signifikant økning på Jomfruland.

### 5.3 Siktedyp

Siktedypet sommeren 2004 tilfredsstilte generelt kravet til tilstandsklasse 'meget god' iht SFTs klassifiseringssystem alle stasjoner sett under ett (Figur 5.6 a) og skyldes at siktedypet målt ved Jomfruland var gjennomsnittlig 10m i juni til august. Ved Arendal og på Lista lå siktedypet gjennomsnittlig på 7m, dvs. i tilstandsklasse 'god'. Generelt for perioden 1991 og fram til i dag har det vært signifikant avtagende (reduisert) siktedyp på stasjonene Arendal og Lista, både for sommerobservasjoner og for hele året sett under ett (Tabell 5.1). Siste års gode siktedyp på Jomfruland har snudd den negative trenden som var signifikant fram til i år. Dårligere siktedyp i perioden henger sammen med økning i både partikler og planteplankton i øvre vannmasser. Planteplanktonbiomassen var lav sommeren 2004 (se figur 6.1) og medvirker til bedre siktedyp sommeren 2004 på alle stasjonene.



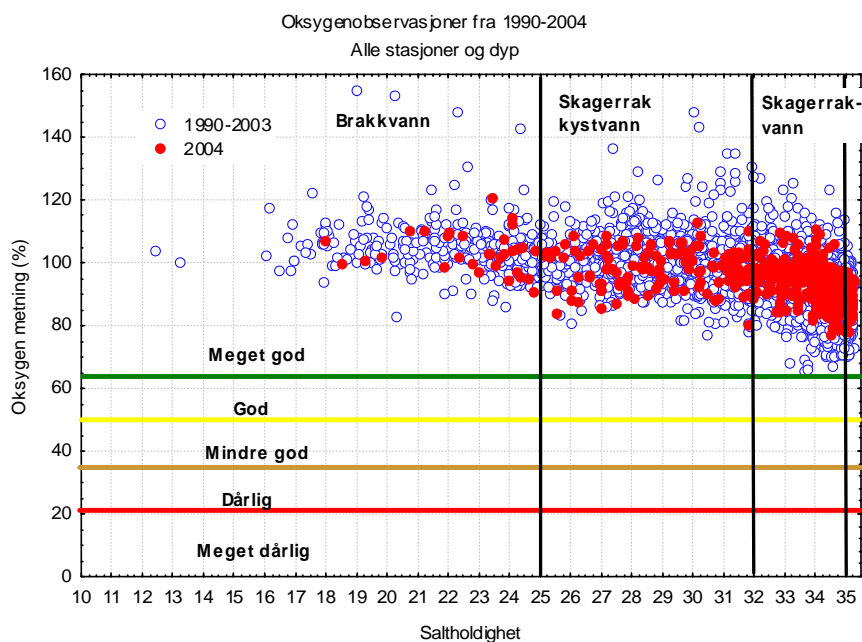
Figur 5.6 Siktedyp målt i kystvannet av Skagerrak i sommerperioden juni-august. a) Gjennomsnittlig siktedypkvalitet i kyststrømmen, b) siktedypkvalitet ved Jomfruland, c) siktedypkvalitet ved Arendal, d) siktedypkvalitet ved Lista. Siktedypkvalitet er iht. SFTs kvalitetskriterier.

Tabell 5.1 Regresjonsanalyse av siktedypsmålinger ved Jomfruland, Arendal og Lista. Trend = Negativ betyr signifikant dårligere siktedyp i perioden.

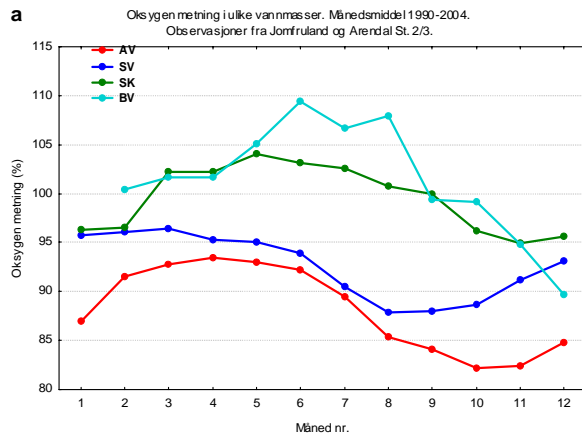
Periode	Stasjon	r <sup>2</sup>	Signifikans p	Trend	
1991-2004	Hele året	Jomfruland	0.04	0.5	Ingen
	Arendal St. 2	0.31	0.004	Negativ	
	Lista	0.44	0.009	Negativ	
	Alle tre stasjoner	0.27	0.056	(Negativ)	
Sommer- verdier juni-august	Jomfruland	0.04	0.51	Ingen	
	Arendal St. 2	0.35	0.0026	Negativ	
	Lista	0.66	0.004	Negativ	
	Alle tre stasjoner	0.32	0.0034	Negativ	

## 5.4 Vannkvalitet i dypere vannmasser

Oksygenmetningen i de dypere vannmassene er normalt i tilstandsklasse meget god sammenlignet med SFT's klassifiseringssystem (Figur 5.7). I noen få tilfeller havner Skagerrakvann i tilstandsklassen god, når saltholdighet plottes mot konsentrasjon (ml/l) i stedet for metning. (Metning er vurdert å gi et riktigere resultat.)



Figur 5.7. Oksygenmetning (%) i kystvannet målt over perioden 1991 – 2004. Observasjoner fra Færder, Jomfruland, og Arendal. Resultater fra 2004 er markert med røde punkter.

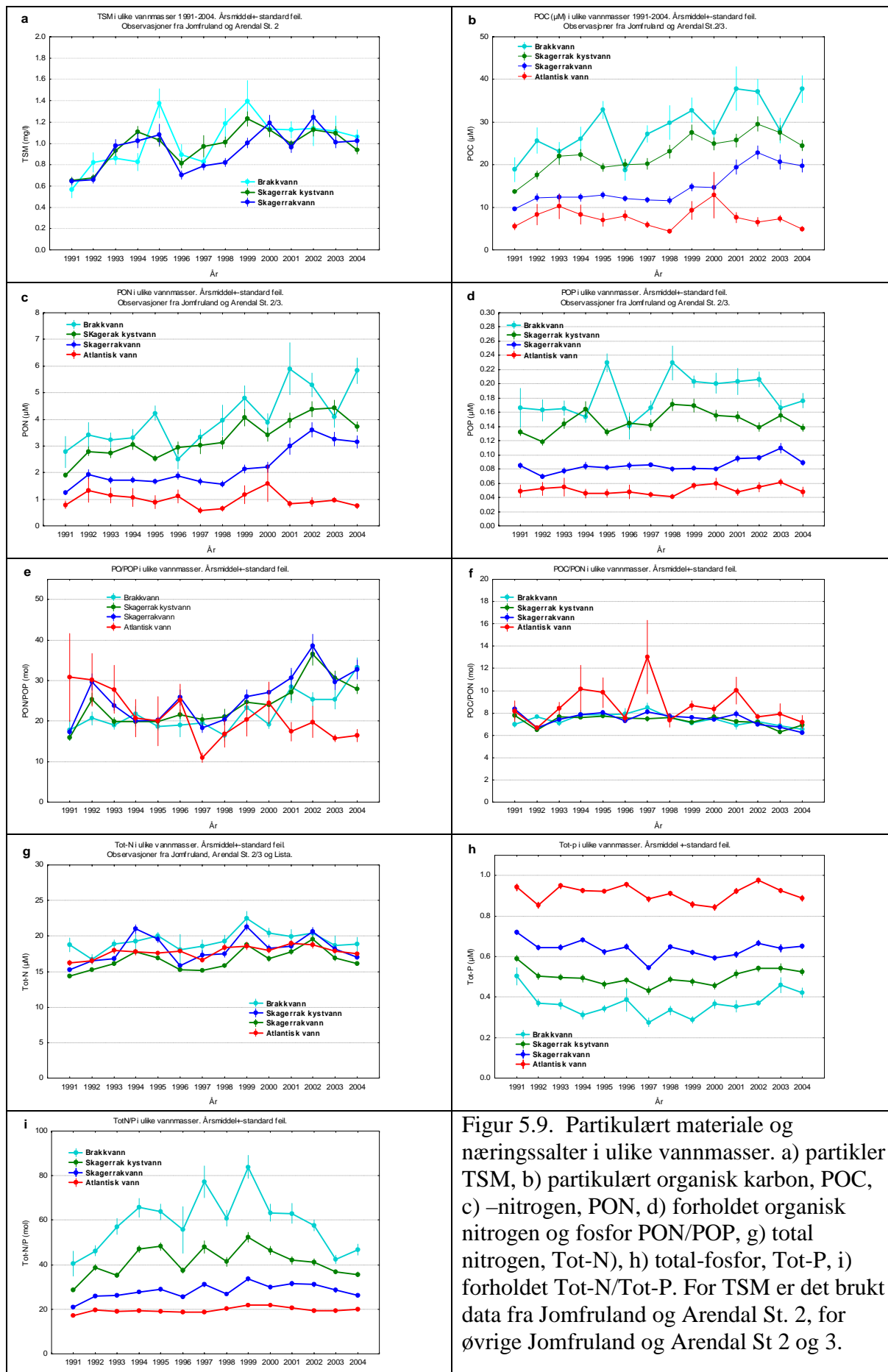


Figur 5.8. Oksygen i kyststrømmen plottet som oksygenmetning (%) pr. måned i 1990-2004. AV: Atlantisk vann. SV: Skagerrakvann. SK: Skagerrak kystvann. BV: Brakkvann. Vanntypene er definert i kapittel 4.

Kystvannet oksygeninnhold varierer gjennom året og varierer mellom de ulike vannmassene i Skagerrak (Figur 5.8). I det brakke overflatevannet måles det en overmetning i de varme sommermånedene juni-august og lavest metningsprosent utover høsten. (Lite brakkvann om høsten gjør at det er få målinger som her er lagt til grunn og resultatet skal brukes med forsiktighet.) I Kystvannet (SK) er det gode oksygenforhold gjennom hele året. I Skagerrakvann fra 25 til 100-150m (dyp jfr. figur 4.1) er det laveste oksygeninnholdet på sensommeren (august-september, Figur 5.8), mens det i Atlantisk vann (dypere enn 100m, jfr figur 4.1) har lavest oksygeninnhold i oktober-november.

Årsmiddelverdiene av partikkelkonsentrasjonen (TSM) viser samme økende utvikling (signifikant,  $p=0.02$ ) for de tre vannmassene brakkvann, kystvann og Skagerrakvann, med den høyeste konsentrasjonen oftest forekommende i brakkvannslaget og den laveste i Skagerrakvann (Figur 5.9 a, Tabell 5.2). Samme fordeling, med høyest konsentrasjon i brakkvann og lavest i Skagerrakvann, gjelder også for organisk materiale (POC, PON og POP, hhv. karbon, nitrogen og fosfor, Figur 5.9 bcd). Som for TSM er det en signifikant økning av POC og PON i perioden 1990-2004 for brakkvann, kystvann og Skagerrakvann, men ikke i Atlantisk vann (Tabell 5.2). For POP var det fortsatt en signifikant økning i Skagerrakvann, men konsentrasjonen viser en nedgang i 2004. PON/POP-forholdet (Figur 5.9 e) øker i alle vannmasser (og skyldes økende PON), unntatt i Atlantisk vann hvor det avtar noe gjennom observasjonsperioden (Figur 5.9 e og Tabell 5.2).

Total nitrogen (Tot-N, Figur 5.9 g) er til vanlig konsentrasjonen størst i Brakkvann, deretter i Skagerrak kystvann, men i 2004 hadde Atlantisk vann høyere nitrogen-konsentrasjoner enn Skagerrakvann. For total fosfor (tot-P, Figur 5.9 h) er konsentrasjonen gjennomgående høyere i de dypere-liggende vannmasser som Atlantisk vann enn i f.eks. Brakkvann. N/P-forholdet blir derved størst i Brakkvann og lavest i Atlantisk vann, som også framgår av Figur 5.9 i. For tot-P er det ikke noen signifikant utvikling i perioden (Tabell 5.2). For tot-N er det en signifikant økning i Atlantisk vann. Brakkvann og Kystvann synes å vise en variasjon med økning fram til 1999 og reduksjon for etterfølgende periode.



Figur 5.9. Partikulært materiale og næringsalter i ulike vannmasser. a) partikler TSM, b) partikulært organisk karbon, POC, c) –nitrogen, PON, d) forholdet organisk nitrogen og fosfor PON/POP, g) total nitrogen, Tot-N, h) total-fosfor, Tot-P, i) forholdet Tot-N/Tot-P. For TSM er det brukt data fra Jomfruland og Arendal St. 2, for øvrige Jomfruland og Arendal St 2 og 3.

Tabell 5.2 Resultater av regresjonsanalyse på middelveier jfr figur 7.8. Trend = Positiv, betyr signifikant økning i perioden. p gir signifikansnivået.

Periode	Stasjoner	Parameter	Vann- masse	r <sup>2</sup>	p	Trend
1991-2004	Jomfruland+Arendal St 2	TSM	BV	0.4	0.02	Positiv
		TSM	SK	0.37	0.02	Positiv
		TSM	SV	0.36	0.02	Positiv
1991-2004	Jomfruland+Arendal St 2/3	POC	BV	0.53	0.003	Positiv
		POC	SK	0.70	0.000	Positiv
		POC	SV	0.74	0.000	Positiv
		POC	AV	0.0	0.69	
1991-2004	Jomfruland+Arendal ST. 2/3	PON	BV	0.59	0.001	Positiv
		PON	SK	0.78	0.000	Positiv
		PON	SV	0.72	0.000	Positiv
		PON	AV	0.02	0.58	
1991-2004	Jomfruland+Arendal ST. 2/3	POP	BV	0.1	0.26	
		POP	SK	0.12	0.2	
		POP	SV	0.46	0.000	Positiv
		POP	AV	0.08	0.31	
1991-2004	Jomfruland+Arendal ST. 2/3	PON/POP	BV	0.52	0.002	Positiv
		PON/POP	SK	0.58	0.002	Positiv
		PON/POP	SV	0.44	0.01	Positiv
		PON/POP	AV	0.46	0.008	Negativ
1991-2004	Jomfruland+Arendal ST. 2/3	POC/PON	BV	0.2	0.1	
		POC/PON	SK	0.18	0.13	(Nær negativ)
		POC/PON	SV	0.25	0.07	(Nær negativ)
		POC/PON	AV	0.008	0.76	
1991-2004	Jomfruland+Arendal St. 2/3+Lista	Tot-N	BV	0.16	0.16	
		Tot-N	SK	0.11	0.24	
		Tot-N	SV	0.26	0.06	(positiv)
		Tot-N	AV	0.35	0.003	Positiv
1991-2004	Jomfruland+Arendal St. 2/3+Lista	Tot-P	BV,SK, SV,AV	0.00	0.7- 0.9	



## 6. Planktonsamfunn i Skagerrak

I 2004 var algebiomassen som de to foregående årene, lav ( $16 \mu\text{g C/l/år}$ ).

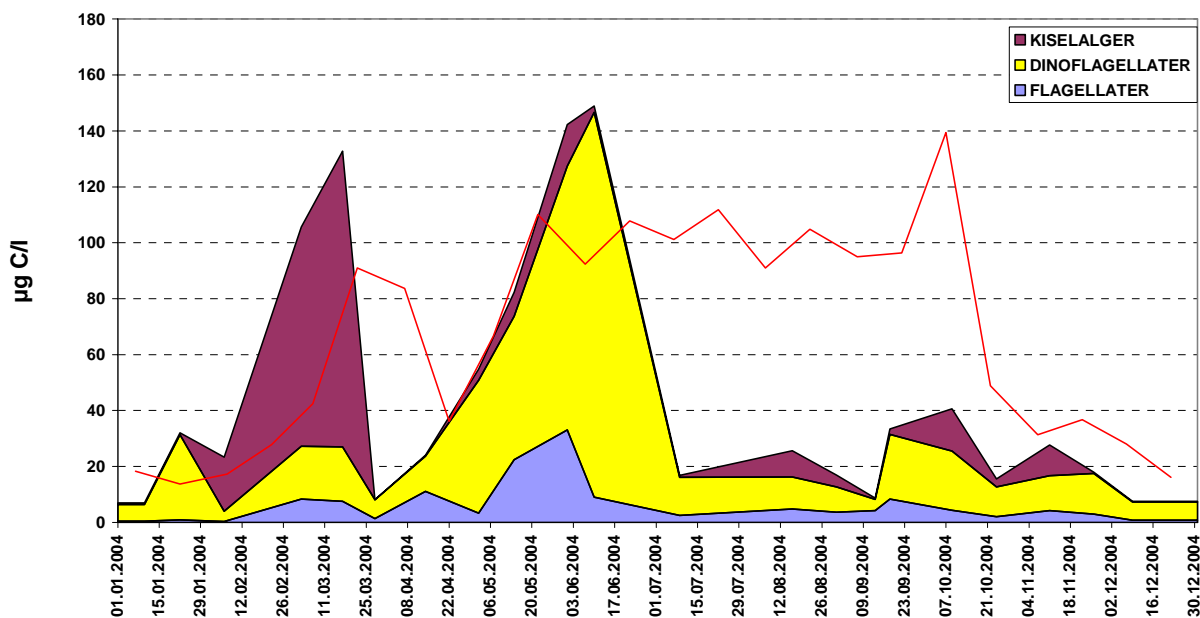
Våroppblomstringen av kiselalger startet relativt tidlig og nådde sitt maksimum i første halvdel av mars. Dinoflagellatslekten *Ceratium* var biomassemessig viktig store deler av året med høye konsentrasjoner allerede i januar og den hadde en blomstringsperiode som startet i april og nådde sitt maksimum i midten av juni. Potensielt toksiske dinoflagellater som *Alexandrium* (produsent av lammende toksiner, PSP) og *Dinophysis* (produsent av diarégivende toksiner, DSP) forekom på faregrensenivå i korte perioder på våren. Høsten 2004 ble det gjort flere registreringer av varmekjære planktonarter som tidligere ikke har vært registrert i forbindelse med kystovervåkingen. Uvanlige forekomster av detritus ble registrert i vannprøvene hele året med unntak av perioden midten av mai til juli.

### 6.1 Planteplankton i 2004

#### ALGEKARBON

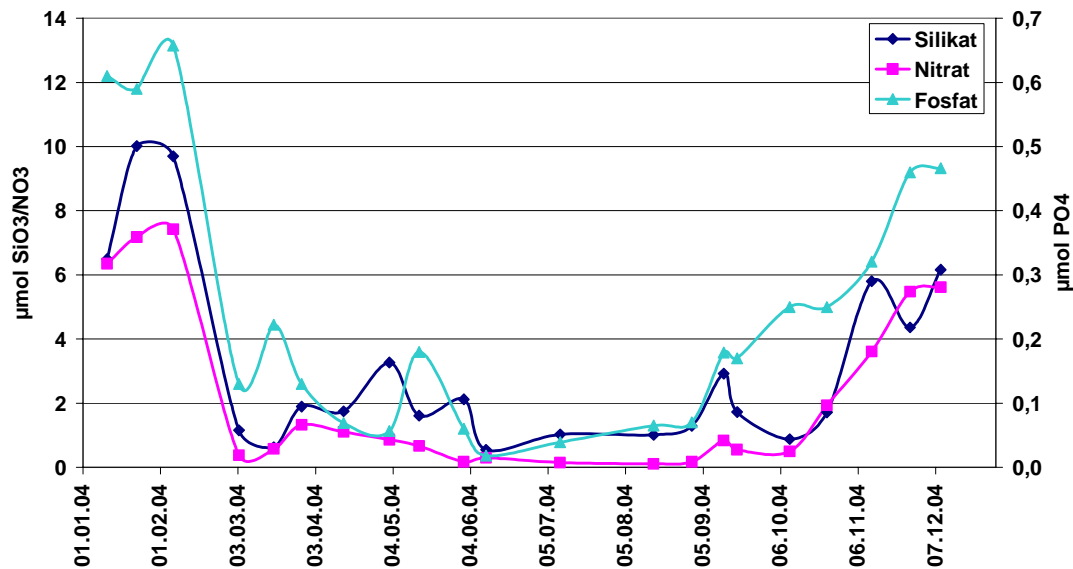
I 2004 ble det registrert to blomstringsperioder (Figur 6.1). Våroppblomstringen startet i februar og nådde sitt maksimum i første halvdel av mars. Som normalt var denne blomstringsperioden dominert av kiselalger. I begynnelsen av mars var vannmassene tappet for næringssalter, og kulminasjonen av våroppblomstringen i midten av mars kom som et resultat av dette (Figur 6.2). Neste blomstringsperiode startet tidlig i mai med dinoflagellater som biomassemessig helt dominerende algegruppe. Flagellatene hadde en blomstringsperiode fra midten av mai til begynnelsen av juni.

Beregnet cellekarbon, Arendal st.2, 2004



Figur 6.1 Biomassevariasjonen over året i form av beregnet cellekarbon ( $\mu\text{g C/l}$ ) for 2004. Den røde linjen markerer gjennomsnittlig beregnet algekarbon for årene 1992-2003.

2004



Figur 6.2. Tidsutviklingen for næringssaltene silikat, nitrat og fosfat på 5 meters dyp ved Arendal (st. 2) gjennom året 2004.

## DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)

### Potensielt toksiske dinoflagellater

*Alexandrium*, som er en slekt med flere potensielle produsenter av PSP-toksiner, ble registrert med lave konsentrasjoner under faregrensen fra januar og fram til midten av mai da den forekom på faregrensenivå (200 celler/l) for opphoping av PSP-toksiner i skjell. Også i første del av juni lå konsentrasjonen av *Alexandrium* på faregrensenivå, men avtok videre utover i juni og forekom kun sporadisk resten av året.

Slekten *Dinophysis*, som består av flere ulike arter som er potensielle produsenter av DSP-toksiner, forekom i lav konsentrasjon hele vinteren og tidlig på våren. Forekomsten av betydning ble først registrert i begynnelsen av mai da maksimumsforekomst (3.920 celler/l) for året ble registrert med *Dinophysis acuminata* (640 celler/l) og *D. norvegica* (3.040 celler/l) som de mest framtrepende artene (jfr. Figur 6). Forekomsten av *D. norvegica* lå over faregrensenivå på 3.000 celler/l som gjaldt for 2004. På grunnlag av resultatene fra Mattilsynets langtidsovervåkning er faregrensenivået for 2005 hevet til 4.000 celler/l. Biomassemessig var *D. norvegica* en svært framtrepende art i mai, og den fortsatte å være av biomassemessig betydning fram til begynnelsen av juli. Forekomstene lå imidlertid under faregrensenivå.

### Andre framtrepende dinoflagellater

I motsetning til 2003 da *Ceratium* ikke var særlig framtrepende, dominerte *Ceratium* algebiomassen allerede i begynnelsen av januar, og i slutten av januar ble det registrert blomstringskonsentrasjoner av *Ceratium* spp. (3.760 celler/l) med *Ceratium lineatum* (2.280 celler/l) som tallmessig dominerende art. Denne tidlige registreringen av høye konsentrasjoner av *Ceratium lineatum* kan ha sammenheng med at arten blomstret sent på høsten 2003. På grunn av størrelsen dominerte imidlertid *C. tripos* (840 celler/l) biomassemessig. I tillegg var *C. longipes* (440 celler/l) en biomassemessig viktig art.

Slekten *Ceratium* var generelt av relativ stor biomassemessig betydning utover vinteren og våren selv med moderate forekomster i februar og mars. I april begynte en blomstringsperiode som varte i tre måneder med maksimumsregistrering (5.160 celler/l) i midten av juni.

*Ceratium longipes* blomstret i perioden fra midten av april til midten av juni og dominerte *Ceratium*-forekomstene i april selv om maksimumsregistreringen (1.040 celler/l) for arten var i juni. Utover i mai overtok *Ceratium tripos* den biomassemessige dominansen, men også den hadde sin maksimumsregistrering (3.480 celler/l) i juni. *Ceratium fusus* forekom i hele juni i et antall på rundt 600 celler/l. *Ceratium*-forekomstene avtok igjen utover sommeren, men i begynnelsen av oktober og begynnelsen av november ble to små blomstringsbegivenheter registrert der henholdsvis *C. furca* og *C. lineatum* dominerte. Med unntak av sporadiske forekomster *C. furca* i perioden januar-mars ble ikke arten registrert med forekomster av betydning før i oktober da maksimumskonsentrasjonen var 920 celler/l.

Generelt gjør slekten *Protoperidinium* lite av seg tallmessig, men dette er store alger, og i perioden mai-juni var denne slekten en viktig del av algebiomassen. Mest framtrædende var *P. depressum*, *P. oceanicum* og *P. pellucidum*.

I tillegg til arter innen slekten *Ceratium* var *Heterocapsa triquetra*, *H. niei* og *Prorocentrum micans* av biomassemessig betydning om sommeren.

Generelt var små ubestemte nakne dinoflagellater <30 µm framtrædende bidragsytere til algebiomassen gjennom hele året, men fra slutten av august dominerte denne gruppen både dinoflagellatforekomstene og algeforekomstene generelt.

#### KISELALGER (Bacillariophyceae)

I begynnelsen av mars ble det registrert en svak kiselalgeblomstring av *Skeletonema costatum* (1,3 mill. celler/l) med *Chaetoceros socialis* og *Thalassiosira nordenskioldii* som de mest framtrædende følgeartene. I midten av mars var blomstringen av *Skeletonema costatum* allerede over, mens forekomsten av *C. socialis* og *T. nordenskioldii* hadde økt, og begge fikk da en maksimumsregistrering på henholdsvis 2,3 mill. celler/l og 186.000 celler/l.

Biomassemessig i form av algekarbon bidro imidlertid *T. nordenskioldii* (62 µg C/l) langt mer enn *C. socialis* (37 µg C/l).

Etter at våroppblomstringen var kiselalgeforekomstene lave i en periode fra slutten av mars til begynnelsen av mai da en blomstring av *Proboscia alata* startet opp. Blomstringen fortsatte og økte i omfang videre utover i mai fram til maksimumsregistrering på 16.500 celler/l i begynnelsen av juni. Av andre kiselalger var *Cerataulina pelagica* den mest framtrædende i denne perioden. Etter en kort periode med relativt lave kiselalgeforekomster blomstret *P. alata* (10.350 celler/l) igjen i midten av august med *Guinardia flaccida* som en framtrædende følgeart. I månedsskiftet august/september var det små (d = 3 µm) sentriske diatomeer (0,46 mill. celler/l), *Pseudo-nitzschia* cf. *calliantha* og *Chaetoceros subtilis* som bidro mest til kiselalgebiomassen.

Etter en ny periode med lave kiselalgeforekomster ble det i oktober registrert en episode med moderate forekomster med *Pseudo-nitzschia* cf. *calliantha*, *Skeletonema costatum* (0,18 mill. celler/l), *Eucampia zodiacus*, *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata* som de mest framtrædende artene.

I begynnelsen av november ble det igjen registrert moderate forekomster av et blandet kiselalgesamfunn der *Thalassiosira "gravida"*, *Chaetoceros socialis*, *Pseudo-nitzschia* cf.

*calliantha*, *Lauderia annulata* og *Thalassionema nitzschioides* var de biomassemessig mest framtrepende artene.

## FLAGELLATER

### Kalkflagellater (Coccolithophyceae = Prymnesiophyceae)

*Emiliana huxleyi* ble registrert i lav konsentrasjon allerede tidlig i januar og forekom hele vinteren og våren. I midten av mai startet en blomstring av *E.huxleyi* som i månedsskiftet mai/juni ble registrert med en maksimumskonsentrasjon på 7,4 mill. celler/l. *E. huxleyi* forekom i svært moderate til lave konsentrasjoner utover hele sommeren og høsten. Ingen andre arter innenfor denne algeklassen blomstret i 2004.

### Nåleflagellater (Raphidophyceae)

*Chattonella* aff. *verruculosa* ble hyppig registrert i perioden mars-juli med maksimumskonsentrasjon (192.700 celler/l) i midten av mai. *Chattonella* var da, bortsett fra *Ceratium tripos*, den arten som bidro mest til algebiomassen. *Heterosigma akashiwo* ble registrert i lav konsentrasjon i april.

### Olivengrønnalger (Prasinophyceae)

Denne algeklassen var blant de mest framtrede flagellatene i midten av april da *Pyramimonas* ble registrert med en maksimumskonsentrasjon på 131.600 celler/l, men ellers var forekomstene generelt svært lave.

### Svelgflagellater (Cryptophyceae)

Forekomstene var generelt lave, og denne klassen hadde bare i midten av april en relativt sett framtrepende biomassemessig betydning da *Teleaulax acuta* ble registrert med årets maksimumsforekomst på 164.500 celler/l.

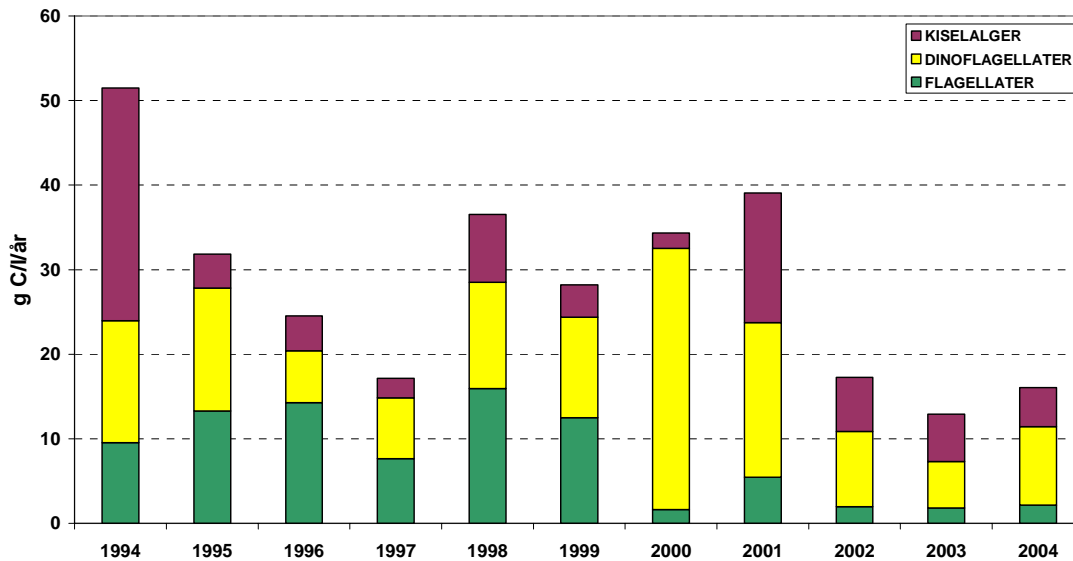
### Ubestemte flagellater/monader

Generelt var forekomsten av ubestemte nakne flagellater uvanlig lav. Situasjonen var den samme både i 2002 og 2003

## 6.2 Utvikling i planteplanktonsamfunn over tid

Den beregnede algekarbonmengden var i 2004 16,0 g C/L/år som er noe høyere enn i 2003, men litt lavere enn i 2002 (Figur 6.3). Dinoflagellatene bidro med nesten 58%, mens bidraget fra kiselalgene var halvparten så stort. Uklassifiserte flagellater/monader bidro bare med 4,7% av den totale algebiomassen. I 2000 skjedde det en endring ved at forekomsten av flagellater ble betydelig redusert, og forekomsten i 2004 holdt seg på samme nivå som de fire forutgående år. Det er på nåværende tidspunkt ikke klart hva det har å si for økosystemet.

## Integrert cellekarbon, Arendal st.2, 1994-2004

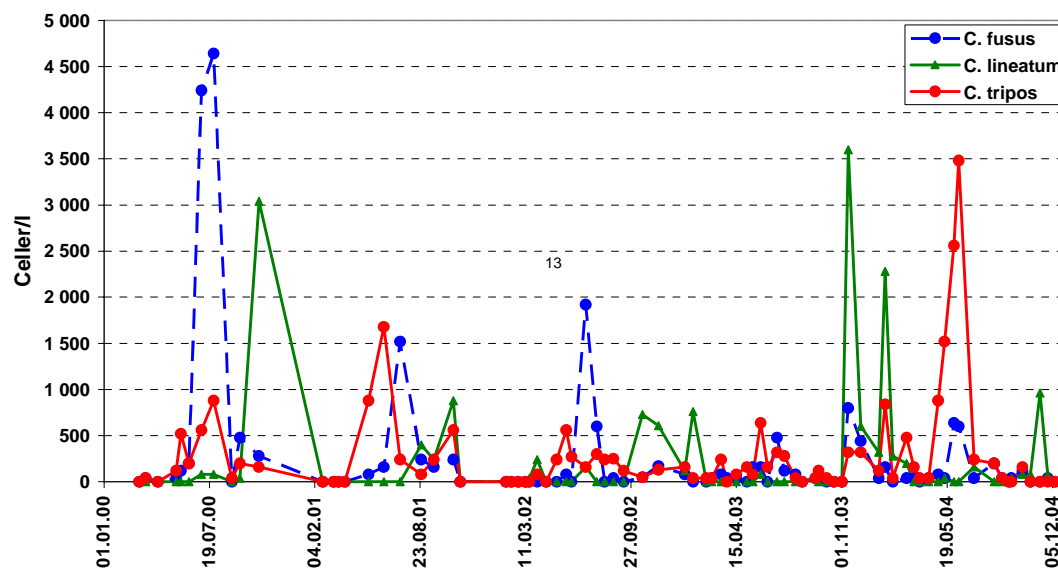
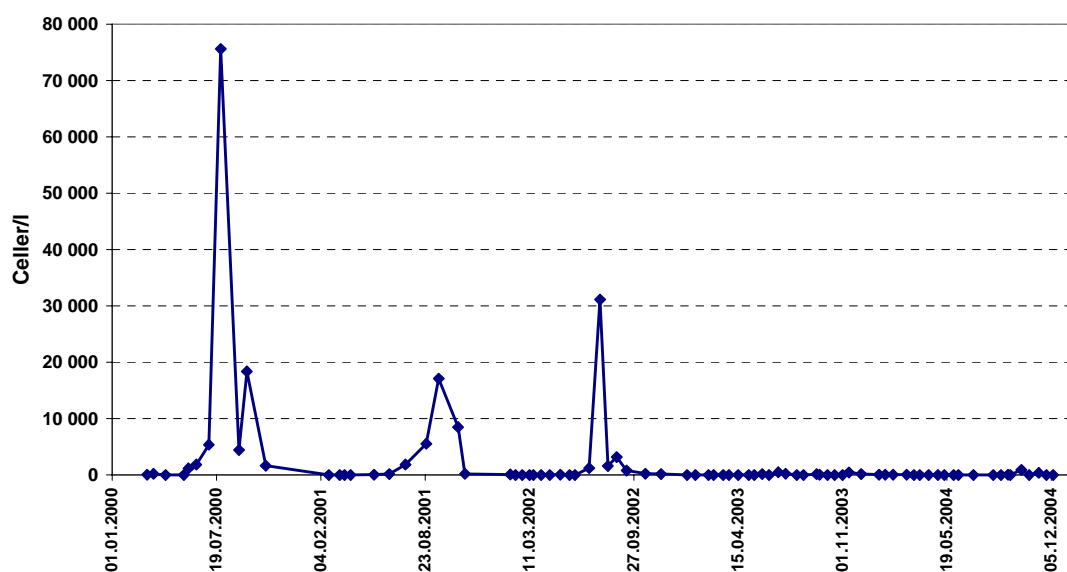


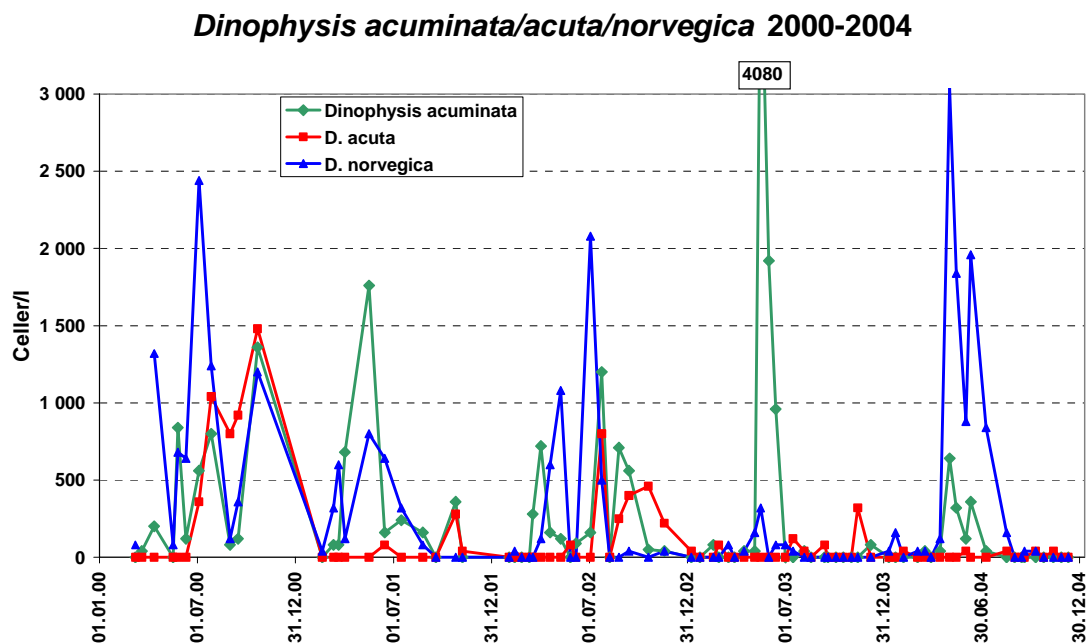
Figur 6.3. Total planteplanktonbiomasse ( $\mu\text{g C/l/år}$ ) integrert over året for perioden 1994-2004.

Våroppblomstringen i 2004 startet i midten av februar og nådde sitt maksimum i midten av mars. Blomstringen startet med *Skeletonema costatum*, men ble etter hvert erstattet av *Thalassiosira nordenskiöldii* og *Chaetoceros socialis*. Dette er de samme artene som var biomassemessig dominerende både i 2002 og 2003. Algebiomassen i form av beregnet cellekarbon under våroppblomstringen var på samme nivå som i 2003 og må betegnes som en normal blomstring.

Etter kulminasjonen av våroppblomstringen og lav algebiomasse i slutten av mars økte algebiomassen igjen fra midten av april og nådde sitt maksimum i første halvdel av juni. Biomasseøkningen skyldtes en økning i forekomsten av dinoflagellater med *Ceratium tripos* som en viktig bidragsyter gjennom hele denne perioden. Sett over de 5 siste årene har *C. tripos* hatt en økende tendens når det gjelder maksimumskonsentrasjoner, mens *C. fusus* har klart avtagende forekomst (Figur 6.4). *C. furca* som hadde kraftige blomstringer i 2000-2002, har nesten ikke vært tilstede de siste to årene (Figur 6.5).

Utviklingen hos algeslekten *Dinophysis*, DSP-produzent, viser de siste 5 årene en tendens til reduksjon i forekomsten av *D. acuta* som er den mest potente toksinproduzenten. *D. acuminata* og *D. norvegica* synes å oppnå maksimumskonsentrasjoner annet hvert år med *D. norvegica* som blomstrende art i 2004 (Figur 6.6).

***Ceratium fusus/lineatum/tripos* 2000-2004**Figur 6.4. Forekomstene av *Ceratium fusus*, *C. lineatum* og *C. tripos* i perioden 2000-2004.***Ceratium furca* 2000-2004**Figur 6.5. Forekomstene av *Ceratium furca* i perioden 2000-2004.



Figur 6.6. Forekomstene av *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* i perioden 2000-2004.

Den ichthyotoksiske (fisketoksiske) dinoflagellaten *Karenia mikimotoi* som en gang på 1970- og flere ganger på 1980-tallet forårsaket fiskedød på grunn av masseblomstringer, forekom kun sporadisk i perioden juni-november. Manglende masseblomstring og reduserte forekomster av *Karenia mikimotoi*, som er en nitrofil art (Blasco et al. 1996, Le Corre et al. 1993), er en trend som startet på 1990-tallet og har fortsatt utover 2000-tallet.

## SPESIELLE ALGEFOREKOMSTER I 2004

Høsten 2004 ble det registrert flere uvanlige forekomster av varmekjære planktonalger i vannprøver fra den norske delen av Skagerrak og fra Vestlandet. Dette gjelder arter av både kiselalger og dinoflagellater.

**Kiselalger**

Høsten 2004 ble kiselalgene *Odontella mobiliensi* (Figur 6.7a), *O. sinensis*, *Stephanopyxis turris* (Figur 6.7d) og *Lithodesmium undulatum* registrert i vannprøver fra den norske delen av Skagerrakkysten, mens *Odontella regia* og *Biddulphia alternans* ble registrert i håvtrekk. Dette er arter som tidligere ikke har vært registrert i forbindelse med NIVAs algeovervåking i området, som nå har pågått i over ti år. Alle er å betrakte som varmekjære arter og både *Odontella sinensis*, *O. regia* og *Lithodesmium undulatum* (Figur 6.7c) var dominerende arter i Tyskebukta denne høsten. I tillegg er *Ditylum brightwellii* (Figur 6.7b) som i 1980-årene viste en økende frekvens i håvtrekk, blitt en mer biomassemessig fremtredende art i vannprøver fra både Skagerrakkysten og Vestlandet. Som et lite apropos til registreringene av *O. sinensis* i 2004 kan det nevnes at arten ble registrert i Nordsjøen allerede i 1903 og ble da betraktet som en immigrant transportert til området med lasteskip (Ostenfeld 1908).

a)



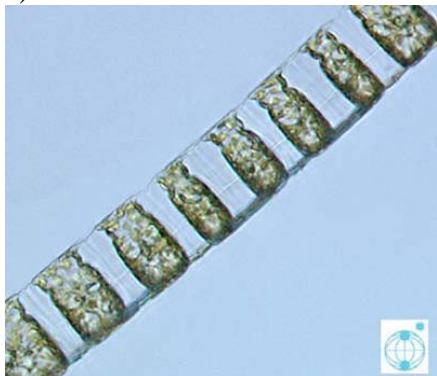
<http://www.sb-roscoff.fr/scripts/microscope.php?func=imgDetail&imageID=2619>

<http://www.sb-roscoff.fr/scripts/microscope.php?func=imgDetail&imageID=2569>

b)



c)



<http://www.sb-roscoff.fr/scripts/microscope.php?func=imgDetail&imageID=12700>

d)



<http://www.liv.ac.uk/plankton/S.%20turris.html>



Figur 6.7. Bilder av a) *Odontella mobilensis* (J. W. Bailey) Grunow, b) *Ditylum brightwelli* (West) Grunow i Van Heurck, c) *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg og d) *Stephanopyxis turris* (Arnott in Greville) Ralfs in Pritchard.

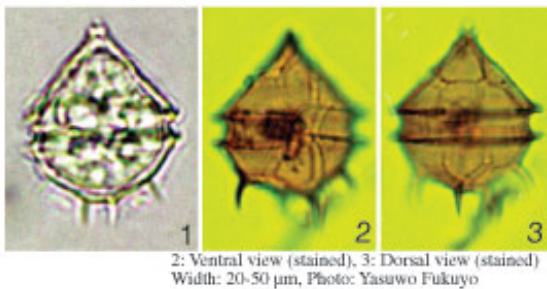
## Dinoflagellater

*Peridinium quinquecorne* (syn. *Protoperidinium quinquecorne*) (Figur 6.8a) som er en autotrof dinoflagellat, ble høsten 2004 for første gang registrert i vannprøver fra både Skagerrakkysten og Vestlandet. Den ble første gang beskrevet fra Japan og beskrives som en estuarin art. *Peridinium quinquecorne* er kjent for å skape "red tides" i Asia og en blomstring er også beskrevet fra Spania. Ellers i Europa synes forekomstene å være sporadiske. I Kina er *Peridinium quinquecorne* forbundet med fiskedød i oppdrettsanlegg. Det er til nå ikke beskrevet noen toksiner fra denne arten, og det spekuleres i om årsaken til fiskedøden kan ha sin årsak i at masseforekomstene har forekommet i områder med lavt oksygenivå og forårsaket oksygensvikt om natten når algene respirerer.

En annen sørlig dinoflagellat *Ceratium massiliense* (Figur 6.8b) ble registrert i Skagerrak i oktober. Arten er beskrevet som en kosmopolitt i varmt tempererte/tropiske områder. Den forekommer i Middelhavet og er registrert i det østlige Atlanterhavet ved de britiske øyer. I England er den også registrert i ballastvann.

a)

*Peridinium quinquecorne* Abé



[http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp/plankton/description/Peridinium\\_quinquecorne.htm](http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp/plankton/description/Peridinium_quinquecorne.htm)

b)

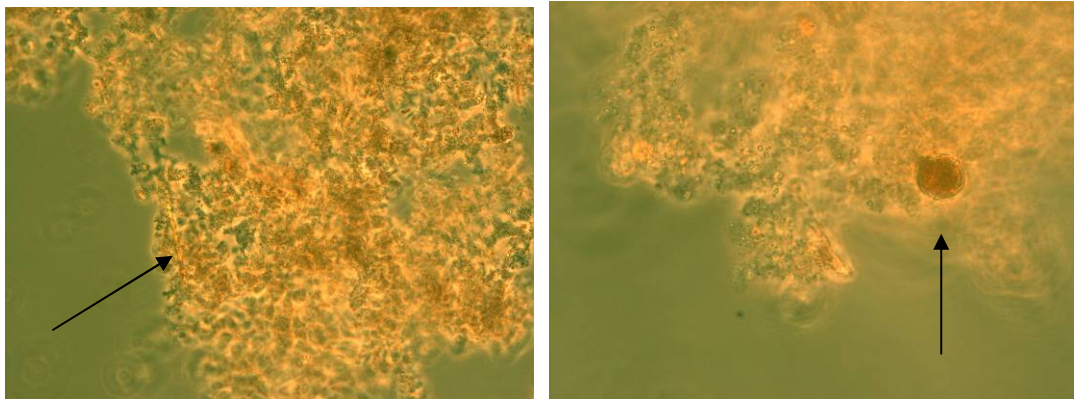


<http://serc5.si.edu/algae/cermass3.htm>

Figur 6.8. Bilder av a) *Peridinium quinquecorne* Abé og b) *Ceratium massiliense* (Gourret) Jørgensen.

## DETRITUSFOREKOMSTER I VANNPRØVER

Generelt ble det i 2004 registret uvanlig store mengder av detritus i vannprøvene (jfr. Fig. 6.9). Ansamlingene av detritus inneholdt blant annet større og mindre klumper med sopplignende celler. Mengden med detritus var så høy at den i stor grad vanskeliggjorde opparbeidelsen av planteplanktonprøvene. Både kvantifisering og artsbestemmelse var problematisk ettersom algene var infiltrert i detritus. Høye detritusmengder vil i stor grad kunne kamuflere algene helt og hindre registrering. Dette problemet øker med avtagende cellestørrelse. Det ble registrert to perioder der forekomsten av detritus var et problem. Den første perioden strakte seg fra januar til første halvdel av mai. Deretter fikk vi en periode fra andre halvdel av mai til juli med lite detritus. Fra august og ut året var det igjen høye detritusforekomster. Algeanalyser av vannprøver fra sentrale og østlige deler av Skagerrak inneholdt ikke slike detritusmengder – noe som kan tyde på at dette er et fenomen knyttet til begrensede kystområder. I den grad det lot seg gjøre å registrere algenes fysiologiske tilstand syntes denne å være ganske normal, dvs at den dårlige fysiologiske tilstanden som ble påpekt i 2003 ikke lenger synes å være gjeldende.



Figur 6.9. Eksempler på detritus som inneholder planktonalger.

### 6.3 Algegifter og kostholdsråd langs kysten

#### Planteplankton langs kysten

Løpende data om planktonalger, med vekt på de skadelige typene, produseres i et bredt samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Norges Veterinærhøgskole, OCEANOR, NIVA, Fiskeridirektoratet og Mattilsynet med underliggende enheter. Den landsdekkende rutineovervåkningen i regi av Mattilsynet foregikk i 2004 ukentlig fra midten av mars til ut i oktober på 26 stasjoner fra Østfold til Finnmark. I ukentlige nyhetsbrev på internett (<http://algeinfo.imr.no/>), kalt "algeinfo", er det informert om den aktuelle algesituasjonen langs hele kysten, bortsett fra på vinteren. I følgende tekst er denne informasjonen kort summert på årsbasis og i Tabell 6.1 er rådene fra Mattilsynet om spiselighet av skjell langs kysten, ut fra faren for algegifter i skjellne, skjematisk framstilt.

#### Alger på kyststrekningen Østfold - Vest-Agder



## 6.4 Dyreplankton i 2004

Dyreplankton lever i stor grad av planteplankton og er et viktig ledd i næringskjeden mellom planteplankton og fisk. De fleste gruppene av dyreplankton som blir samlet inn i kystovervåkingsprogrammet er planteetere (herbivore) eller altetende (omnivore), mens enkelte (f.eks. pilorm, chaetognatha) er utelukkende rovdyr (carnivore) organismer.

Forekomsten av dyreplankton i de øvre 50 m på Arendal St. 2 har vært overvåket siden 1994, ca. hver 14. dag. Det ble ikke foretatt prøvetaking den 6. februar og 3. mars i 2004, grunnet dårlig vær.

### Artssammensetting

Artssammensetting av dyreplanktonet ved Arendal St. 2 i 2004 viste lignende sesongsvariasjoner som er blitt observert tidligere år, og som avspeiler de ulike artenes livssyklus. *Calanus* spp utgjør en viktig komponent i planktonet i perioden februar - mai, mens andre calanoide copepoder og cyclopoide copepoder dominerer dyreplanktonet både i antall og i biomasse senere på sommeren (juli – september). De registrerte tetthetene av dyreplankton var gjennomgående lavere i 2004 sammenlignet med året før.

### *Calanus* spp.

*Calanus* spp (*C. finmarchicus* og *C. helgolandicus*) lever primært av planteplankton og er en nøkkelart i økosystemene som føde for fiskelarver og planktonspisende fisk. *Calanus finmarchicus* overvintrer på dypere vannlag (juli-januar), og vandrer opp i øvre vannlag i februar/mars for å gyte. De største tetthetene av *Calanus* spp. i 2004 ble observert 17. mars (46 000 pr. m<sup>2</sup>; Figur 6.10a ). På grunn av manglende målepunkter 6. februar og 3. mars. kan prøvetakingen ha unngått selve ”vår toppen” av *Calanus*. Registrert maksimumsforekomst av både nauplier og copepoditter av *Calanus* spp. sammenfaller imidlertid med den første våroppblomstringen av kiselalger (17. mars, Figur 6.1). Forekomsten av *Calanus* spp. var forholdsvis lav gjennom resten av året 2004 (< 7000 pr. m<sup>2</sup>). Vi har foreløpige for korte tidsserier til å si hva som er normalverdi.

### Andre copepoder

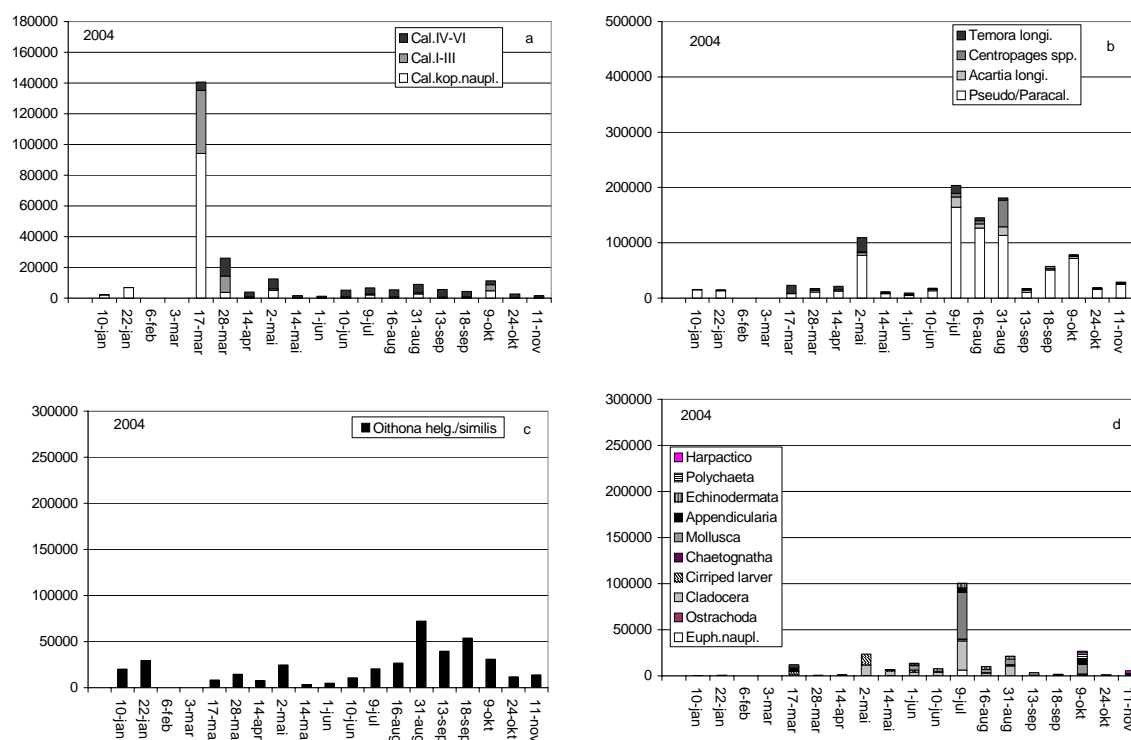
Gruppen *Pseudocalanus/Paracalanus* var tallmessig den dominerende gruppen av calanoide copepoder ved Arendal St2. . I tillegg ble de calanoide copepodene *Temora longicornis*, *Acartia longa* og *Centropages* spp. registrert i mindre mengder gjennom hele året. Samtlige hadde sin maksimale forekomst i juli (Figur 6.10b).

Blandt cyclopoide copepoder dominerte *Oithona helgolandicus/O. similis* med maksimumverdier i perioden august – september (Figur 6.10c). Tetthetene av *Oithona* spp var markant lavere i 2004 (maks 72 000 pr. m<sup>2</sup>) sammenlignet med året før (maks 280 000 pr. m<sup>2</sup>)

### Annet dyreplankton

*Cladocera* er knyttet til vann med høy temperatur og lav saltholdighet, og denne gruppen var mest tallrik i mai-juli, da overflatelageret holdt lave saltholdigheter (Fig 5d). Andre grupper av dyreplankton, f.eks planktoniske mollusker (*Pteropoda*), *Appendikularia* og pilorm (*Chaetognatha*) ble observert periodevis i lave tettheter (Fig ur 6.10d)

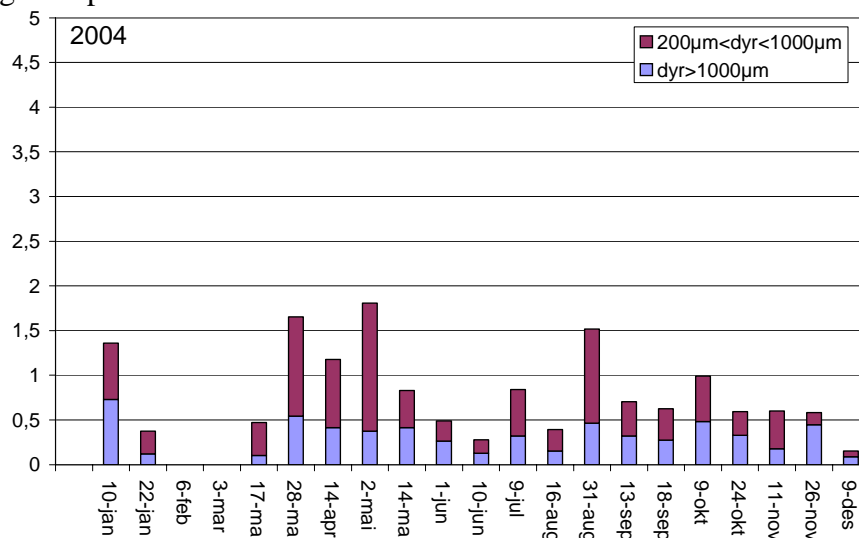
Forekomst av larveplankton karakteriseres ofte av en eller få arter som dominerer i korte perioder og raskt avløses av nye arter. Planktoniske larver av rur (*Balanus* sp.) ble registrert på våren (mai), mens pigghuder (*Echinodermata*) forekom i juni-august (Figur 6.10d).



Figur 6.10 Fordeling av dyreplankton på ulike grupper og videre fordelt på enkelte arter i de øvre 50 m for 2004 på Arendal St. 2. a) *Calanus*-stadier, b,c,d) enkeltarter.

## Biomasse

Dyreplanktonbiomassen som tørrvekt ( $\text{g/m}^2$ ) ble målt for to størrelsesfraksjoner: 200-1000  $\mu\text{m}$  og større enn 1000  $\mu\text{m}$  (Figur 6.11). *Calanus* spp. stadie IV-VI bidrar mest til biomassen i den største størrelsesgruppen ( $> 1000 \mu\text{m}$ ). Den minste størrelsesfraksjonen (200-1000  $\mu\text{m}$ ) utgjøres hovedsakelig av små stadier av *Calanus* spp, andre calanoide copepoder, cyclopoide copepoder og larveplankton.



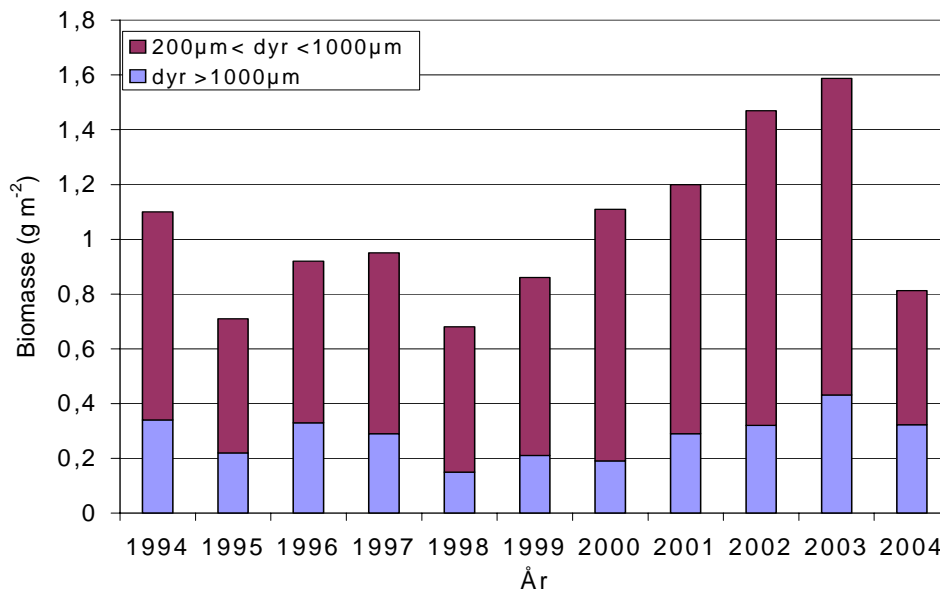
Figur 6.11 Dyreplankton biomasse som tørrvekt ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 200-1000 $\mu\text{m}$  og 1000 $\mu\text{m}$ , for 2004 på Arendal St. 2

Total biomasse i 2004 varierte mellom 0,2 og 1,8  $\text{g}/\text{m}^2$ , med de største verdiene i mai (Figur 6.11). Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2004 var 0,81  $\text{g}/\text{m}^2$ , den laveste verdien som er registrert siden 1998. (Figur 6.12). Fraksjonen av mindre dyr (200 – 1000  $\mu\text{m}$ ) utgjøre den største andelen av biomassen gjennom hele sesongen (maksimum 80% den 2. mai) unntatt 10. januar da andelen av store dyr (> 1000  $\mu\text{m}$ ) tilsvarte ca. 50% av den totale biomassen (Figur 6.11).

## 6.5 Endring i dyreplanktonet over tid

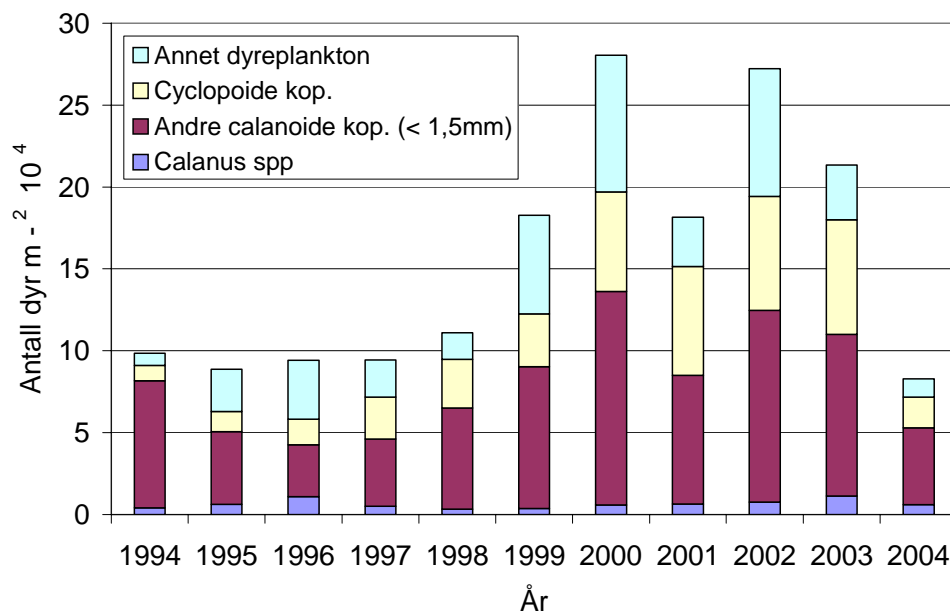
Årlig gjennomsnittlig dyreplankton biomasse ( $\text{g}/\text{m}^2$  tørrvekt) for årene 1994 til 2004 har variert fra 0,68 – 1,58  $\text{g}/\text{m}^2$  (Figur 6.12). Den laveste dyreplanktonbiomassen ble registrert i 1998 og den høyeste i 2003. Et hovedtrekk i perioden 1998 - 2003 var økt årlig gjennomsnittlig biomasse fra 0,68 til 1,68  $\text{g}/\text{m}^2$ , tilsvarende 147 % økning i løpet av 4 år. Denne trenden har ikke fortsatt inn i 2004, da dyreplankton biomassen har vært lav gjennom hele året (i gjennomsnitt, 0,81  $\text{g}/\text{m}^2$ ), tilsvarende en reduksjon på 49% sammenlignet med året før, og var nå mer på nivå med årene 1995 og 1997.

Lav dyreplankton biomasse i 2004 skyldes lave tettheter av samtlige registrerte arter gjennom hele året (Fig. 4). Tettheten av *Calanus* spp og *Pseudocalanus/Paracalanus* var ~50% lavere i 2004 sammenlignet med året før. Størst reduksjon (70%) ble imidlertid observert i tettheten av cyclopoide copepoder (*Oithona helgolandicus/O. similis*). Store dyreplanktonformer (størrelsesfraksjon >1000  $\mu\text{m}$ ) utgjør derfor en større andel av den totale biomassen i 2004 (40%) sammenlignet med året før (27%).



Figur 6.12 Dyreplankton biomasse som tørrvekt ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 200-1000 $\mu\text{m}$  og 1000 $\mu\text{m}$ , som gjennomsnittsverdier for årene 1994-2004 på Arendal St. 2.

Gruppen av små calanoide copepoder som *Pseudocalanus/Paracalanus spp*, *Acartia spp*, *Temora longicornis* og *Centropages spp* har dominert i antall gjennom hele undersøkelsesperioden og utgjorde 65% av gjennomsnittlig mengde copepoder i 2004 (Figur 6.13), (hovedsaklig *Pseudocalanus/Paracalanus spp*, Figur 6.10b). Disse copepodene er omnivore, har stor tåleevne i forhold til fluktuasjoner i hydrografi og er karakteristiske for kystnære områder.



Figur 6.13 Fordeling av dyreplankton på ulike grupper som gjennomsnittlige verdier i de øvre 50 m for årene 1994-2004 på Arendal St. 2

Forekomsten av *Calanus spp* var størst i 1996 (19 % av totalt antall copepoder) og avtok i årene 1996-2000 (Tabell 6.3). Etter en økning fra 2000-2003, ble det igjen registrert lave tettheter i 2004. *C. finmarchicus* er avhengig av dypere områder for overvintring, f. eks. Norskerenna (700 m). Omfanget av overvintring i Norsjøen/Skagerrak er imidlertid ikke kjent, ei heller ikke forholdet mellom advektivt tilførte (allochthone) og lokale (autochthone) populasjoner av *C. finmarchicus*. Hvis bestanden av *Calanus* avhenger av en årlig tilførsel fra Atlantiske vannmasser vil variasjoner i forekomst av *Calanus* mellom år hovedsakelig være relatert til storskala hydrofysiske prosesser.

Tabell 6.2 a) Dyreplankton biomasse som tørrvekt og b) fordeling av dyreplankton på ulike grupper vist som gjennomsnittsverdier for årene 1994 til 2004 på Arendal St. 2.

a

Gj.snitt pr. år i 0-50m (g/m <sup>2</sup> )	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Gj.snitt 1994-2003
dyr >1000µm	0,34	0,22	0,33	0,29	0,15	0,21	0,19	0,29	0,32	0,43	0,32	<b>0,28</b>
200µm < dyr <1000µm	0,76	0,49	0,59	0,66	0,53	0,65	0,92	0,91	1,15	1,16	0,49	<b>0,76</b>
total for fraksjonene	1,1	0,71	0,92	0,95	0,68	0,86	1,11	1,2	1,47	1,59	0,81	<b>1,06</b>
dyr >1000µm (%)	31	31	36	31	22	24	17	24	22	27	40	<b>26</b>
200µm < dyr <1000µm (%)	69	69	64	69	78	76	83	76	78	73	60	<b>74</b>
gj. snittlig vekt pr. ind. (µg)	11,2	8,0	9,8	10,1	6,1	4,7	4,0	6,6	5,4	7,4	9,8	<b>7,6</b>

b

Gj.snitt pr. år (ant/m <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup> ) Gruppe	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Gj.snitt 1994-2003
<b>Calanus spp</b>	0,40	0,63	1,09	0,50	0,32	0,36	0,57	0,64	0,75	1,12	0,59	<b>0,63</b>
Andre calanoide kop. (< 1,5mm)	7,76	4,43	3,17	4,10	6,18	8,68	13,04	7,86	11,72	9,89	4,70	<b>7,41</b>
Cyclopoide kop.	0,94	1,24	1,55	2,57	2,97	3,23	6,09	6,64	6,96	6,99	1,88	<b>3,73</b>
Annet dyreplankton	0,73	2,56	3,61	2,26	1,63	6,00	8,34	3,02	7,80	3,34	1,11	<b>3,67</b>
<b>Totalt</b>	<b>9,84</b>	<b>8,86</b>	<b>9,42</b>	<b>9,44</b>	<b>11,10</b>	<b>18,26</b>	<b>28,05</b>	<b>18,16</b>	<b>27,23</b>	<b>21,34</b>	<b>8,29</b>	<b>16,17</b>
<b>% av ant. dyr i gruppene.</b>												
Calanus spp	4	7	12	5	3	2	2	4	3	5	7	<b>5</b>
Andre calanoide kop. (< 1,5mm)	79	50	34	43	56	48	47	43	43	46	57	<b>50</b>
Cyclopoide kop.	10	14	16	27	27	18	22	37	26	33	23	<b>23</b>
Annet dyreplankton	7	29	38	24	15	33	30	17	29	16	13	<b>23</b>



## 7. Hardbunnssamfunn i Skagerrak

*Hardbunnssamfunnet viste tegn på redusert tilstand med forringet artssammensetning av makroalger på skjærgårdsstasjonene og generelt under normalt lavt artsantall og tetthet av dyr. Artsantall og total forekomst av makroalger var imidlertid som normalt, og artsmangfoldet var generelt høyt på ytre kyst av sør- og sør-vestlandet og noe lavere i ytre Oslofjord området (Figur 7.1). Men på de stortaredominerte stasjonene ble det observert en nedgang i forekomsten av stortare og vanlige følgearter og samtidig en økt forekomst av sukkertare og trådformede arter. Slike variasjoner kan være naturlige. Nedre voksegrense for makroalger i A og B området lå i 2004 klart under gjennomsnitt. Reetablering av sukkertare i sukkertare-døde områder av skjærgården ble ikke observert. Forekomsten av dyr var i likhet med 2002 og 2003 lavere enn gjennomsnittet, spesielt i B og C området. Forekomsten av mosdyr, sjøpunger (unntatt opportunisten Ciona), trekantmark og sjøstjerner var markert lav i 2004. Den økologiske betydning er ikke kjent.*

*Grønnalgeandelen er noe høyere på indre kyst sammenliknet med ytre kyst hvor andelen tilsvarte god tilstand.*

---

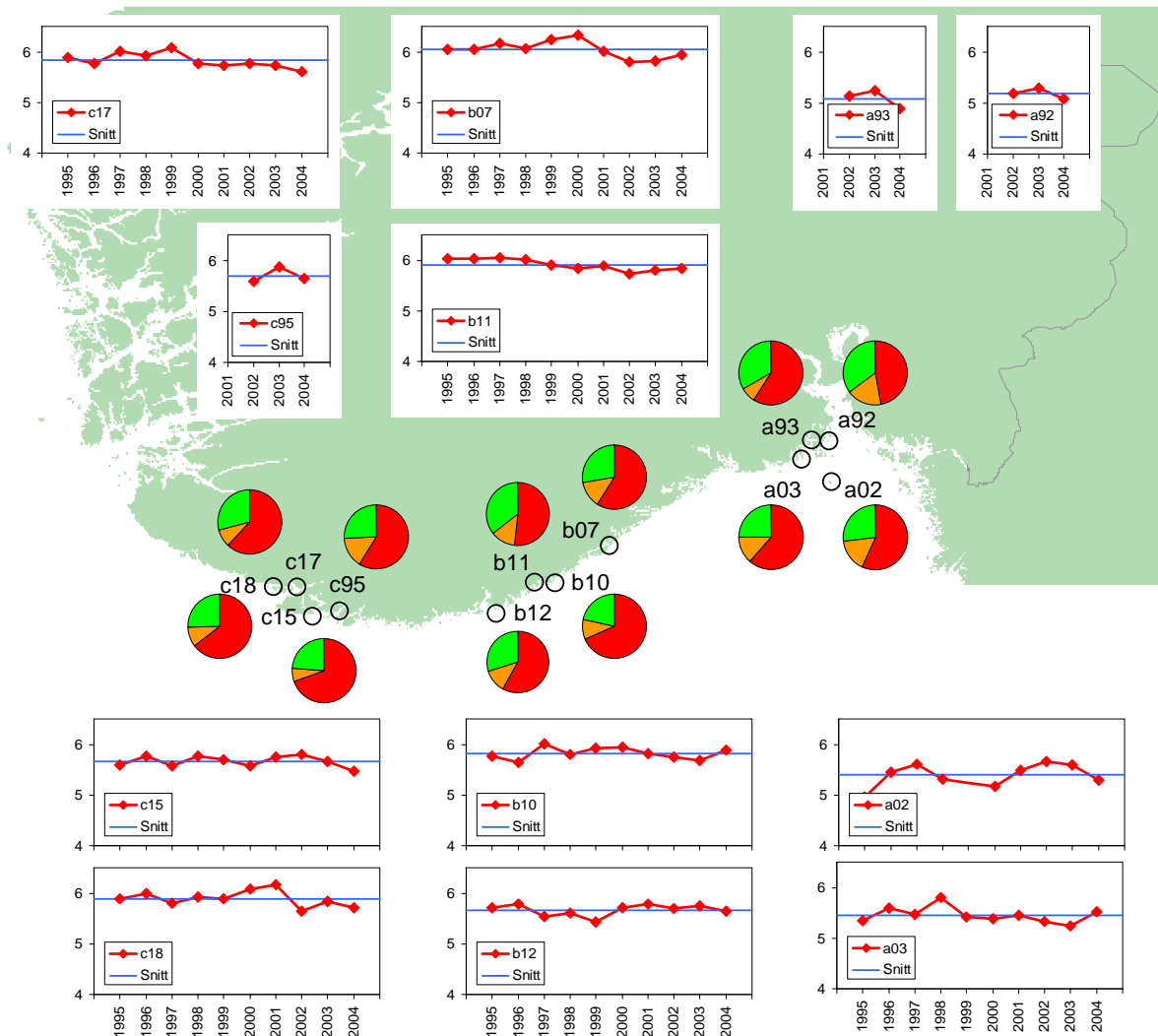
### 7.1 Tilstand

Artsmangfoldet var generelt høyt på ytre kyst av sør- og sør-vestlandet og noe lavere i ytre Oslofjord området (henholdsvis rundt 6 og 5, Figur 7.1) og det var bare små endringer i artsmangfoldet over perioden. Høyt artsmangfold og små variasjoner gjenspeiler den store heterogeniteten som generelt kjennetegner hardbunnssbiotopen fra fjæra og ned til ca 25m. Likevel synes det å ha inntruffet en endring rundt 1999 som har gitt redusert artsmangfold på de moderat eksponerte stasjonene b07, b11 og c17 i etterfølgende år. Andelen av grønnalger var noe høyere på stasjoner på indre kyst, som a92, a93 ved Tjøme og B11 ved Lillesand (Figur 7.1), sammenliknet med ytre kyst hvor andelen tilsvarte god tilstand.

Makroalgevegetasjonen på ytre kyst av Skagerrak var i store trekk normal i 2004, i den forstand at totalt antall arter og mengde (forekomst) var innenfor med gjennomsnitt og variasjon for perioden 1995-2003 (Figur 7.2 a og b). Mengden alger viser som tidligere år en økning fra øst mot vest, og det største artsantallet var som vanlig på B-området (Sørlandet).

Antall arter og mengde av rødalger avtar markert østover i Skagerrak, samtidig er det en markert økning i mengde av brunalger på de to beskyttede stasjonene a92 og a93 i ytre Oslofjord sammenliknet med øvrige stasjoner i region A (Figur 7.2 c og d). Antall grønnalger er underrepresentert i denne figuren som er basert på algeforekomst i dypintervallet 4 til 22m. Fjæresonen og ned til 3m dyp, hvor hovedtyngden av grønnalger vokser, er ekskludert fra denne sammenlikning over tid, da denne sonen har normale, store årsvariasjoner som gir mye støy i analysene. Stasjon b11 Humla ved Lillesand hadde i likhet med året før en markert økning i antall brunalgearter samtidig som det var en nedgang i antall rødalgearter (Figur 7.2 c). For brunalgene ble det observert en økning i trådformede alger og en nedgang i store alger som tang og tare (jfr Tabell 7.1). For rødalgene ble det observert en økning i trådformede alger og nedgang i bladformede og skorpeformede rødalger (jfr Tabell 7.1), men alt i alt en nedgang totalt sett. Økning i trådformede alger er generelt indikasjon på redusert tilstand.

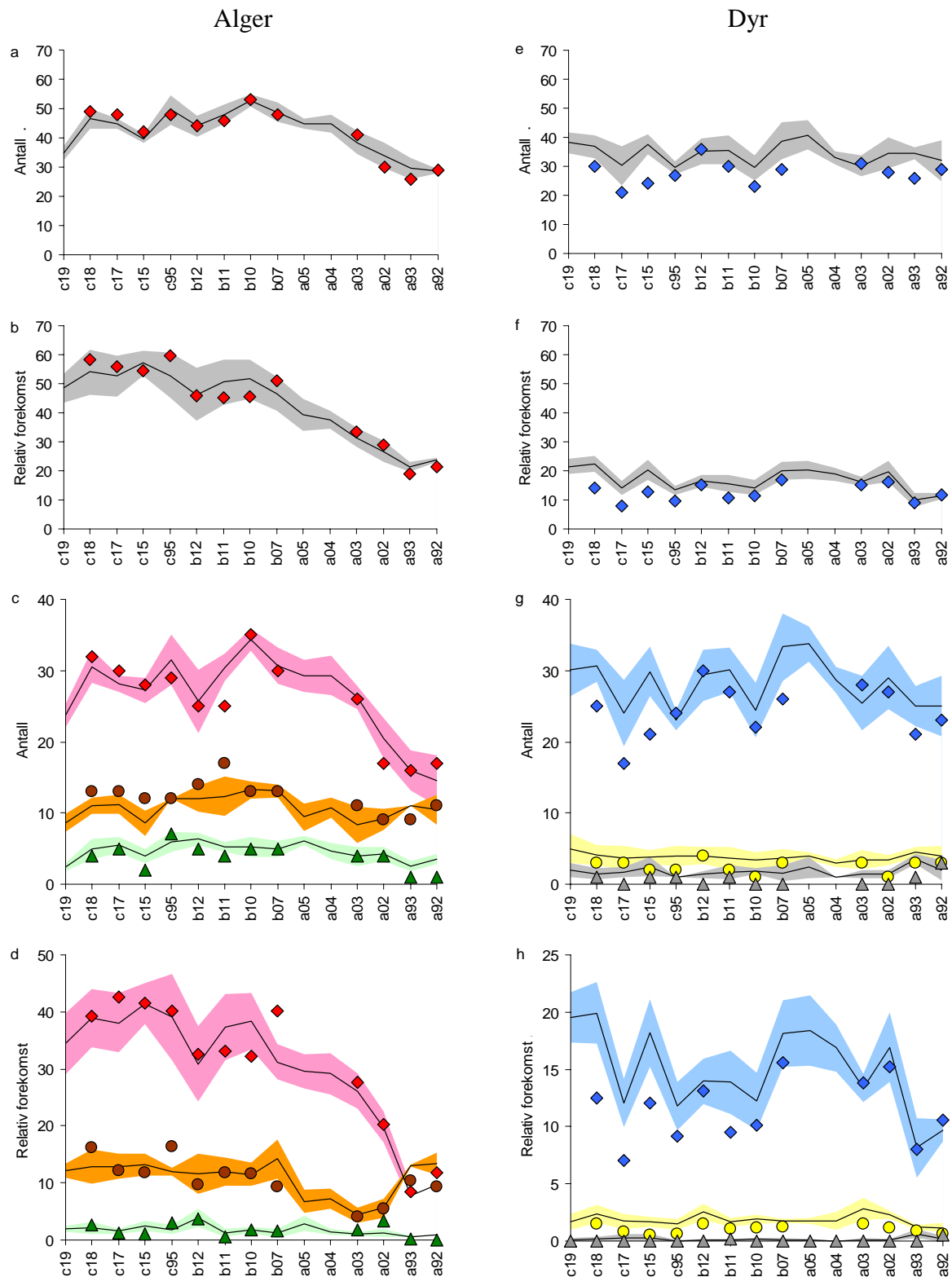
Antall arter og mengde (forekomst) av fastsittende dyr var for de fleste stasjoner lavere i 2004 enn gjennomsnittet for perioden 1995-2003 (Figur 7.2 e og f). Spesielt i c-området og på b10, b07, a02 og a93 var avviket markert. Det registreres ofte et omvendt mengdeforhold mellom alger og dyr, hvor økning av den ene går på bekostning av den andre ved konkurranse om



Figur 7.1. Biologisk mangfold i hardbunnssamfunn langs kysten av Skagerrak i 0-24m dyp og fordelingen mellom antall arter av rød-, brun- og grønnalger. (biomangfold er basert på Shannon-Wieners indeks  $H'$  ( $\log_2$ ) alger og dyr og forekomstskala 1-4).

plass mellom artene. I tillegg til konkurranse om plass, kan arter også dekke over hverandre og påvirke observasjonene. Men generelt var det ikke høyere algeforekomster i 2004 enn normalt og det er usikkert hva som er årsak til den lave forekomsten av dyr, som også ble rapportert i 2003. (Det pågår en analyse på artsnivå for å komme nærmere en forklaring.)

Som rapportert i tidligere rapporter, hadde også stasjonene c15 Revø, c17 Stolen og c18 Rossøy færre og mindre forekomst av vannfiltrerende dyr i 2004 enn normalen og forsterker en negativ trend som ble påvist også i 2002 og 03 (Figur 7.2 g og h). I tillegg var forekomsten av vannfiltrerende dyr også redusert på b10, b11 og c95. Generelt for alle stasjonene er det også klart færre og mindre forekomst av rovdyr (inkl. altetende) og av beitere, en tendens som også ble påvist i 2003 (Figur 7.2 g og h). Årsaken til dette er ikke funnet, men kan ha sammenheng med endringer som skyldes økt partikkelbelastning, som ble omtalt i temakapittelet i 2003-rapporten.



Figur 7.2. Antall arter (taxa) og forekomst av alger og dyr i 2004 (punkter) sammenlignet med gjennomsnitt (linje) og standardavvik (farget felt) for perioden 1995-2003, basert på data fra dybdeintervallet 4-22m. a) antall alger, b) forekomst alger, c) antall arter og d) forekomst av rødalger (rød), brunalger (brun) og grønalger (grønn), e) antall dyr, f) forekomst dyr, g) antall dyr og h) forekomst av vannfiltrerere (blå), rovdyr/altetende (gul) og beitere (grå).

Vannfiltrerende dyr er den klart dominerende kategorien av dyr på samtlige stasjoner og denne ernæringsformen er spesielt viktig på marine hardbunnsområder. Studier fra tareskog i Sør-Afrika viste at 72% av den samlede biomassen av tilstedeværende dyr var filterspisere og at disse sto for 77% av den biologiske produksjonen (Newell et al. 1982). På kystovervåkingsstasjonene er det de filtrerende dyregruppene sekkdyr (Ascidiacea) og mosdyr (Bryozoa) som dominerer faunaen. Denne ernæringsform innebærer at dyrene ikke trenger å bruke energi til å bevege seg for å finne mat. De lever isteden fastvokst til underlaget og nyter godt av vannbevegelsene i bølgeeksponerte områder.

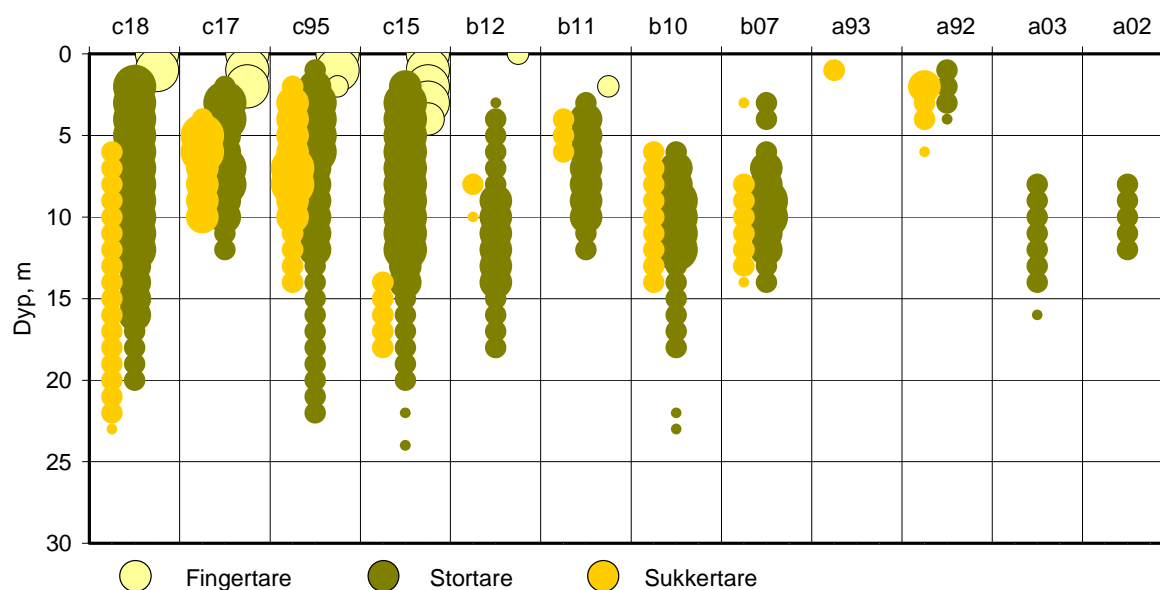
Av rovdyr ble det i 2004 (som i 2003) funnet færre arter av sjøstjerner og mindre forekomster av taskekrabber enn vanlig. Det har imidlertid vært relativt store svingninger i forekomsten av disse gjennom hele undersøkelsesperioden. Rovdyrene domineres mengdemessig av sjøstjerner, særlig av vanlig korstroll (*Asterias rubens*) som er blitt registrert ved samtlige prøvetakinger.

Beitere er en forholdsvis beskjedne kategori på kystovervåkingsstasjonene, særlig er det lite kråkeboller på Skagerrakkysten sammenlignet med store deler av den øvrige norskekysten hvor beiting fra kråkeboller er et stort problem. I Skagerrakregionen er imidlertid Oslofjorden kråkebollebeitet og på de to beskyttede stasjonene i ytre Oslofjord (a92 og a93) var mengden kråkeboller også høyere enn på de øvrige kystovervåkingsstasjonene (ikke vist). Kråkebollene påvirker til en viss grad artssammensetningen, men stasjonene a92 og a93 var ikke nedbeitet. I perioden 1995-2003 er det kun funnet kråkeboller ved 32 av 107 transektregistreringer. Kråkebollen *Echinus esculentus*, som beiter på fastsittende flora og fauna i sjøsonen, har sannsynligvis en positiv strukturerende rolle i tareskogssamfunn. Det er usikkert hvilken betydning artens lave forekomst på kystovervåkingsstasjonene har for tareskogen her. Ytre kyst av Skagerrak og Vestlandet er blant de få områder hvor det fortsatt er sammenhengende tareskog. For store deler av vår kyst er tareskogene, som er blant de mest produktive økosystemer, beitet ned og det er stort sett drøbakkråkebollen (*Strongylocentrotus droebachiensis*) som har skylden for dette.

### Tareskogvegetasjon

Tilstanden i tareskogen i 2004 (Figur 7.3) var tilfredsstillende, men noe redusert forekomst langs den ytre kysten av Sør-vestlandet (C-området) og den ytre Sørlandskysten (B-området). En tilsvarende tilstandsbeskrivelse ble også gitt for 2003 og indikerer en nedgang (jfr. Figur 7.7). Stortare (*Laminaria hyperborea*) er den dominerende og strukturerende tarearten her som generelt langs den ytre europeiske Atlanterhavskysten. Fingertare (*L. digitata*) dominerer i øvre del av sjøsonen på Sør-vestlandet (C-område) (Figur 7.3). På fjordstasjonene c17 og c95, var sukkertare (*L. saccharina*) vanlig til dominerende i 4-11 m dyp, mens det bare ble registrert spredte forekomster i A og B området.

Stortaren med sin lange stilk og store blad på toppen, skaper et viktig skogmiljø som gir grunnlag for et rikt alge- og dyreliv (Christie 1995). Tarestilkene øker i tillegg tilgjengelig levestratur for dyr og alger, og 'festerøttene' (hapterene) skaper et rikt utvalg av gjemmedsteder (habitater) for små dyr. Det rikholdige utvalget spesielt av små dyr som hydroider, mark og krepsdyr, gjør tareskogen til et viktig matfat for fisk. Det skjul som tareskogen gir er sannsynlig også svært viktig for overlevelse av unge årsklasser av for eksempel torskefisk. I tillegg er tareskogen en viktig primærprodusent av organisk karbon, også løst organisk karbon (Birkett et al. 1998). På de åpne stasjonene i område A er stortare bare vanlig i et snevert dybdeintervall (6-14m), mens den generelt ikke blir registrert på de beskyttede stasjonene (a92, a93) (Figur 7.3). I 2004 ble det registrert stortare på a92 som samsvarer med registrering



Figur 7.3. Forekomst og vertikalutbredelse av fingertare, stortare og sukkertare i 2004. Bredden på søylene indikerer mengden av tare (enkeltpunn, sjelden, vanlig, dominerende).

av fingertare i 2003. Dette er sannsynlig de samme algene da det er svært vanskelig å skille mellom disse to artene som begge kan få en svært atypisk vokseform i østre del av Skagerrak. Endringen på a92 skal derfor ikke vektlegges. Imidlertid ble det registrert noe mer (om enn marginalt) sukkertare på a92 og a93 enn i 2003. Stortare er relativt følsom for høy vann-temperatur og lav salinitet. Den foretrekker salt og kaldt vann og i Skagerrak lever den på grensen av sitt naturlige utbredelsesområde. Det vil derfor naturlig kunne være store endringer i tares utbredelse på grunn av hydrografiske variasjoner. Det er delte meninger om effekten av overgjødning på vekst av stortare, i det økte tilgang på næringsalter gir mulighet for større vekst, men ut fra generelle betraktninger om at overgjødning gir dårligere lystilgang, vil overgjødning medføre redusert forekomst og utbredelse. Menneskelige aktiviteter som gir økt turbiditet (grumsethet) og avrenning fra land og elvevann med mye organisk stoff og partikler, gir en sterk svekkelse av lystilgangen og reduserer tares dybdeutbredelse. På grunnlag av den nedgangen som nå er observert både i 2003 og 2004, vil det i 2005 bli satt i gang nærmere analyser av datamaterialet for å vurdere konsistensen og betydningen av disse endringene.

### Klassifisering av tilstand

Det er gjennom tidene utviklet mange metoder for å reflektere økologisk tilstand, samtidig som det i disse dager pågår et intensivt utviklingsarbeid i hele Europa nettopp med dette formål i forbindelse med implementeringen av vannrammedirektivet. Når det er oppnådd europeisk enighet om indekser og metodikk for klassifisering av økologisk tilstand, vil de bli tatt i bruk i Kystovervåkingen. Men i dag eksisterer det ingen godkjent metodikk eller retningslinjer for klassifisering av tilstand i hardbunnssamfunn som f.eks. for bløtbunnssamfunn. Av den grunn presenteres det her standard indekser for biologisk mangfold basert på *artsantall* og Shannon-Wieners *diversitetsindeks H'*.

Den enkleste indeksen er *artsantall* som enkelt og greit forteller hvor mange arter som er funnet. Høyt artsantall indikerer stort mangfold. Shannon-Wieners *diversitetsindeks H'* (Shannon & Weaver 1963) er trolig den vanligst benyttede indeksen for artsmangfold og tar i

beregning tetthet (forekomst) av den enkelte art i tillegg til artsantall. Høy indeks indikerer stort mangfold.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (Figur 7.1) beregnet for hardbunnsdata, er modifisert ved at artenes *forekomst* (angitt på skala 1-4) er benyttet framfor *individtall* som er beskrevet originalt. Diversitetsindeksen er sterkt avhengig av hvordan den er blitt regnet ut og kan ikke uten videre sammenliknes med andre undersøkelser. Grunnet den store heterogeniteten i habitater langs et hardbunnstransekt fra fjæra og ned til dypeste dyp, vil også en samlet diversitetsindeks for en stasjon bli meget høy og forskjellen mellom stasjoner bli liten. I Figur 7.1 er den høye indeksen dempet ved å bruke  $\log_e$  framfor  $\log_2$  som er vanlig. 'Artsfattige' samfunn som a02 og a03 får da en indeks rundt 4,0, mens artsrike samfunn som b10 får indekseverdien 4,3.

En annen type indekser er basert på tilstedeværelse/fravær av indikatorarter som viser reaksjon på en miljøendring som f.eks. forurensning og overgjødning. Artene i slike systemer tildeles en reaksjonsindeks, positiv ved positiv reaksjon og negativ ved negativ reaksjon, etter hvordan og hvor sterkt de reagerer på en belastning. *Forurensningsindekssystemet* ble, i Norden, utviklet i Finland og Sverige på 1970-tallet (Lindgren (upubl.), referert hos Wallentinus 1979) og er senere blitt tilrettelagt for og utprøvet i Sandefjordsfjorden av Iversen (1981). Metoden er fremdeles usikker fordi den autøkologiske kunnskapen (kunnskap om arters krav og toleranse til miljøet) ikke er tilstrekkelig og fordi metoden ikke tar hensyn til reaksjoner på naturlig styrende fysiske og kjemiske faktorer, som bølgeeksponering, temperatur og salinitet, eller til biologiske faktorer som konkurranse og beiting.

Artenes morfologi og livsløp som 'trådformede og ettårige arter' mot 'tykke og flerårige arter', sammen med inndelingen i rød-, brun og grønnalger, har lang tradisjon innen beskrivelse og evaluering av tilstand i hardbunnssamfunn. Mange av disse artsegenskapene inkluderes nå i utviklingen av nye metoder som bygger på *reaksjonsindekser*. Som nevnt er det stor innsats både nasjonalt og internasjonalt på utviklingen av indekser for fastsetting av økologisk tilstand. Ærtebjerg et al. (2003) gir en oversiktlig evaluering av indekser og systemer for eutrofi-evaluering fra danske farvann. Basert på utprøving i greske farvann foreslår Orfanidis m.fl. (2001) å bruke fordelingen mellom definerte indikatorgrupperinger og indikatorarter som et mål på miljøstatus. BIOKLASS, et strategiske instituttprogram (SIP) mellom NIVA og NINA har som målsetning å bringe fram tilsvarende kunnskap om biologisk tilstandsklassifisering for norske forhold. De lange tidsseriene fra Kystovervåkingsprogrammet er et vesentlig fundament i dette utviklingsarbeidet, spesielt for hardbunnsklassifisering.

Normalfordelingen mellom antall rød-, brun- og grønnalger i littoralsamfunn er 45% ( $\pm 10$ ), 40% ( $\pm 10$ ) og 15% ( $\pm 5$ ) Bokn (1978). Det kan vanskelig gjøres gjeldende for et samlet hardbunnssamfunn fra 0 til 30 m dyp, men variasjon i fordelingen mellom de tre algeklasser kan sammenliknes. I Figur 7.1 viser de beskyttede stasjonene (c95, b11, b07, a93 og a92) høyere andel av grønnalger og brunalger enn tilsvarende stasjoner på ytre kyst (c15, b12, b10, a03 og a02). Grønnalger er generelt hurtigvoksende og høyere andel grønnalger kan indikere høyere næringssaltkonsentrasjoner. Det er ikke urimelig å tolke resultatet dit hen enn at de mer beskyttede stasjonen har en høyere næringssaltbelastning som skyldes både tilførsler med kyststrømmen og fra land. Endringer over tid kan indikere endringer i miljøbelastningen (jfr. kap 7.2).

## 7.2 Utvikling over tid

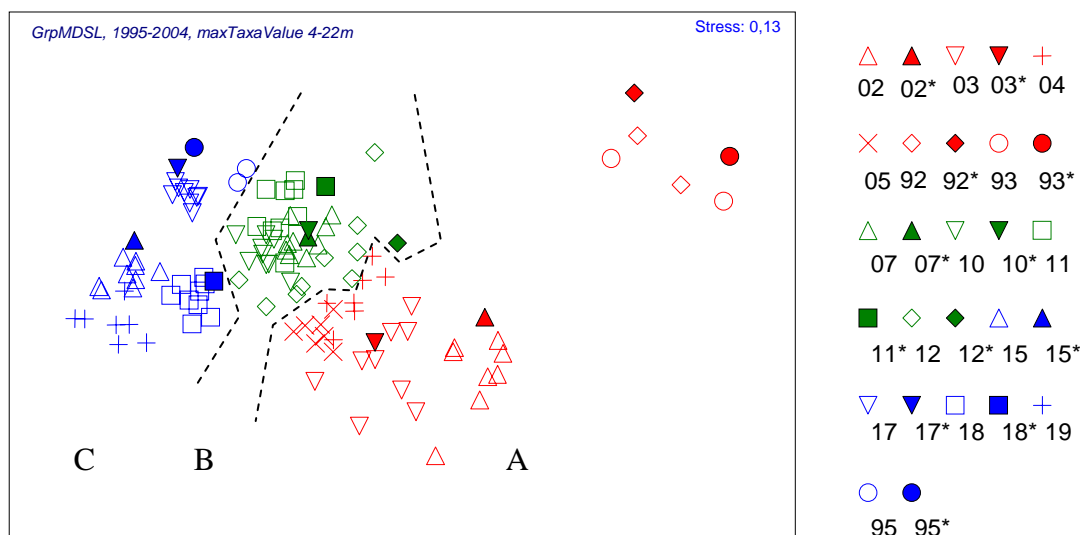
I de første fem år av overvåkingsprogrammet (1990-94) var de biologiske samfunn på grunt vann i Skagerrak fortsatt preget av den store *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988. Registreringer fra programmets første periode viste en er klar reetableringsperiode og resultater fra 1990-1994 er derfor ikke egnet til å definere et 'normalsamfunn'. Et 'normal-samfunn' for Skagerrakkysten er beregnet ut fra et gjennomsnitt av perioden fra 1995- og fram til siste fåregående år, som er 2003 i denne årsrapporten.

Likhet i artssammensetning mellom stasjoner, områder av kysten og over tid, er beregnet ved standard multivariate analysemetoder spesielt utviklet for slike samfunnsvurderinger. Disse analysene lager en likhetsmatrise basert på hvilke arter (taxa), og mengder av dem, som er tilstede i hver prøve og ut fra dette beregnes likhetsindekser mellom prøvene. Ut fra likhetsmatrisen plottes resultatet slik at avstanden mellom de ulike prøvene (f.eks. hver transektregistrering) i plottet gjenspeiler graden av likhet eller ulikhet ved avstand mellom punktene. Den grafiske fremstillingen i et to-dimensjonalt plan representerer gjentatte beregninger av likheter mellom prøvene fra en mange-dimensjonal sammenheng til det visuelt mer begripelige plandiagrammet.

### Endringer på samfunnsnivå

Likhet mellom 2004 og årene før (1995-2003) for hver av stasjonene, er vist i Figur 7.4. Resultatene fra denne analysen viser en klar geografisk rangering av områdene A, B og C fra høyre til venstre. Dernest viser analysen hvordan 2004-observasjonene (lukket symbol) plasserer seg i forhold til øvrige observasjoner fra 1995-2003 (åpne symboler).

Av Figur 7.4 kan en se at alle årets stasjoner (fylt symbol) ligger nær tidligere år (åpne symboler) og at det således ikke er store forskjeller. Størst forskjell er funnet mellom årene på stasjonene a92 og a93 som også avviker signifikant fra de andre stasjonene, først fremst ved



Figur 7.4. Likhet mellom hardbunnstasjoner basert på artssammensetning (tilstedeværelse og mengde av arter/taxa). Liten avstand mellom symboler betyr stor likhet. Stasjoner i 2004 er markert med fylte symboler (og merket med \* i tegnforklaring). Stasjoner i perioden 1995-2003 er vist med åpne symboler (uten å angi det enkelte år). Område A (røde symboler), område B (grønn) og område C (blå) er skilt med stiplede hjelpelinjer. Sammenlikningen er basert på registreringer fra dybdeintervallet 4-22m.

lavt artsantall og forekomst. Et generelt trekk er at årets observasjoner ligger høyere opp i diagrammet sammenliknet med tidligere år. Årsaken er mest sannsynlig et gjennomgående lavere antall dyr i 2004 sammenliknet med tidligere år.

Gjennom prosessen med å vise likheter i et to-dimensjonalt plott (som Figur 7.4) beregnes en såkalt stress-verdi. En stress-verdi under 0.1 betyr at plottet er en god representasjon. En verdi mellom 0.1 og 0.2 betyr at plottet gir en antydningmessig representasjon av sammenhenger og at plottet bør vurderes med forsiktighet. Stress-verdien for Figur 7.4 var 0.13 og figuren må derfor tolkes med forsiktighet.

Utviklingen over tid for områdene A, B og C sett under ett, er vist i Figur 7.5. Samfunnsanalysen viser at året 2004 i A-området ligger nærmere midten av plottet og også nærmere 'normal-tilstanden' for område A. For området B og C viser samfunnsanalysen at 2004 er plassert i utkanten av diagrammene, dvs. at 2004 tilstanden avviker fra gjennomsnittet som ligger midt i figurene. (Obs! De tre diagrammene kan ikke sammenliknes med hverandre mht. avstand mellom år, fordi avstanden er relativ for hvert av diagrammene.)

Antall arter og forekomst viser en klar nedgang i de siste årene både i område B og C, men artsdiversiteten (diversitetsindeks) har ikke endret seg mye over tidsrommet. Variasjoner i kurvene kan sammenholdes med endringene i samfunnsanalysen. For eksempel var både artsantall og forekomst lavt i 2000 i området C og dette gjenspeiles i diagrammet fra samfunnsanalysen ved at 2000 er plottet ned mot nedre kant (00c), mens 2001 var motsatt med både høyt artsantall og forekomst og er i samfunnsanalysen plottet oppe mot øvre kant.

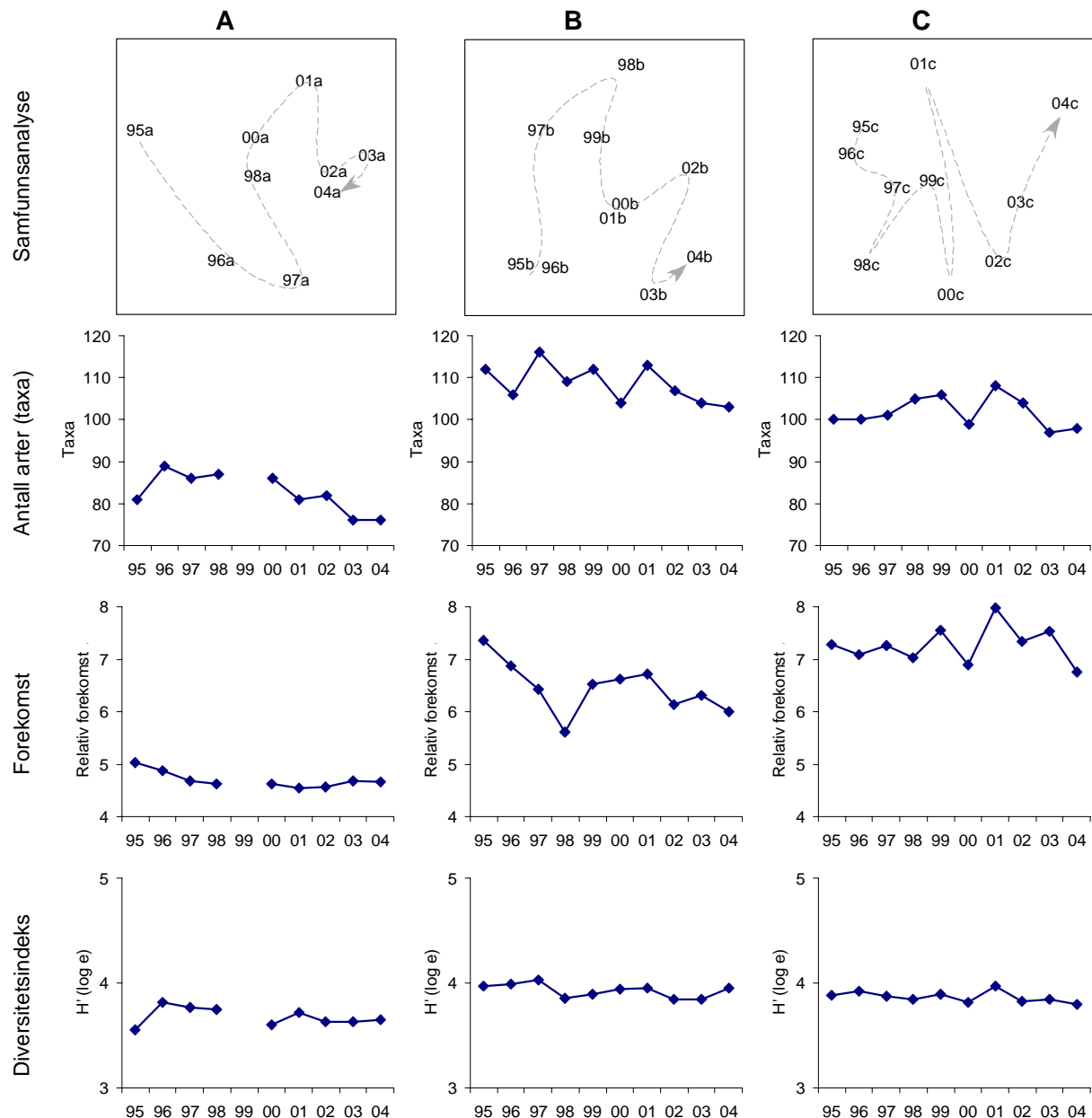
Variasjonene i algesamfunnene samvarierer delvis med svingninger i klimaet. Klimaet uttrykket ved NOA-indeksen (jfr. Figur 2.1) var sterkt positiv i 1995 (varm vinter), sterkt negativ i 1996 (kald vinter), nøytral i 1997, sterkt positiv i 2000 og 2002, mens 2001 var negativ. Både i 2003 og 2004 var NOA-indeksen omtrent null. Likevel vet vi av andre målinger (jfr kap. 2) at vinteren 2004 var mild sammenliknet med en normal vinter. Partikkelinnholdet har økt sterkt de siste årene og i perioden 2000-2002 var det også spesielt store tilførsler av fosfor. Det er sannsynlig at partikkelbelastning har en negativ innvirkning på både artsantall og forekomst i hardbunnssamfunn.

Tilførsler av næringsrikt vann fra Tyskebukta og sørlige Nordsjøen (Figur 3.2) påvirker også i stor grad algevegetasjonen langs kysten, da dette næringsrike vannet tilføres vårt kystvann tidlig vår/sommer. Innstrømmingen av Tyskebukt vann var særlig sterk i flomårene 1994 og 1995, siden i 1999, 2002 og 2003. Transporten av Tyskebukt vann kan i 2004 karakteriseres som 'normal' for perioden siden 1990.

Samfunnsanalysene som her er utført tar hensyn til hvilke arter som er til stede og reflekterer således samfunnsendringer bedre enn diversitetsindeks. Den matematiske likhetsberegningen til grunn for Figur 7.4, gir at stasjon a02 (rød trekant), a93 (rød sirkel), b11 (grønn firkant), b12 (grønn ruter) og c95 (blå sirkel) skiller seg mer enn 30 % fra beregnet gjennomsnittsverdi for stasjonen, som betyr at det er en markert endring for disse stasjonene.

I Figur 7.6 er endringer siste år mot gjennomsnittet vist på overordnet artsnivå, dvs. arts-kategorier gruppert etter klasse, levesett og form, for alle stasjonene. Hvilke dominerende artsendringer som er årsak til endringer er vist i Tabell 7.1. Endringer for alle stasjoner er tatt med i figuren, men endringer mindre enn 20 % kan en se bort ifra.





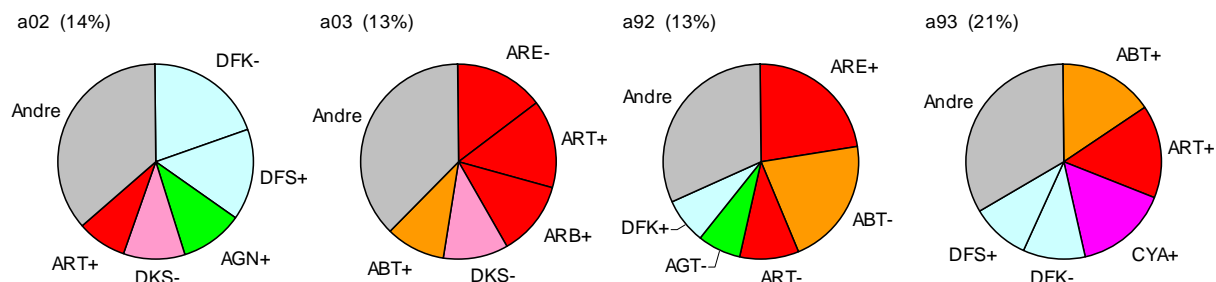
Figur 7.5. Utvikling over tid i områdene A, B og C \* vist ved samfunnsanalyse (mds), gjennomsnittlig antall arter, artsmengde (forekomst) og diversitet (Shannon-Wiener's indeks), basert på alger og dyr i dybdeintervallet 4-22m.

\*Område A = stasjon 02 og 03, B = stasjon 07, 10, 11 og 12 og C = stasjon 15, 17 og 18.

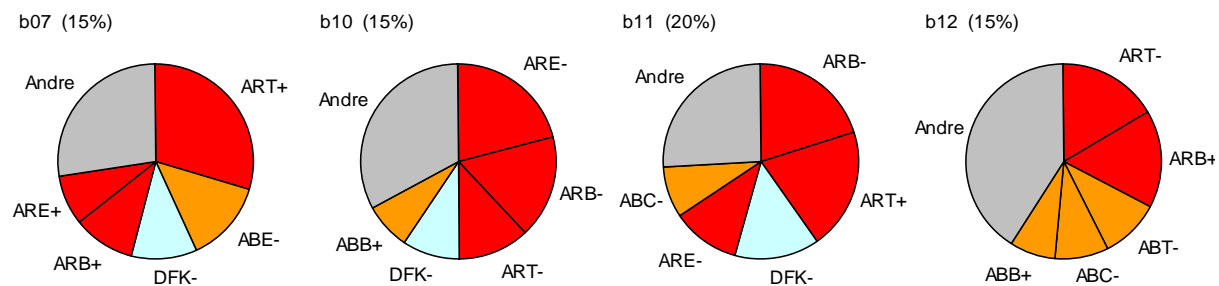
Kun én stasjon (a03) ble undersøkt i A-området 1999 og dette år er derfor utelatt.

På stasjon a93 Vakerholmen (Figur 7.6, Tabell 7.1) innebærer avviket fra normalen først og fremst høyere mengde av trådformede brunalger (ABT+, gruppe av brunli-liknende arter), rødalger (ART+, havlo, rødpusling, stilkdokka og teinebusk) og blågrønnalger (CYA+, med *Spirulina* som vanlig art). Blant dyrene ble funnet redusert forekomst av kolonidannende vannfiltrerere dyr (mosdyr, sekkedyr, DFK-), men økt forekomst av solitære vannfiltrerende dyr som tarmsjøpung, *Ciona* (DFS+). Kvalitetstilstanden i 2004 er redusert i forhold til tidligere år. For stasjon b11 ble det også funnet en markert endring som skyldes redusert forekomst av bladformede rødalger (ARB-) og brunalger (ABC-, tare), skorpeformede rødalger (ARE-) og kolonidannende dyr (DFK-), samt økt forekomst av trådformede rødalger (ART). Kvalitetstilstanden i 2004 er redusert sammenliknet med tidligere år.

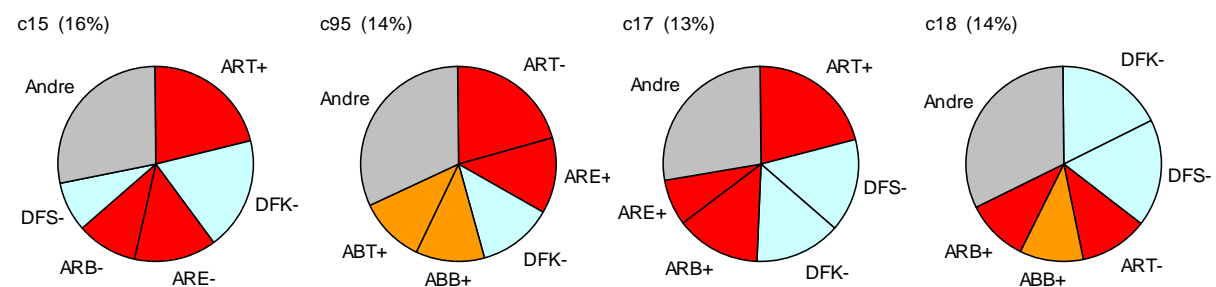
## Område A



## Område B



## Område C



## Koder:

ABB=bladformede brunalger, ABC=tang og tare, ABT=trådformede brunalger,  
 AGN=grønt belegg av udefinerte grønnalger, AGT=trådformede grønnalger,  
 ARB=bladformede rødalger, ARE=skorpeformede rødalger, ART=trådformede rødalger,  
 CYA=blågrønnalger,

DFK=vannfiltrerende kolonidannende dyr, DFS=vannfiltrerende solitære dyr, DKS=Altetende solitære dyr  
 += økt forekomst i 2004 sammenliknet med perioden 1995-2003

- = redusert forekomst i 2004 sammenliknet med perioden 1995-2003

Figur 7.6. Samfunnsendringer på overordnet artsnivå. 2004-data sammenliknet med perioden 1995-2003. Endringene på artsgruppenivå er rangert etter størrelse med urviseren fra klokka 12 for hver stasjon. Endringer er vist for de 5 viktigste artsgruppene for hver stasjon og betydningen av resterende 10 artsgrupper er summert under betegnelsen Andre. Samlet variasjon for stasjonen er gitt som prosent i parentes etter stasjonskoden. Endringer mindre enn 20 % er innenfor normal variasjon.

Tabell 7.1 Endring i forekomst av arter i 2004 sammenliknet med gjennomsnittet for perioden 1995-2003. Doble piler indikerer markert og signifikant nedgang eller økning. Kategorierkoder er forklart i Figur 7.6. Grønt eller gult felt indikerer signalart for god eller dårlig tilstand.

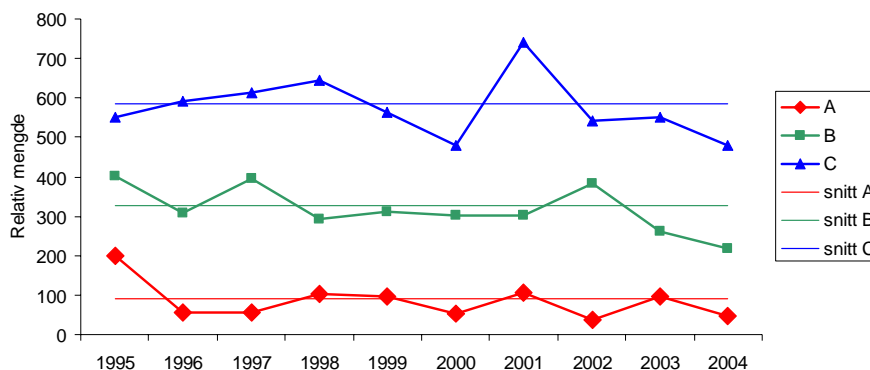
KAT	Navn	Taxa	a02	a03	a92	a93	b07	b10	b11	b12	c15	c95	c17	c18
	Endring i prosent		32	29	29	40	29	30	33	31	29	41	24	29
cya	Blågrønnalger	Cyanophyceae div. indet	↗		↘	↗↗	↗		↘↘	↘	↗	↘	↘	↗
ABC	Stortare	Laminaria hyperborea grp		↘↘					↘↘	↘↘	↘	↘↘	↘	
ABC	Sukkertare	Laminaria saccharina grp		↘			↘	↗	↘		↗	↗↗	↗	↗
ABB	Små tareindivider	Laminaria sp.	↗	↘			↘	↗	↘	↗↗	↗	↗↗	↗	↗
ABE	Brune skorper grp.	Phaeophyceae encrust	↗	↗			↘	↘			↘	↘	↘	↘
ABT	Trådformede små brune	Phaeophyceae f Ectocarpe		↗↗		↗↗	↘↘	↘↘	↗↗	↗		↗	↘	↗
AGN	Grønnt belegg, kimpl.	GREEN EPI/ENDO	↗↗	↗↗	↗		↗	↗		↘↘				
AGT	Grønnfjær	Bryopsis GROUP	↗	↗	↘	↘	↗			↘			↘	
ARB	Smal rødhånd	Callophyllis cristata					↘	↘	↘	↘				↘
ARB	Fagerving	Delesseriaceae indet.	↗	↗↗	↘↘		↗↗	↘	↘↘			↗	↗	
ARB	Kjøttblad	Dilsea carnosa		↗↗			↘	↘	↘↘	↘	↘	↘↘	↘	↘
ARB	Smalving	Membranoptera alata					↗	↘	↘↘	↘	↘		↗	↘
ARB	Tannskåring	Odonthalia dentata		↘			↘	↘	↘		↘	↘↘	↘	↘
ARB	Søl	Palmaria palmata					↘	↘	↘			↗	↗	↗
ART	Aspargesalge	Bonnemaisonia asparagoide	↗		↗		↗	↗		↗↗	↗	↗	↗	↗
ART	Fagerdokke	Brongniartella byssoides		↘↘	↘	↘	↗	↗	↗↗	↘	↗	↗↗	↗	↘
ART	Havlo	Callithamnion sp.	↗↗	↗↗		↗↗	↗	↗	↗	↗		↗↗	↗	
ART	Krasing	Corallina officinalis	↘		↘↘		↘	↘↘		↗		↘		↘
ART	Rødragg	Erythrotrichia sp.			↗			↗		↗	↗			
ART	Stilkdokke	Polysiphonia elongata				↗↗	↗↗					↗		
ART	Havdun	Pterothamnion plumula GR	↗↗	↗↗	↘	↗↗	↘		↗	↗	↗		↗	↗
ART	Teinebusk	Rhodomela confervoides	↗	↘	↘↘	↗↗	↘	↘	↘↘	↘	↗	↗↗		↘
DAS	Kråkeboller	Camardonta GROUP			↗	↘								
DFS	Sjøpunger (ubest.)	Ascidacea GROUP	↘	↘		↘		↗	↘↘	↗				
DFK	Kolonisekkedyr	Botrylloides/Botryllus GR						↘		↘	↘			↘
DFK	Mosdyr	Crisia GROUP	↘↘	↗↗	↘			↘	↘↘	↘↘	↘	↘	↘	↘
DFK	Brødsvamp	Halichondria GROUP	↘	↗			↘	↗	↘			↗↗		↘
DFK	Svamp	Leucosolenia GROUP							↘		↘	↘↘	↘	↘
DFS	Sjørose	Actinia GROUP	↘	↘	↘	↘								
DFS	Tarmsjøpung	Ciona intestinalis	↗↗	↗↗	↗	↗↗								↘
DFS	Sektedy	Corella parallelogramma	↗↗	↘	↘	↘	↘	↘	↘		↗		↘	↗
DFS	Stikkelbærsjøpung	Dendrodoa grossularia					↘	↘	↘	↘	↘		↘	↘
DFS	Trekantmark	Pomatoceros triqueter	↘↘	↘	↗	↘↘	↘	↘	↘↘	↘	↘	↘	↘	↘
DFS	Posthornmark	Spirorbis GROUP			↗				↘	↘	↘	↗	↘	↘
DKS	Sjøstjerner	Asterias GROUP	↘	↘↘	↘	↘		↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
DKS	Skjærgårdskorstroll	Marthasterias glacialis	↘	↘			↘	↘	↘	↘	↘		↘	↘

Tabell 7.1 gir et skjematisk bilde av hvilke artsgrupper som har økt eller gått tilbake i 2004 sammenliknet med tidligere år. Det er usikkert hvilken betydning det har for samfunnet som helhet, men synliggjøring av endringer er første trinn i en pågående analyse av samfunnsendringer og konsekvenser av samfunnsendringer. Vi vet blant annet at mange dyr som for eksempel det kolonidannende sekkedyret av slekten *Botryllus* (DFK) er meget følsomt overfor nedslamming, men kan reetablere raskt når forholdene har blitt bedre (Hiscock 2002). Forekomstene av *Botryllus* har vært lave i område B de siste årene og ingen oppgang ble funnet i 2004. Flere års reduserte forekomster eller fravær kan derfor indikere en økt nedslamming av hardbunn i disse kystområdene. Det ble registret lav forekomst også av mange skorpedannende mosdyr og små buskdannende mosdyr av slekten *Crisiidae* (DFK,) som også kan være følsomme overfor nedslamming. Problemstillingen vil bli fulgt opp i kommende rapporter.

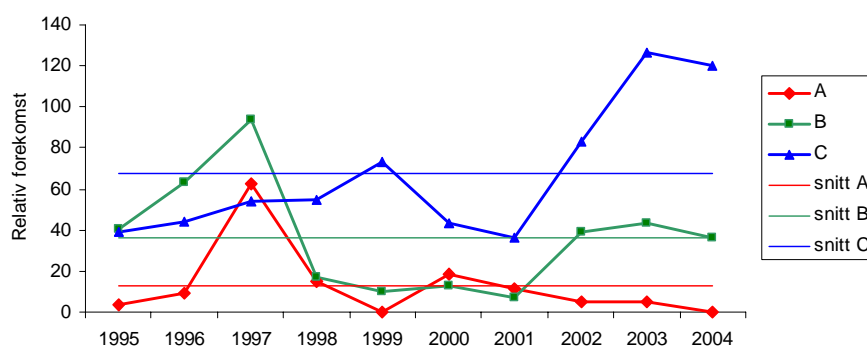
### Tareskog

I ytre Oslofjord (område A) ble det i 2004 igjen funnet svært lav forekomst av stortare etter at det i 2003 ble funnet normale forekomster etter svært lav forekomst i 2002 (Figur 7.7 a). Også i område B og C ble det funnet en nedgang i forekomsten av stortare i 2004 (Figur 7.7 a, Tabell 7.1). Årsaken til nedgangen er ikke kjent og data fra tareskogundersøkelsene vil bli studert nærmere i 2005. Reduksjonen er betenkelig sett på bakgrunn av sukkertaredøden som er observert på indre kyst av Skagerrak, men slike endringer kan også være naturlige. Sukkertare synes derimot å hatt en kraftig tilvekst spesielt i C-området (Figur 7.7 b) som henger sammen med nedgang i stortarevegetasjon.

#### a) Stortare



#### b) Sukkertare



Figur 7.7. Sommert og gjennomsnittlig forekomst (relativ mengde) av a) stortare og b) sukkertare over perioden 1995-2004 i områdene A, B og C (ekskl. a92, 93 og c95).

Kystovervåkingsstasjonene er generelt eksponerte, stortaredominerte stasjoner, inkludert de mer beskyttede stasjonene i B og C området. Forekomsten av sukkertare på disse stasjonene vil derfor i stor grad var styrt av konkurranse om plass med stortare, hvor stortare er den overlegne arten. Tilbakegang i stortarevegetasjon har derfor gitt plass til økt forekomst av sukkertare. Med tanke på sukkertaredøden i indre skjærgård er det positivt at dette ikke har rammet ytre kyst og at sukkertare høyst sannsynlig kan reetablere fra ytre kyst til skjærgårdsområder om forholdene her blir bedre.

### Nedre voksegrense for alger

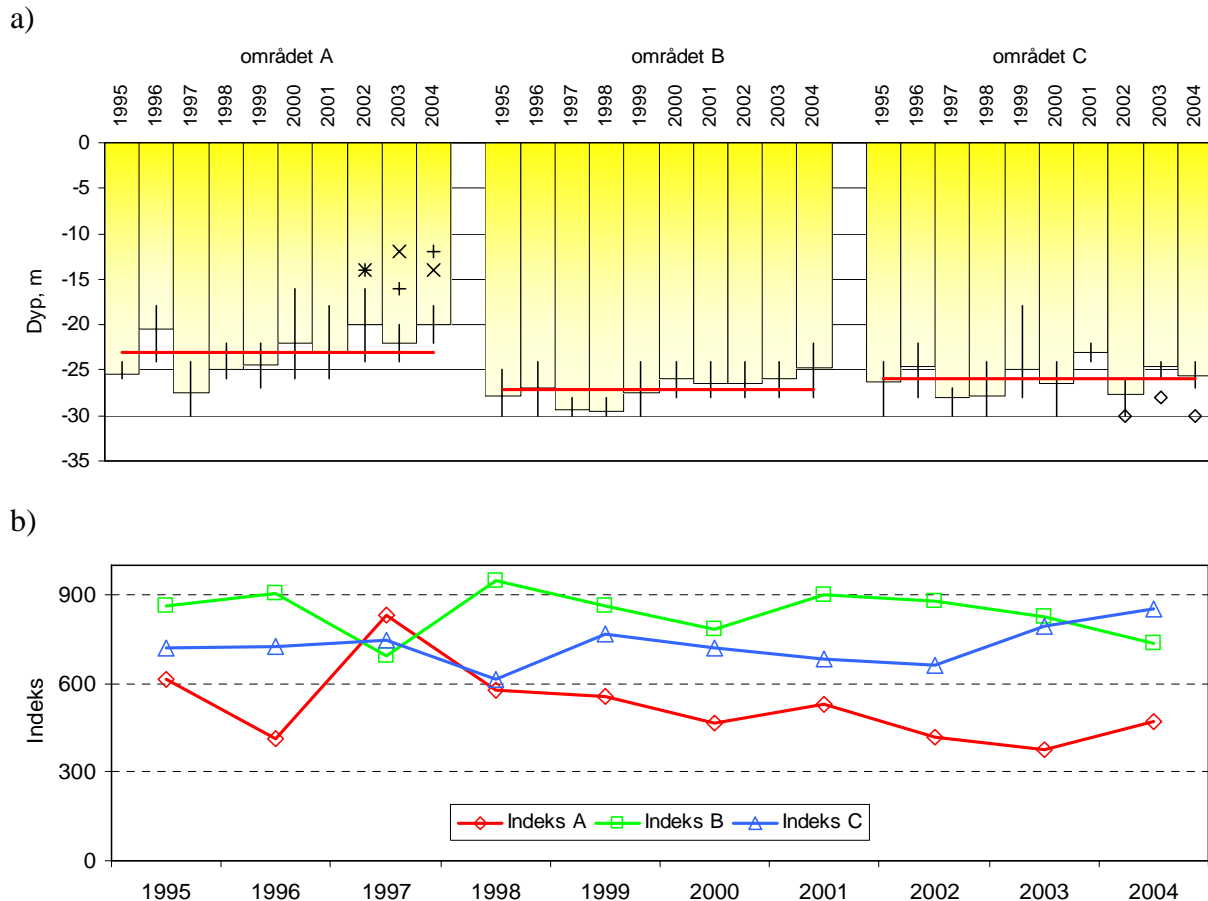
Hvor langt lyset trenger ned i vannmassene er et godt mål på vannkvalitet. Siktdyp gir et øyeblikksbilde, mens nedre voksegrense for alger gir et akkumulert alternativt mål. Jo dypere lyset trenger ned, jo dypere kan algene vokse. Men en skal dog være oppmerksom på andre faktorer som kan begrense nedre voksegrense.

Gjennomsnittlig nedre voksegrense for fagerving (*Delesseria sanguinea*) i hvert av områdene A, B og C er vist i Figur 7.8.a (søyler). Minste og største voksedyp registrert på stasjonene innen hvert område, er markert med opp-ned linje og viser variasjonen i voksedyp som har vært registrert i perioden 1990-2003. Enkelt-individer av fagerving kan forekomme under denne beregnede voksegrensen, da det er satt krav til minimum 'spredt' forekomst av arten. Gjennomsnittlig voksedyp i perioden 1990-2004 for region er vist med horisontal linje.

Nedre voksegrense for fagerving er nokså stabil rundt 26-28m dyp i B og C-området (Arendal-Flekkfjord), mens den er noen meter grunnere og mer variert i A-området (Figur 7.8.a). Dette henger sammen med ulike vannkvaliteter, samtidig som Glomma gir en sterkt variabel påvirkning på miljøet i A-området. Største voksedyp i A-området ble målt til 30m i 1997. Dette var til samme dyp som i område B og C. Figur 7.8.a indikerer en avtagende trend i nedre voksegrense både i område A og B siden 1997-98 og nedre voksedyp er klart dårligere enn gjennomsnittet for perioden. Nedre voksedyp for de beskyttede skjærgårdsstasjonene a92 og a93 (A-området), som ble tatt inn i programmet i 2002, er plottet med egne symboler i figuren, og er klart grunnere enn de to andre stasjonene, a02 Færder og a03 Lyngholmen, i A-området.

Siden nedre voksegrense gir liten informasjon om mengden av alger rundt nedre voksedyp, er det i tillegg beregnet en enkel indeks som inkluderer informasjon om dette. Indeksen er basert på sum av forekomst (skala: 1-4) \* dyp (i meter), dvs. at stor forekomst på dyp vann gir høy indeksverdi. Figur 7.8b viser at indeksverdien for A-området har vært fallende siden toppåret 1997. Det betyr at utbredelse og forekomst av fagerving på dypt vann har blitt dårligere de siste årene fram til 2003, som resultat av mulig dårligere vannkvalitet, mens det i 2004 ble funnet en positiv tilvekst av fagerving. Dette kan være en positiv respons på bedre vannkvalitet i 2004, men også flere soltimer i mai enn normalt (Figur 2.5). I område B synes det å være en nedadgående trend med dårligere voksdypindeks siden 2001, mens det har vært en oppadgående trend i C-området de 2 siste år (Figur 7.8 b).

Det framkommer tydelig hendelser i 1996, 1997, 1998 og 2004 (eller året forut) som har hatt virkning på veksten av fagerving, spesielt i østre del av Skagerrak. I 1996, 1997, 1998 og 2004 ble det målt lave næringssaltverdier (nitrat og fosfat) både i vinter og sommervann, spesielt i vannprøver fra Jomfruland og Arendal (A og B området). I 1998 ble det også målt lave nitrat og fosfatverdier ved Lista (C-området). Endringer i næringssaltverdier samvarierer med nedre voksegrenseindeksen og sannsynligvis er det en sammenheng mellom de to parametrene. Forekomsten av fagerving i A-området (ytre Oslofjord) synes spesielt god i



Figur 7.8 Nedre voksegrense for rødalgen fagerving (basert på minimum spredt forekomst). a) gjennomsnittlig nedre voksedyp (søyer) med grunneste og dypeste måling (vertikal linje) og gjennomsnitt for områdene (rød horisontal linje). Nye stasjoner fra og med 2002 er ikke tatt med i beregningene, men vist med egne symboler a92= +, a93= × og c95= ◇.

b) Nedre voksegrenseindeks beregnet for områdene A, B og C. Indeksen er beregnet som sum av mengde\*dyp. Høy verdi, økning, er bedre dvs. større forekomst av fagerving på dypere vann. Lav verdi, nedgang, betyr redusert voksedyp og mengde.

toppåret 1997. Dette året var det normal vannføring i Glomma, men rekordlav året før i 1996, og det var lave nitratverdier, lite partikler og planteplankton i sjøen, både i vinterperioden og spesielt i sommerperioden. Det virker derfor sannsynlig at den sterke veksten av fagerving i 1997, var en respons på bedre vannkvalitet.

Fagerving (*Delesseria sanguinea*) er en flerårig, bladformet alge vel egnet som indikatoralge for nedre voksegrense. Den vokser på alle stasjonene og har et typisk utseende som gjør den 'lett' å identifisere i felt. Algens verdi som økologisk indikator er imidlertid mer usikker da fagerving (som en bladformet rødalge) i flere kvalitetsevalueringssystemer er kategorisert som en indikator på god økologisk tilstand, samtidig er en påvist økt forekomst av fagerving på bølgeeksponerte lokaliteter i Skagerrak blitt knyttet til økt eutrofiering (Johansson m. fl. 1998). Det er også kjent at fagerving misliker eller taper i konkurransen med andre arter i områder hvor eutrofieringen fører til økt nedslamming og redusert lystilgang og av den grunn er ført opp som sensitiv overfor eutrofiering (som fører til nedslamming).

## 8. Bløtbunnssamfunn i Skagerrak

*Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak i 1990-2004 var stort sett meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier) med høyt artsmangfold på alle stasjoner, bortsett fra på stasjon A36 i ytre Oslofjord, der artsmangfoldet i noen av årene viste mindre god tilstand. I perioden var det en signifikant stigning i artsmangfoldet på alle stasjonene bortsett fra på den dype stasjonen i havet utenfor Lista (C38). Der har artsmangfoldet hele tiden vært høyt. Også forekomst av indikatorarter som viser gode miljøforhold hadde høyest indeks (viste best tilstand) på stasjon C38. Lavest indikatorartsindeks viste skjærgårdsstasjonen B05 utenfor Grimstad.*

*Individtetthetene var ikke unormalt høye eller lave. De var høyere på de dype enn på de grunne stasjonene. På B35 hadde individmengden gått ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel.*

*Innenfor undersøkelsesområdet som helhet og gjennom perioden 1990-2004 sett under ett, var det en svak tendens til forbedret faunatilstand. Resultatene viser imidlertid også at det skjedde betydelige fluktuasjoner innenfor kortere tidsrom.*

*Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var lavt til moderat (meget god til god tilstand) gjennom hele perioden på alle stasjonene, bortsett fra på B05 (mindre god tilstand). TOC på B05 økte i perioden 1990-2003 og enkelte prøver viste dårlig tilstand. Men økningen i TOC har ikke ført til noen forverring i faunatilstanden. I 2004 var TOC lavere enn i 2003 på B05.*

---

### 8.1 Bunnfauna

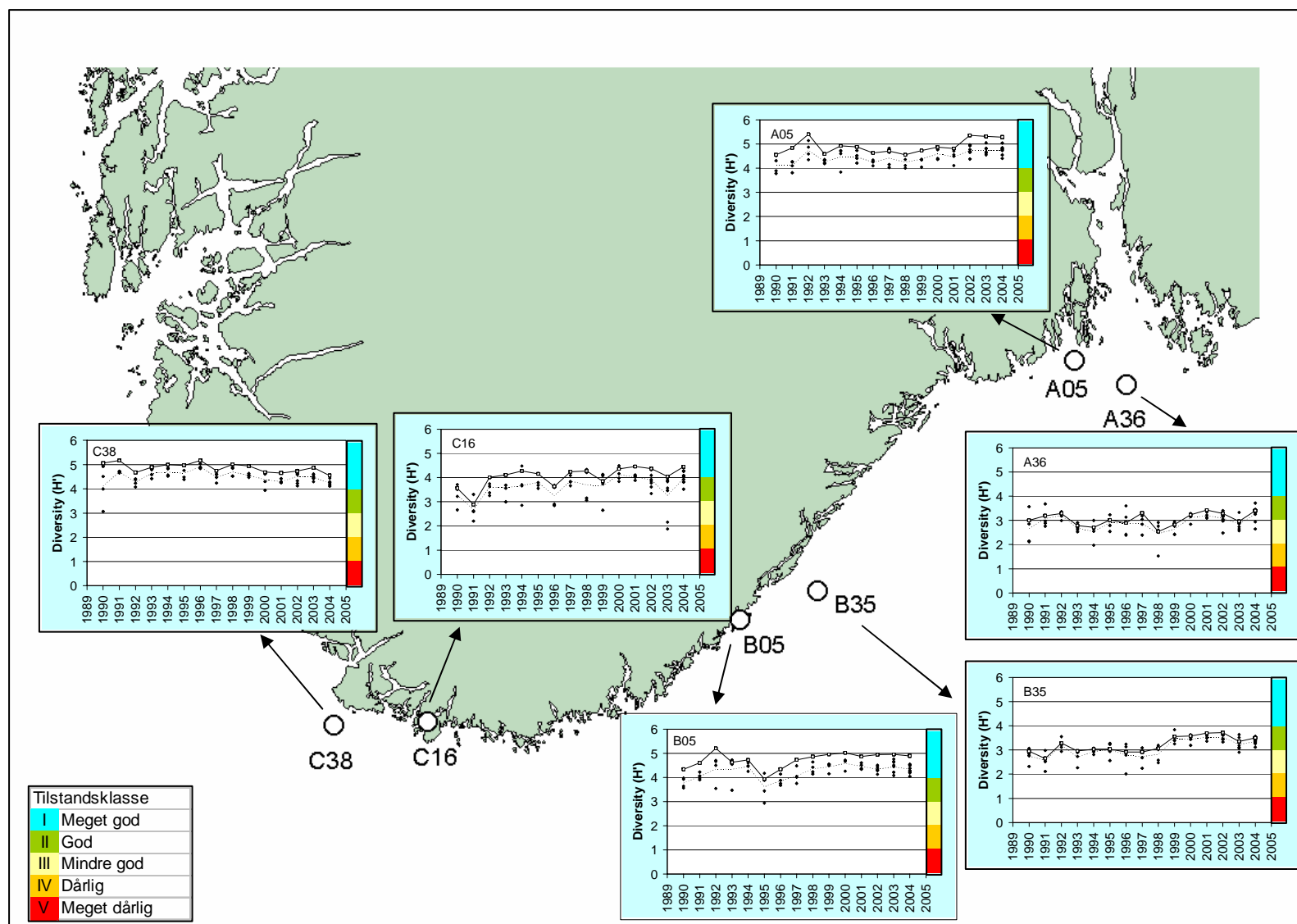
Det er lagt vekt på å beskrive de karaktertrekk ved faunaen som antas å kunne bli påvirket av endringer i næringsalter og biologisk produksjon som tilføres bløtbunnen i form av organiske partikler. De karaktertrekkene som er valgt er: artsmangfold, artssammensetning (indikatorarter), artstall, individtetthet, og forekomst av enkelte dominerende arter. Tidsplokk for perioden 1990-2004 av parametre i faunasamfunnet og individtettheter av enkeltarter er vist i Figur 8.1-Figur 8.7 Signifikante trender er vist i Tabell 8.1.

#### Artsmangfold

I de fleste årene lå artsmangfoldet ( $H'$ ) på alle stasjonene, med unntak for A36 i ytre Oslofjord, i tilstandsklasse I eller II (meget god tilstand /god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 8.1). På stasjon A36 lå artsmangfoldet i noen av årene i klasse III (mindre god tilstand), hovedsakelig på grunn av den høye individtettheten hos noen dominerende arter. På stasjon A05 har artsmangfoldet vært spesielt høyt i de siste tre årene, noe som indikerer forbedret tilstand. Artsmangfoldet på stasjonene i B-området (B05 og B35) har vært noe høyere i de siste årene enn i første del av overvåkingsperioden. Av de dype stasjonene viste C38 i havet utenfor Lista høyest artsmangfold.

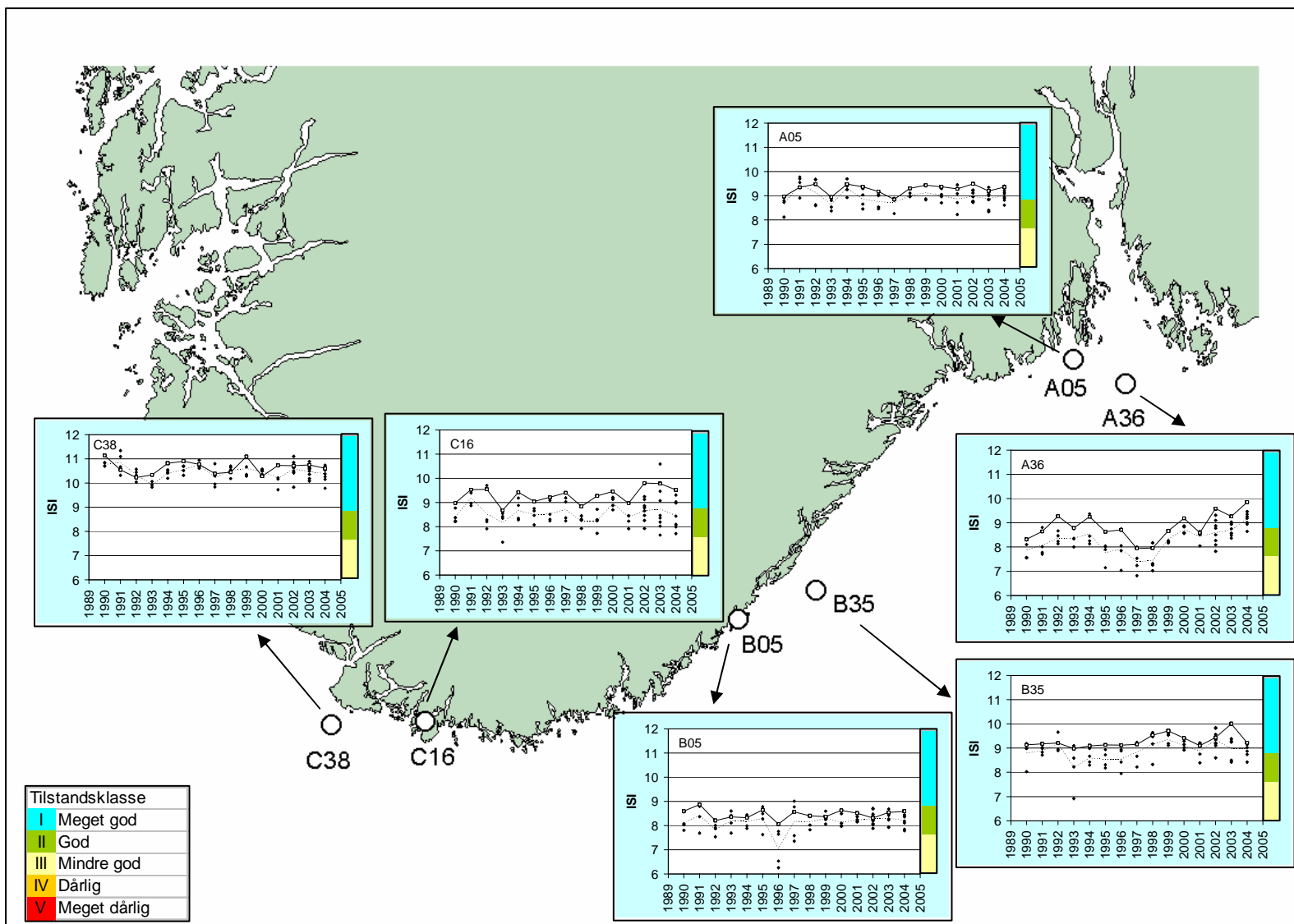
#### Indikatorarter

Forekomst av indikatorarter (arter som indikerer god miljøtilstand) viste lite endring i perioden på de fleste av stasjonene (Figur 8.2). Høyest indikatorartsindeks (best tilstand) viste stasjon C38. Lavest indikatorartsindeks viste stasjon B05. På stasjon A36 har ISI økt etter 1998.



Figur 8.1 Artsmangfold (H') for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2004. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkede linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). (Klassifisering etter SFT 1997.)



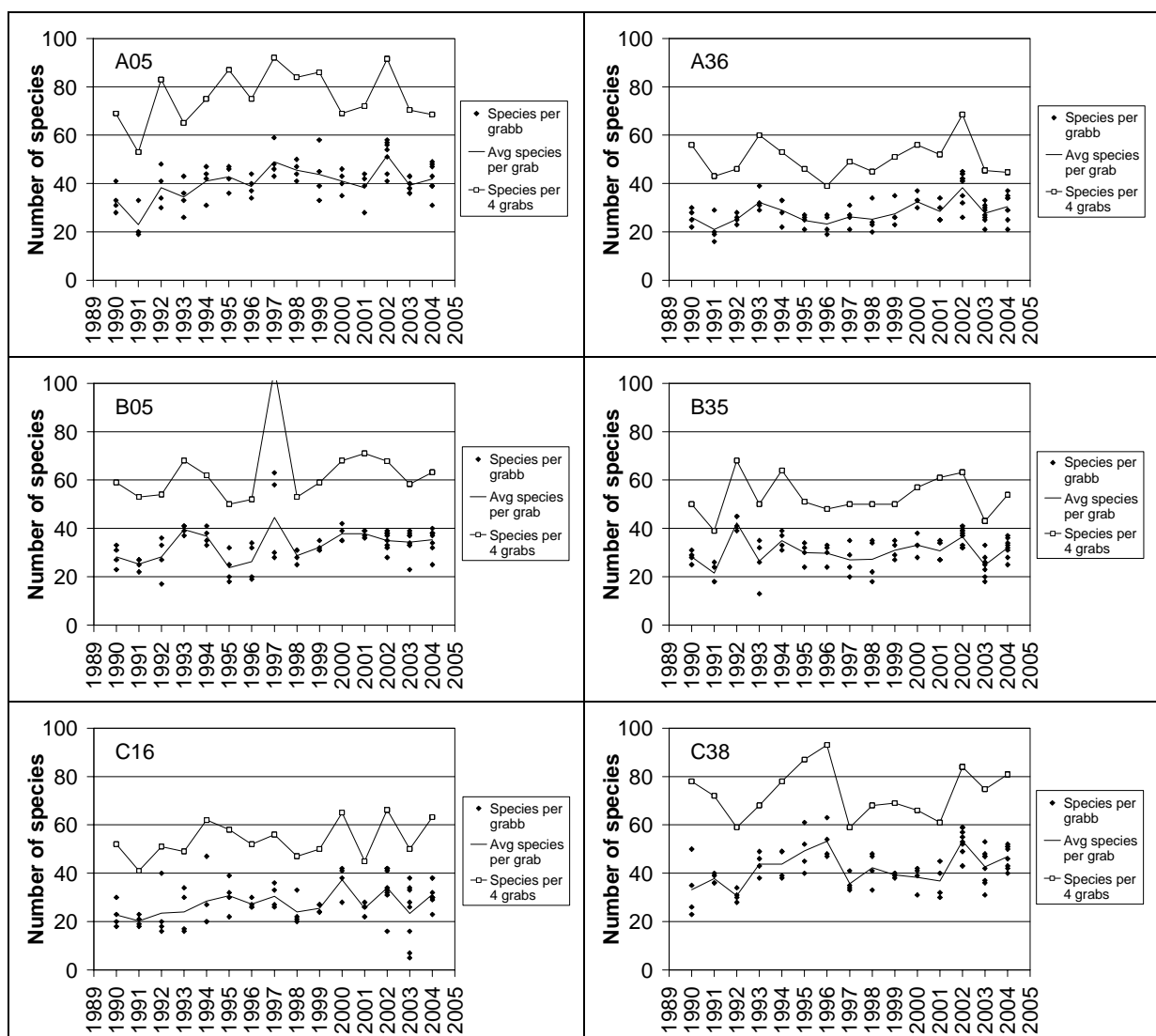


Figur 8.2. Indikatorartsindeks (ISI) for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2004. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkede linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). (Klassifisering: Rygg 2002.)

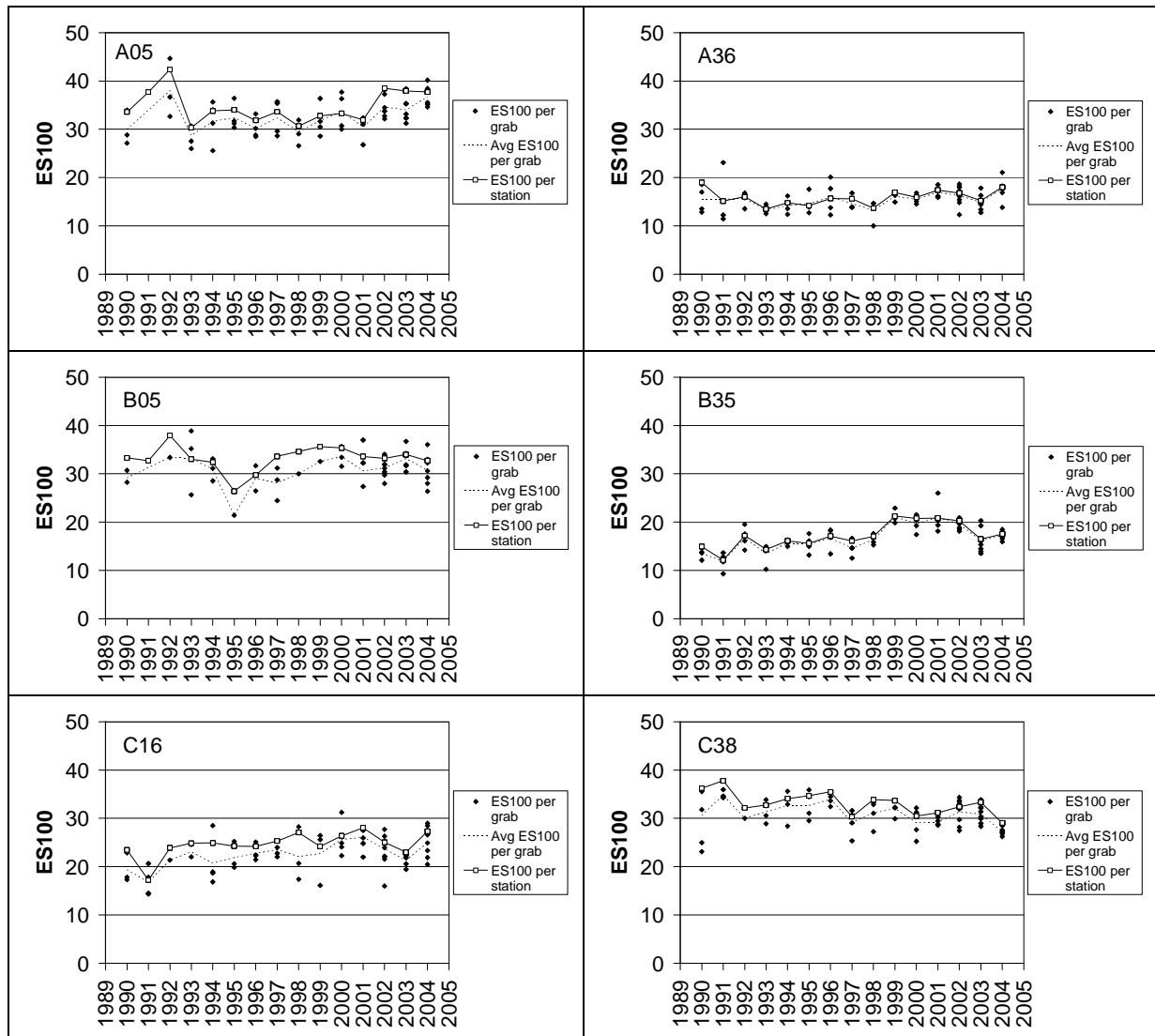
## Artstall

Artstall på stasjonene i perioden 1990-2004 er uttrykt ved artstetthet (artstall pr. 0.1 og 0.4 m<sup>2</sup> Figur 8.3) og artstall pr. individmengde (ES<sub>100</sub>, Figur 8.4).

Antall arter var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge, men var lavere på A36 og B35 og til dels på C16 enn på de andre stasjonene. Det høye artstallet på stasjon B05 i 1997 kommer av at to av prøvene var veldig individrike og dermed forventes å inneholde flere arter (Figur 8.5). Artstetthet på over ca. 40 arter pr. 0.4 m<sup>2</sup> kan betraktes som høy (god tilstand), over ca. 60 som meget høy (meget god tilstand). Også på A05 og C16 var det en økning i artstetthet i undersøkelsesperioden (Tabell 8.1). Det var lavest artstall pr. individmengde (ES<sub>100</sub>) på de dype stasjonene A36 og B35. Verdier av ES<sub>100</sub> over 18 kan betraktes som høye (god eller meget god tilstand).



Figur 8.3. Artstetthet (artstall pr. 0.1 og 0.4 m<sup>2</sup>) i 1990-2004.

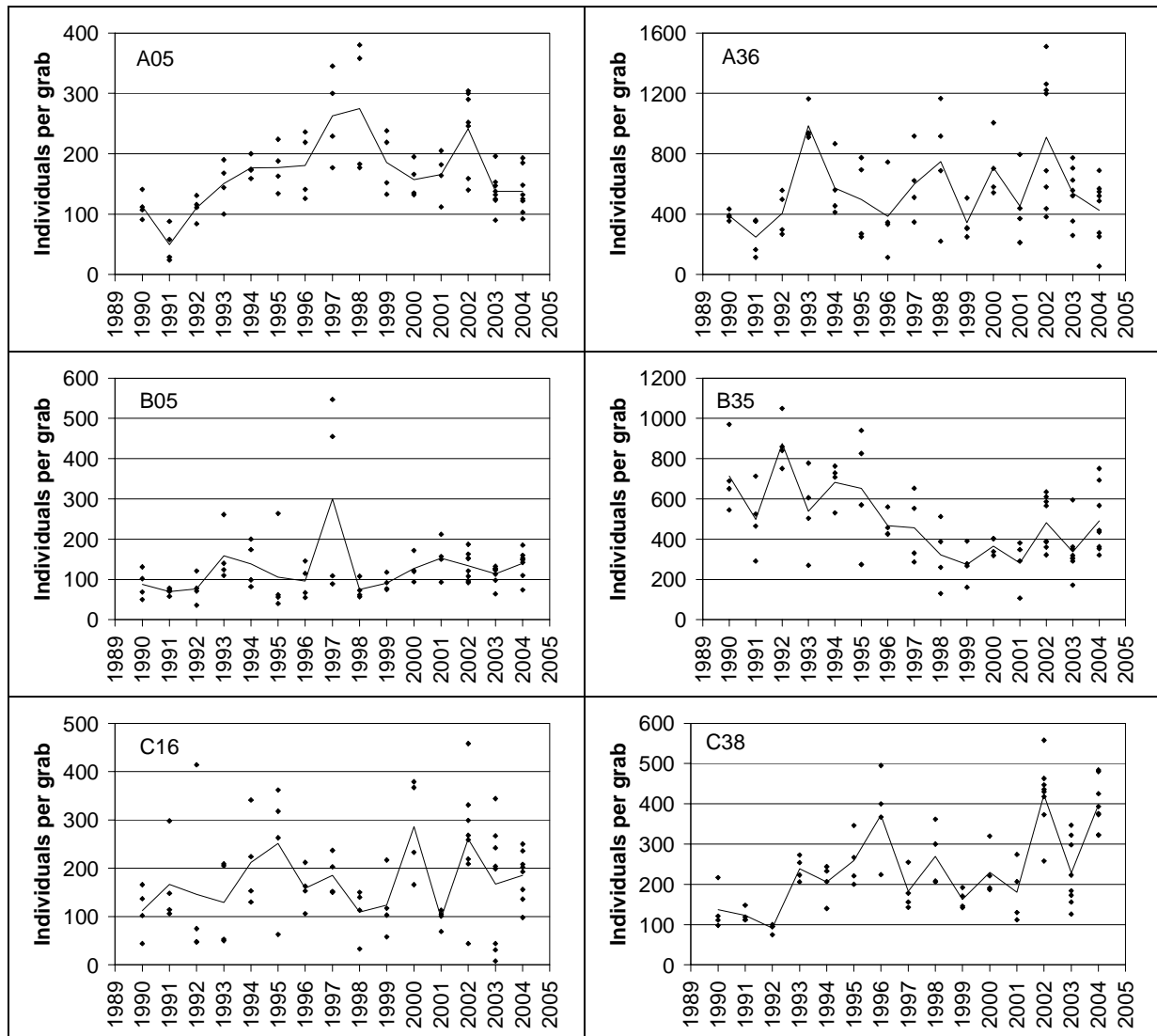


Figur 8.4. Artstall pr. 100 individer ( $ES_{100}$ ) i 1990-2004.

### Individtetthet

Individtetthetene var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge, men var høyere på de dype enn på de grunne stasjonene (Figur 8.5). Generelt i fjorder og kystvann finner vi ellers ingen slik trend. Dette kan indikere større sedimentering av næringspartikler et stykke ut fra Skagerrakkysten enn nærmere kysten. Endringene i individtettheter på de enkelte stasjonene viste betydelig og tildels usystematisk variasjon fra år til år, og ingen konsistent trend gjennom hele perioden. Også mellom parallelle prøver tatt på samme tidspunkt var det ofte stor variasjon.

Individmengden på B35 har gått tydelig ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene (*Heteromastus*), noe som kan tyde på redusert næringstilførsel.



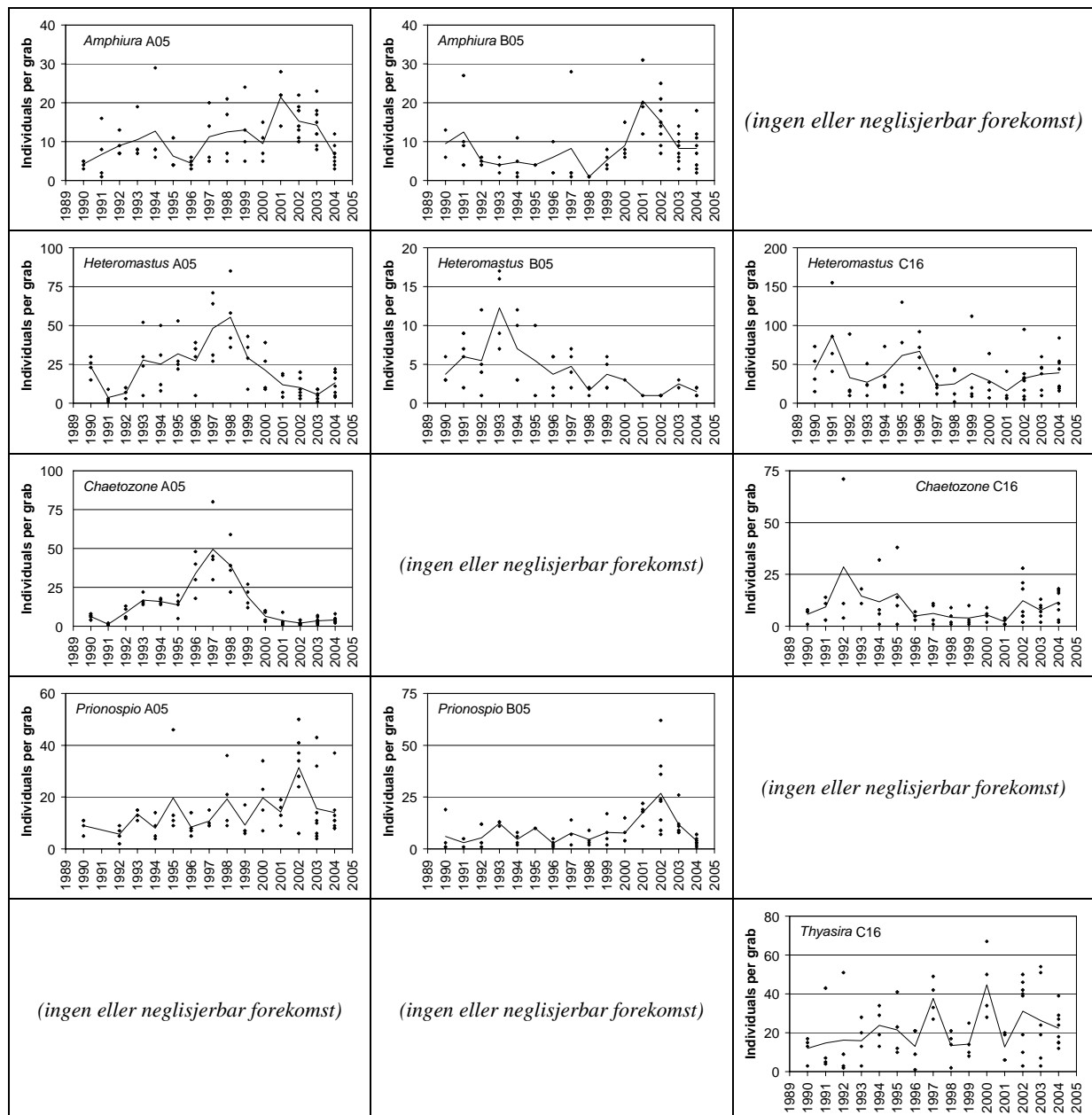
Figur 8.5. Individantall for bløtbunnsfauna pr. grabb (0.1 m<sup>2</sup>) (punkter) og gjennomsnitt pr. år (linjer) i 1990-2004. Etter 2001 er det tatt åtte grabber pr. stasjon, mot fire grabber pr. stasjon 1990-2001. Merk ulik skala i plottene.

### De vanligste artene

Individtall for de vanligste artene er vist i Figur 8.6 (grunne stasjoner) og i Figur 8.7 (dype stasjoner).

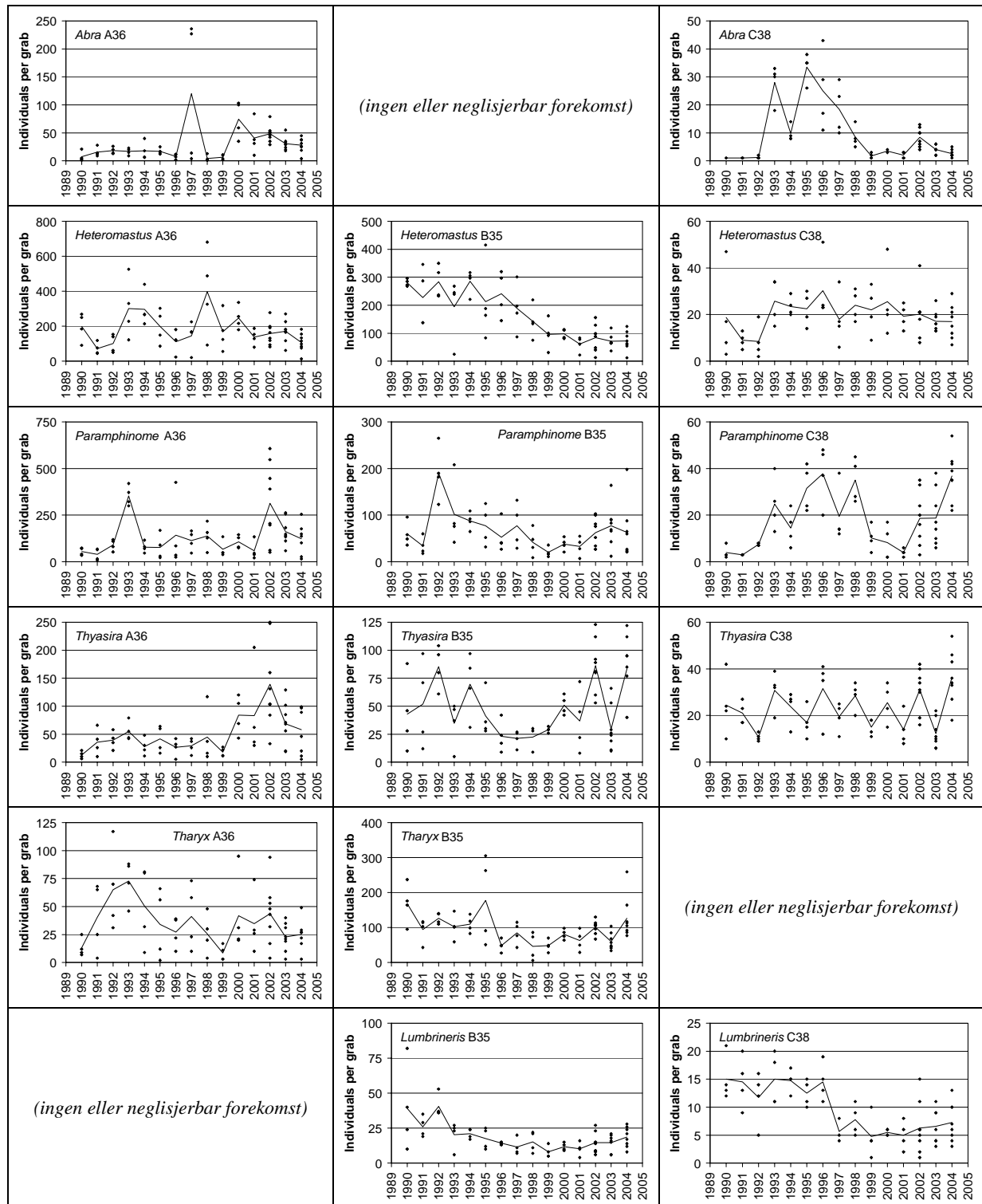
Individtettheten av de enkelte vanligste arter viste svært høy variasjon fra år til år og også mellom prøver fra samme stasjon samme år. Mye av den sterke variasjonen antas å være intern biologisk variasjon som har liten sammenheng med de målte miljøfaktorene.

Av artene i Figur 8.6 og Figur 8.7 er det særlig manglebørstemarkene *Chaetozone*, *Heteromastus* og *Paramphinome* som er kjent for å være opportunistiske og tolerante arter (Rygg, 1995), ofte dominerende på organisk belastete lokaliteter. Muslingen *Abra*, manglebørstemarken *Prionospio* og i noen grad *Tharyx* kan også være vanlige på organisk belastete lokaliteter (NIVA database). Men alle disse artene kan være vanlige på uforurensete lokaliteter også. Det er derfor ikke bare forekomsten, men først og fremst endringer i individtetthet av artene, som kan indikere økt eller minsket næringstilgang.



Figur 8.6. Antall individer pr. grabb og gjennomsnitt pr. år for noen vanlige slekter på de grunne stasjonene A05 (Færder, 50m), B05 (Grimstad, 50m) og C16 (Farsund, 160m). Merk ulike skalaer i plottene.

Individtettheten hadde økt på den grunne stasjonen i A-området (A05, ytre Oslofjord), særlig av slangestjernen *Amphiura* og børstemarken *Prionospio*. På den dype stasjonen i A-området (A36) var det også en økning i individtetthet, særlig av muslingene *Abra* og *Thyasira* og børstemarken *Paramphinome*. På stasjonene i B-området (B05 og B35) var det en tilbakegang av børstemarken *Heteromastus*. Som på A05 hadde individtettheten av *Amphiura* og *Prionospio* økt på B05. På C38 var det en nedgang av mangebørstemarken *Lumbrineris*.

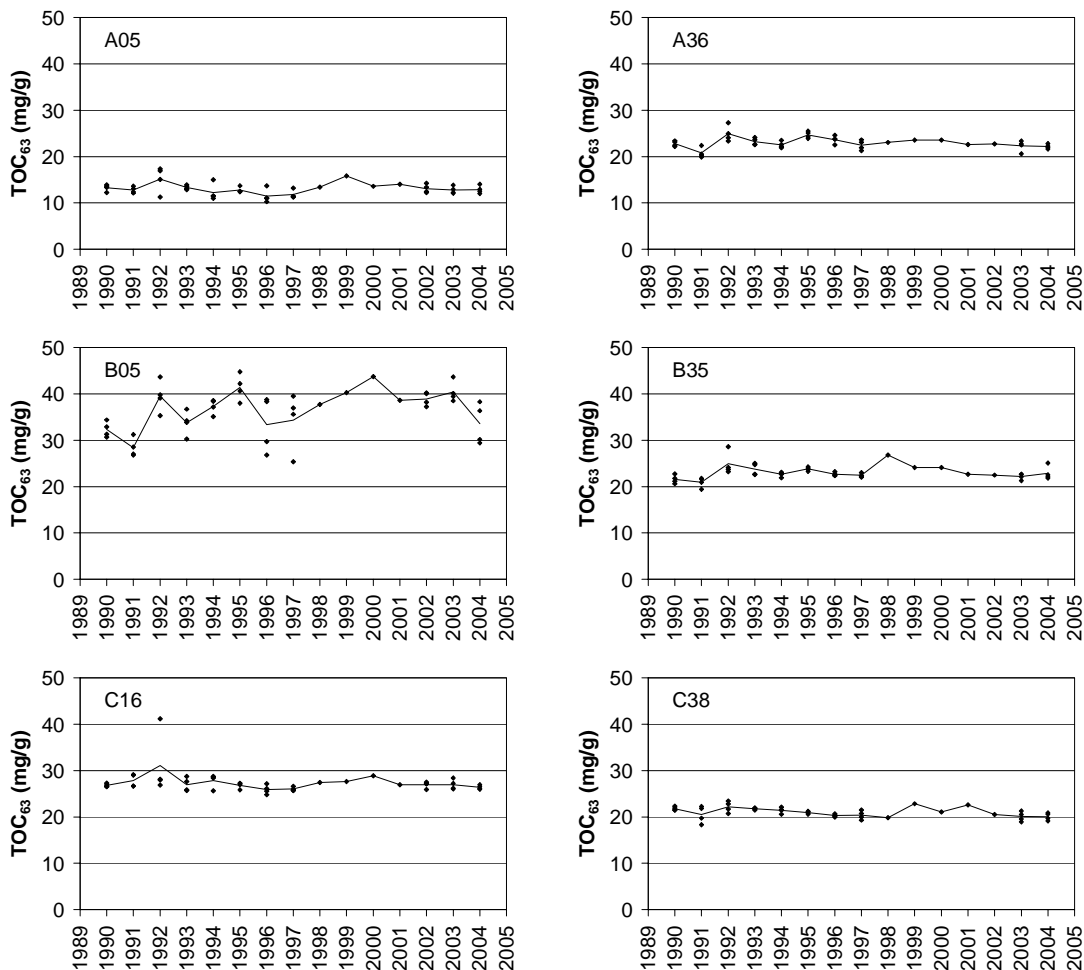


Figur 8.7. Antall individer pr. grabb og gjennomsnitt pr. år for noen vanlige slekter på de dype stasjonene A36 (ytre Oslofjord, 360m), B35 (Arendal, 350m) og C38 (Lista, 380m). Merk ulike skala i plottene.

## 8.2 Bunnsedimenter

Tidsserier for totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på stasjonene er vist i Figur 8.8. Med unntak av stasjon B05 ble det ikke påvist noen tidstrender i innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på noen av stasjonene. TOC var også nokså stabilt fra år til år på alle stasjonene, bortsett fra på B05.

Organisk innhold (TOC) var lavt til moderat, og var høyest i de mest finpartikulære sedimentene. Gjennomsnittlig  $TOC_{63}$ -innhold (TOC korrigert for innholdet av silt og leire i sedimentet) i overvåkingsperioden på alle stasjonene, med unntak av B05 ved Grimstad og fjordstasjonen C16, lå i tilstandsklasse I eller II (meget god tilstand/god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier.



Figur 8.8. Innhold av totalt organisk karbon ( $TOC_{63}$ , mg/g), korrigert for sedimentets innhold av silt og leire i enkeltpøver og som gjennomsnitt pr. år 1990-2004. Fargekodene angir tilstandsklasser (se Figur 8.1).

Stasjon B05 hadde forhøyd organisk innhold (i gjennomsnitt klasse III, mindre god tilstand). Det var en økning i totalt organisk karbon fra tilstandsklasse III (mindre god) i 1990 og 1991 til tilstandsklasse IV (dårlig) senere i perioden. Stasjon B05 ligger nær ved kysten og mottar trolig organisk materiale fra nærliggende terrestriske kilder og fragmenter av marine makroalger fra strendene i nærheten. Dette kan også forklare den større variasjonen mellom enkeltprøver. Økningen i TOC på B05 kan også representere en generell økning i organiske partikler over en lengre kyststrekning. Resultater fra de andre delundersøkelsene kan tyde på dette. Imidlertid var det enn nedgang i TOC fra 2003 til 2004 på B05.

Fjordstasjonen C16 viste stort sett klasse III (mindre god) i hele perioden.

Signifikante endringer er vist i Tabell 8.1 i kap. 8.3.

### 8.3 Tidstrender

I Tabell 8.1 vises resultater fra en trendanalyse av de enkelte parametrene for hver stasjon (lineær trend 1990-2004). + eller - betyr signifikant stigende eller synkende verdier, mens fargen grønn eller rød indikerer en positiv eller negativ utvikling på de 6 stasjonene. Resultatet av analysen gir ikke et entydig bilde.

Tabell 8.1 Signifikanstest av endringer (lineær modell,  $P < 0.05$ ) i perioden 1990-2004

Parameter	Stasjon	A05	A36	B05	B35	C16	C38
TOC <sub>63</sub>		0	0	+	0	0	0
H'		+	+	+	+	+	0
ISI		0	+	0	+	0	0
Artstall pr grabb		+	+	+	0	+	+
Artstall pr 100 individer (ES <sub>100</sub> )		0	+	0	+	+	-
Individtetthet		+	0	0	-	0	+

+	= stigende verdier
-	= synkende verdier
0	= ikke signifikant
	= tilstandsforbedring
	= tilstandsforverring



## 9. Klima, tilførsler, næringsalter og endringer med betydning for planter og dyr i kystsonen

*Endringer i det biologiske mangfoldet i hardbunnssamfunn og spesielt sterk tilbakegang i sukkertareforekomstene i skjærgårdsområdene av Skagerrak, har satt fokus på tilstand og endringer i vannkvaliteten i Skagerrak. Klimaet siden 1990 har vist store endringer med overflatetemperaturer opp mot dødelig grense for sukkertare. Spesielt i 1997, 2002 og 2004 var sjøtemperaturen høy, men kan likevel ikke alene forklare de endringer som er observert. Langtransporterte tilførsler av næringsalter og partikler er et viktig bidrag til den norske Kyststrømmen. Beregninger viser at 70-90% av vårt kystvann i 0-30m dyp stammer fra sørlige del av Nordsjøen og bidrar med hhv. 80 og 40 % av nitraten og fosfatet som måles i kyststrømmen vinterstid. Det har også vært en markert økning i langtransporterte tilførsler siden 1990. Lokale kilder til næringsalter og partikler har størst innflytelse sommerstid. Høsten 2000 var bidraget fra norske elver ekstremt med store tilførsler av nitrogen, løst organisk stoff og partikulært materiale. For uten slike hendelser viser beregninger at 50-70% av det organiske partikulære materiale i kystvannet, har marint opphav, dvs. er marin produksjon basert på tilførte næringsalter. Oksygenet i fjordbassenger på Skagerrakkysten viser en klar nedgang over perioden 1990-2004 som skyldes generelt økende belastning på kystmiljøet.*

*Ny overvåkingsmetodikk basert på automatiske målinger og vannprøveinnsamlinger er en kostnadseffektiv, høy-oppløselig metodikk som i større grad sikrer korrekt klassifisering av vannkvalitet, samt muliggjør varsling og måling av spesielle hendelser, som planktonoppblomstringer, sammenliknet med tradisjonelle metoder. Metoden ble prøvet ut vinter-vår 2004 som et supplement til programmet.*

-----

I 2003 og 2004 ble det rapportert at sukkertareforekomstene i skjærgårdsområdene innenfor kyststrømmen langs sørlandskysten var betydelig desimert eller helt borte (årsrapport fra Kystovervåkingsprogrammet 2003, samt Toktrapport fra oppfølgende undersøkelser sommeren 2004). I årsrapporten for 2003 omhandlet den tematiske delene økt nedslamming og effekter av dette på hardbunnssamfunn. Den nedslammingen som ble observert kan bero på økt transport av partikulært materiale i kyststrømmen, økte lokale tilførsler, økt marin produksjon eller andre klimarelaterte forklaringer. All erfaring tilsier at det er et samspill av mange faktorer som til sammen fører til endringer i miljøet og som her rapportert, spesielle problemer for sukkertaren og hardbunn/fauna. I det følgende beskrives noen hydrografiske/kjemiske observasjoner som belyser langtransporterte kontra lokale tilførsler av partikler og næringsalter til Skagerrakkysten og fordeling mellom marint og terrestrisk materiale. Klima påvirker mange forhold og er indirekte del av de endringer som diskuteres under hvert av underkapitlene. Imidlertid innledes denne temaseksjonen med en vurdering av klimafaktoren temperatur i lys av sukkertarens temperaturtoleranse. Til sist i temaseksjonen rapporteres observasjoner og muligheter som ligger i ny overvåkingsmetodikk.

### 9.1 Klima, ekstreme temperaturforhold

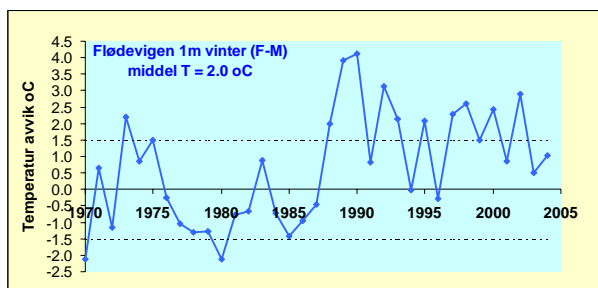
#### Temperatur

Sukkertaren er følsom for høye vanntemperaturer. Ved temperaturer over 22 °C i 3-4 dager vil den ha vanskeligheter med å overleve. Da sukkertaren vokser normalt mellom ca. 2 og 15 meters dyp vil således temperaturforholdene i denne vannmassen ha betydning.

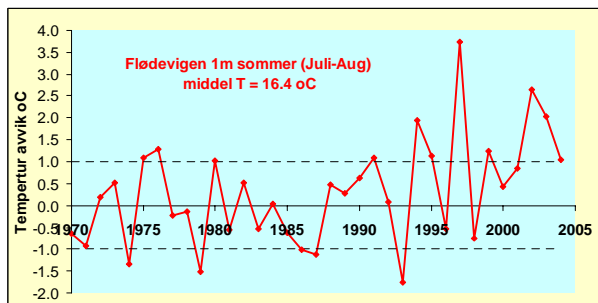
Klimaforandringer har ført til at 1990-tallet er den varmeste sammenhengende periode på 1900-tallet. Dette avspeiles bl.a i NAO-indeksset (Figur 2.1) og i Flødevigens målinger av overflatetemperatur i vinterperioden (februar til mars, Figur 9.2).

Det er ikke klart når sukkertareplantene ble slått ut, men det er antatt at forhold i perioden 1996-2002 har vært avgjørende. I denne aktuelle perioden var vanntemperaturen klart høyere enn normalt fra 1997. Etersom sukkertaren rekrutterer mellom november til februar, kan de varme vintrene ha hatt betydning for rekrutteringssuksessen ved endrede biologiske forhold. Høyere vintertemperaturen ansees imidlertid ikke å ha direkte negativ innvirkning på sporer eller spiring i seg.

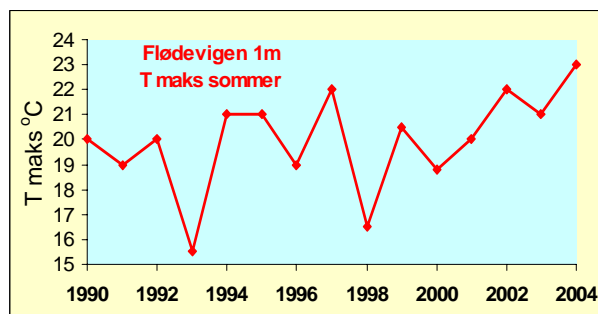
I den følsomme sommerperioden hvor høye temperaturer kan forårsake sukkertaredød, skiller perioden 1988-2002 seg ut med noen ekstreme år (Figur 9.2). Spesielt sommeren 1997 var temperaturen 3.5 - 4 grader over middeltemperaturen, dvs. omkring 20 °C og i 2002 var temperaturen ca. 2.5 °C over middeltemperaturen. Maksimale målte sommertemperaturer i 1996 og 2002 var omkring 22 °C og en kort periode i begynnelsen av august 2004 opp mot eller over 23 °C (Figur 9.3). Det er således klart at *overflatetemperaturene* har vært tilstrekkelig høye til å forårsake reduksjon i sukkertarevegetasjonen i 1997, 2002 og 2004. Imidlertid er sukkertarens vokseområde mellom ca 2-15 meters dyp og temperaturen avtar raskt med dypet. Høy overflatetemperatur behøver nødvendigvis ikke å innebære like høye eller dødelige temperaturer på dypere vann i sukkertarens nedre voksesone.



Figur 9.1 Temperaturavvik fra middeltemperatur (2°C) for februar-mars målt på 1 meters dyp i Flødevigen, Arendal.



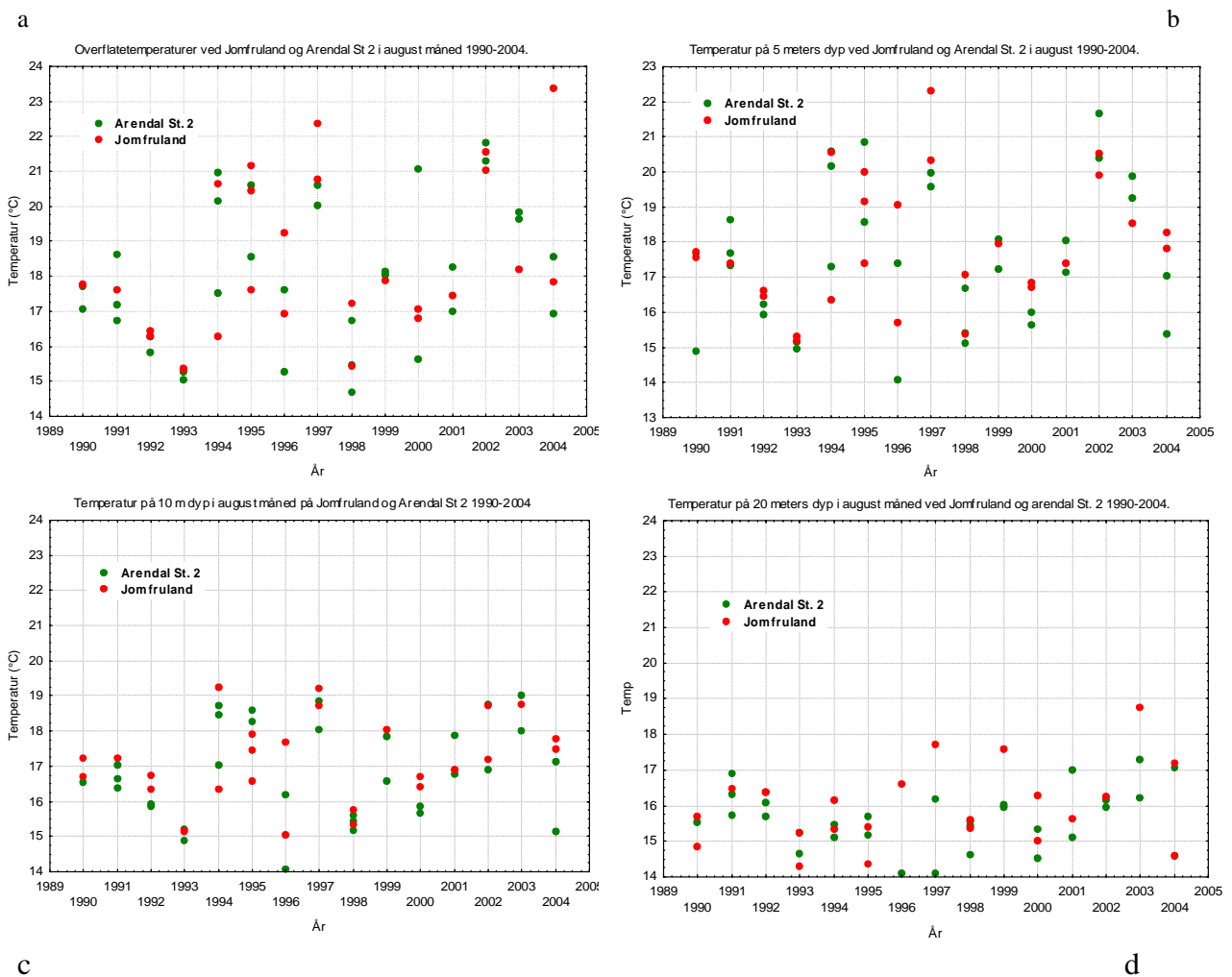
Figur 9.2. Temperaturavvik fra middeltemperatur (16.4°C) for juli-august målt på 1 meters dyp i Flødevigen, Arendal.



Figur 9.3. Maksimale temperaturer målt på 1 meters dyp sommerstid i Flødevigen, Arendal.

Siden sukkertaredøden har vært størst i de mer innelukkede skjærgårdsområder og mindre i det ytre kystområdet, er det også et spørsmål om vanntemperaturen i de mer innelukkede skjærgårdsområder har vært høyere (noe som nok er vanlig) og også varmere i dypere vannlag. Flødevigens målestasjon er en typisk skjærgårdsstasjon i motsetning til stasjonene Jomfruland og Arendal St. 2.

Figur 9.4 viser temperaturen på 0, 5, 10 og 20 meters dyp fra Kystovervåkingsprogrammet fra stasjoner i kyststrømmen (Jomfruland og Arendal St. 2). Ettersom det er maksimalt 2 observasjoner pr. måned er det ikke alltid sikkert at maksimaltemperaturene fanges opp. For eksempel i august 2004 ble Arendal St. 2 (målt 18 °C) tatt noen dager etter den relativt kortvarige høye overflatetemperaturen (22 °C) i begynnelsen av august (se dagelige observasjonen fra Flødevigen 1m dyp i figur 2.4). Imidlertid fremstår 1997 og 2002 (og 2004) som år med høy overflatetemperatur ved en av stasjonene. Både i 1997 og 2002 var temperaturen dessuten høy helt ned til 5 meters dyp og først på 10 meters dyp synker temperaturen til klart under 20 grader. De riktig høye vanntemperaturene synes således å begrense seg til de øverste 5 meterne av vannsøylen. I hele perioden fra 1990 det målt høye augusttemperaturer på 5 m dyp også i 1994 og 1995.



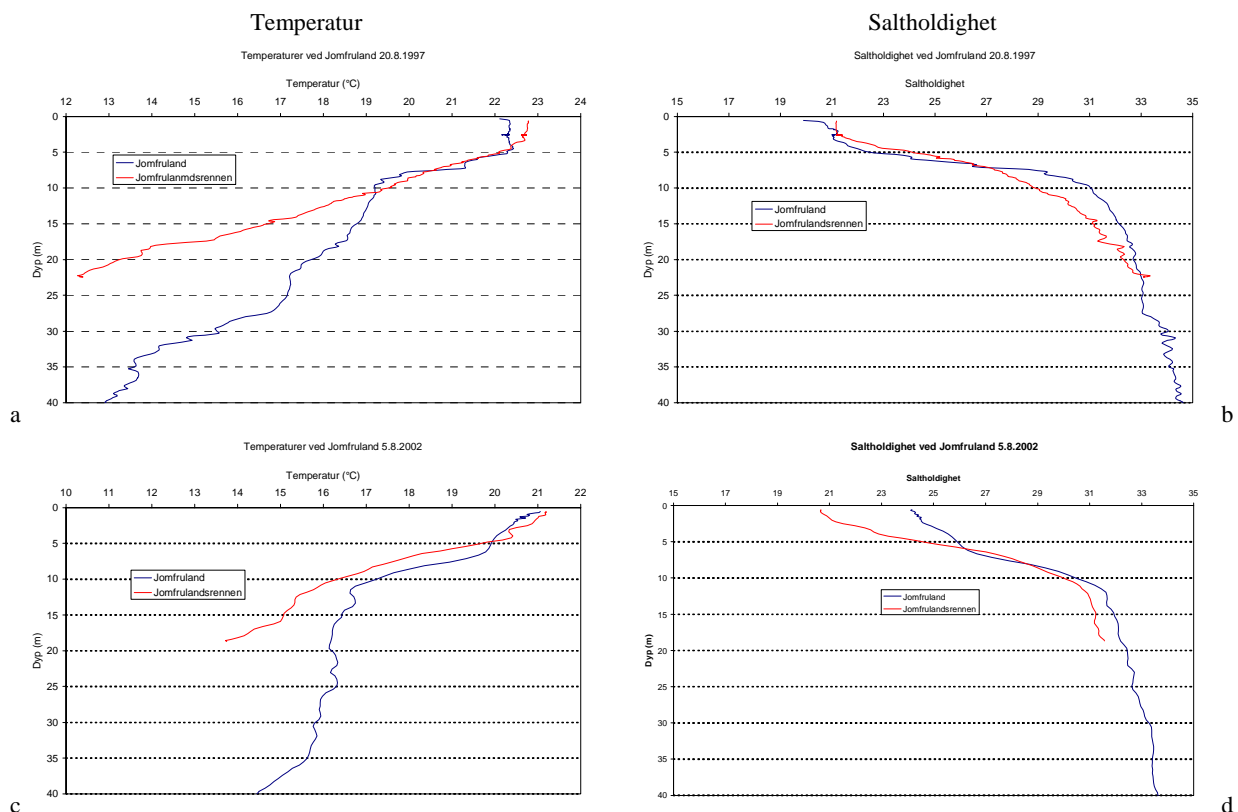
Figur 9.4. Vanntemperaturer i august måned 1990-2004 på a) 0m dyp, b) 5m dyp, c) 10m dyp og d) 20m dyp ved Jomfruland (røde prikker) og Arendal St. 2 (grønne prikker).

Både Jomfruland og Arendal St. 2 ligger i kyststrømmen og deres representativitet for forholdene i den mer beskyttede skjærgården, er belyst ved å sammenlikne observasjoner fra stasjonen Jomfruland med stasjonen Jomfrulandsrenna. Jomfrulandsrenna ligger beskyttet innenfor Jomfruland og nær et område hvor det er observert markert sukkertarereduksjon. Målingene viser at overflatetemperaturen ofte er noe høyere (0,5-1 grad) i Jomfrulandsrennen enn utenfor Jomfruland (Figur 9.5). Ut fra foreliggende observasjoner gjelder dette vannmassen mellom 0 og ca 5 meters dyp, men i august 2002 var dette gyldig ned til ca. 20 meters dyp. (Imidlertid var sukkertareutdøing allerede påvist før august 2002.)

Figur 9.5 viser også tilfeller hvor temperaturen i de litt dypere vannmasser ved Jomfruland er høyere enn i Jomfrulandsrenna, som i 1997 på 10 meters dyp. Saltholdigheten skiller seg lite mellom stasjonene, men av og til kan Jomfrulandsrenna ha lavere saltholdighet i overflatelaget som skyldes lokale elvetilførsler.

Vanntemperaturen er gjerne noe høyere i skjærgården enn på kystovervåkingsstasjonene, mens temperaturen i dypet er lik og styres i høyere grad av temperaturen i innstrømmende vann fra kyststrømmen.

Disse år med over 20 °C kan klart ha hatt negativ innvirkning på overlevelse av sukkertare, men synes ikke å gi noen fullgod forklaring på hvorfor sukkertare har dødd ut fra store deler av Skagerrakkysten. Ut fra disse observasjoner må det være andre faktorer i tillegg til evt. temperatur, som har forårsaket skifte i hardbunnsamfunnene.



Figur 9.5. Vanntemperaturer og saltholdighet ved Jomfruland (blå linje til 40m dyp) og Jomfrulandsrennen (rød linje til 20m dyp) i august 1997 (øverst) og 2002 (nederst).

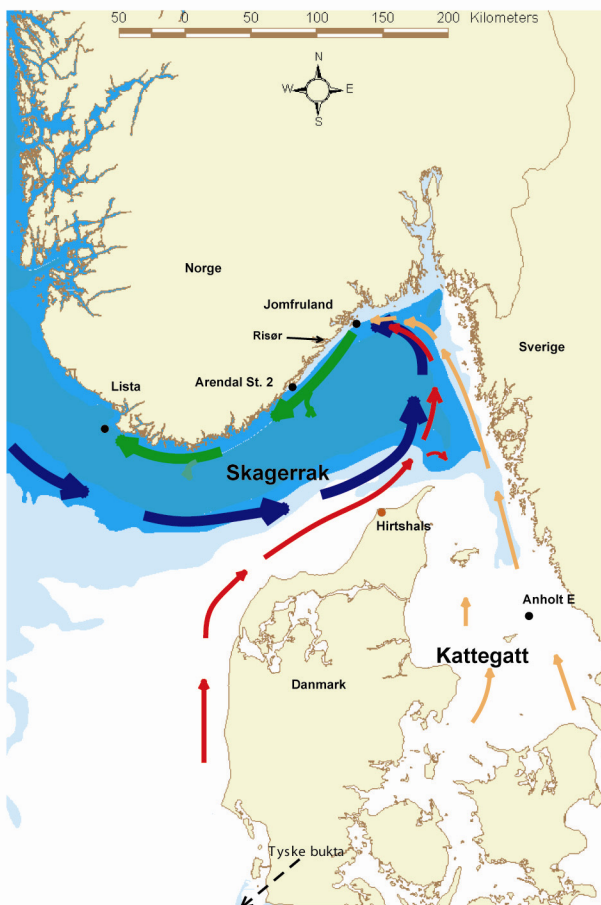
## 9.2 Langtransporterte tilførsler

Strømforholdene i Skagerrak (Figur 9.6) er vanligvis slik at den norske Skagerrakkysten blir liggende nedstrøms de forurensningstilførsler som tilføres fra Sverige/Danmark/Østersjøen til Kattegat og kontinentale utslipp som for eksempel fra Elben til Tyskebukta.

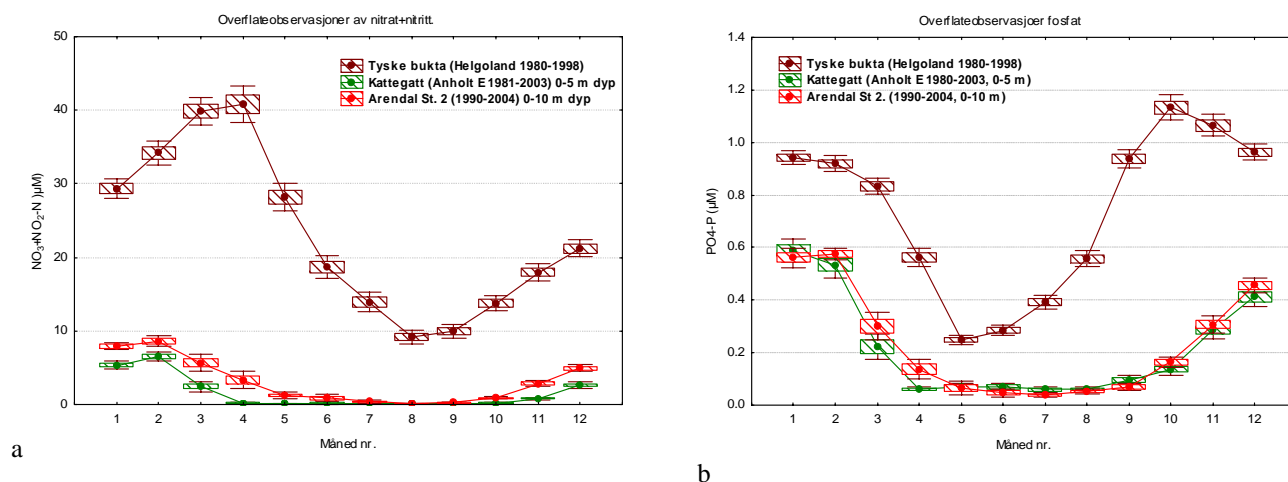
### 9.2.1 Bidrag fra ulike kilder

Overflatekonsentrasjoner av nitrat og fosfat er betydelig større, spesielt vinterstid, i Tyskebukta sammenliknet med Anholt i Kattegat og Arendal St. 2 (Figur 9.7 ab). Mellom Anholt og Arendal St. 2 er det bare mindre forskjeller. Årsfordelingen i ferskvannstilførsel skiller seg også ved at Elben har normal flomperiode om vinteren, mens de norske elvene har størst vannføring i mai/juni (Figur 9.8). Tilførselen av nitrogen følger vannføringen og er derfor størst til Tyskebukta vinterstid, mens den største tilførselen av nitrogen via norske elver inntreffer normalt på vår/sommer. Transport av nitrogen fra for eksempel Tyskebukta mot Skagerrak og den norske Skagerrakkysten vil derfor være størst om vinteren. (Jfr. Kap. 3)

Vannmassene i de øvre 30 meter (lyssonen) av kyststrømmen (målt ved Arendal) er hovedsakelig et blandingsprodukt mellom innstrømmende vann fra Hirtshals fra Jyllandsstrømmen og fra Kattegat-overflatevann (nedenfor kalt henholdsvis Hirtshals-vann og Kattegat-vann). Jyllandsstrømmen transporterer vann fra sørlige Nordsjøen og Tyskebukta nordover langs Jylland og Kattegatvann har sin opprinnelse fra Østersjøen og fra lokale tilførsler til Kattegat (Figur 9.6).



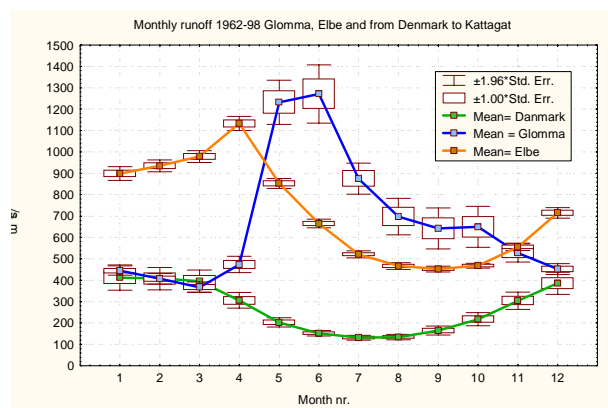
Figur 9.6. Midlere strømforhold i Skagerrak/Kattegat og deler av Nordsjøen. Stasjoner (bruk i denne rapporten) i Kystovervåkingsprogrammet og i svenske/danske/ tyske overvåkingsprogrammer vist. Tyskebukta og Helgolandsstasjonen ligger utenfor kartet.



Figur 9.7. Overflatekonsentrasjoner pr. måned av a) nitrat + nitritt og b) fosfat i Tyskebukta (1980-1998), Kattegatt (1981-2003) og Arendal St. 2 (1990-2004).

Det er en relativ høy lineær korrelasjon (rett linje,  $r^2 = 0.82$ ) mellom årsmiddel av saltholdighet og nitratkonsentrasjoner i vannmassene (øvre 30m) ved Hirtshals, Arendal (St. 2) og Anholt (Kattegatt), og det indikerer at de øvre vannmasser av vår kyststrøm i stor grad er et blandingsprodukt av vannmasser fra Hirtshals og Kattegatt. I vår/sommermånedene mai og juni er korrelasjonen liten ( $r^2 = 0.3 - 0.5$ ) som gjenspeiler sannsynlig innblanding av vann fra lokale elver i flom i disse månedene, som f.eks. fra Glomma (Figur 9.8). Korrelasjonsanalyse forutsetter en tilnærmet konservativ oppførsel av nitraten fra Hirtshals på vei til Arendal, dvs at det ikke brukes eller produseres underveis. Avvik fra linearitet kan enten skyldes at denne forutsetningen ikke er oppfylt, eller at andre tilførsler også har bidratt til kystvannet ved Arendal. Derfor finner en god korrelasjon vinterstid og lav korrelasjon sommerstid.

Basert på månedsmidler av saltholdighet og nitrat er den prosentvise fordelingen av Hirtshalsvann og Kattegattvann i de øverste 30 meter av vårt kystvann utenfor Arendal, beregnet til 70-90% Hirtshalsvann og 10-30% Kattegattvann (Figur 9.9). Hirtshalsvannet (0-30m) har igjen i hovedsak, sin opprinnelse fra Tyskebukta og sørlige/sentrale Nordsjøen og kan etter sammen metode deles på disse to kilder og ut fra det beregne deres bidrag til vårt kystvann. Ut fra disse beregninger består de øverste 30 meter (grovt sett lyssonen) av vårt kystvann om våren (når den lokale ferskvannstilførselen er liten) av ca. 50 % Nordsjøvann, ca. 30 % Kattegattvann og ca. 20 % Tyskebukt vann (Figur 9.10).

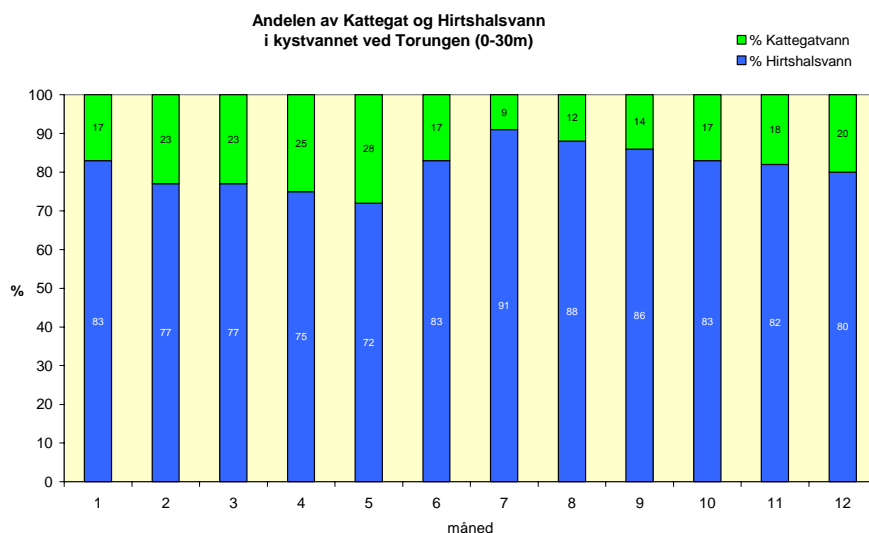


Figur 9.8. Midlere vannføring pr. måned i Elbe, Glomma samt beregnede arennings fra Danmark til Kattegatt.

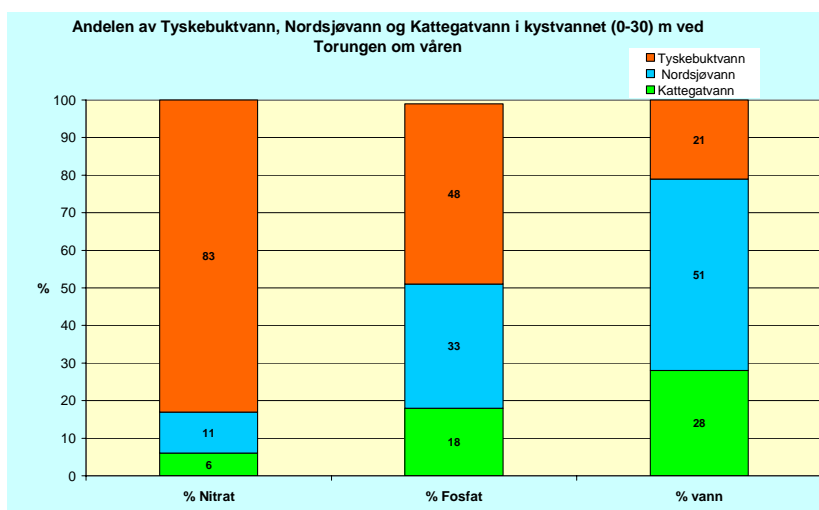
Figur 9.10 viser også at nitratinnholdet i kystvannet ved Arendal (0-30m) er dominert av bidraget fra Tyskebukt vann (ca 80 %) pga. de høye nitratkonsentrasjonen i Tyskebukta, mens bidraget fra Kattegat og sørlige/sentrale Nordsjøen er 5-10 %. Fosfatinnholdet domineres av Tyskebukt vann og vann fra sørlige Nordsjøen (30-50 %), mens bidraget fra Kattegat er ca 20 %.

Ved å benytte metoden foran har vi også beregnet at en 50 % reduksjon i nitratkonsentrasjonen i Tyskebukta vil redusere konsentrasjonen av nitrat i kystvannet ved Arendal med ca 20 % (Aure et al. 1998). Dette viser at det selv med en halvering av utslippet i Tyskebukta vil nitratverdiene og N/P forholdet fortsatt være markert større enn før 1980.

Til sammenlikning utgjør de totale norske utslippene av nitrogen (Tot-N) til Skagerrakkysten i middel over året, ca 3 % av transporten i kyststrømmen (0 - 30m), mens fosfor (Tot-P) utgjør ca 1 % av transporten i kyststrømmen (0 - 30m). Imidlertid vil de norske utslippene gi et vesentlig større lokalt bidrag til de enkelte fjorder og skjærgårdsområder langs Skagerrakkysten. (Kystovervåkingsprogrammet har imidlertid ikke målinger eller tilgang til måledata for å beregne størrelsen på bidrag til indre kystsone.)



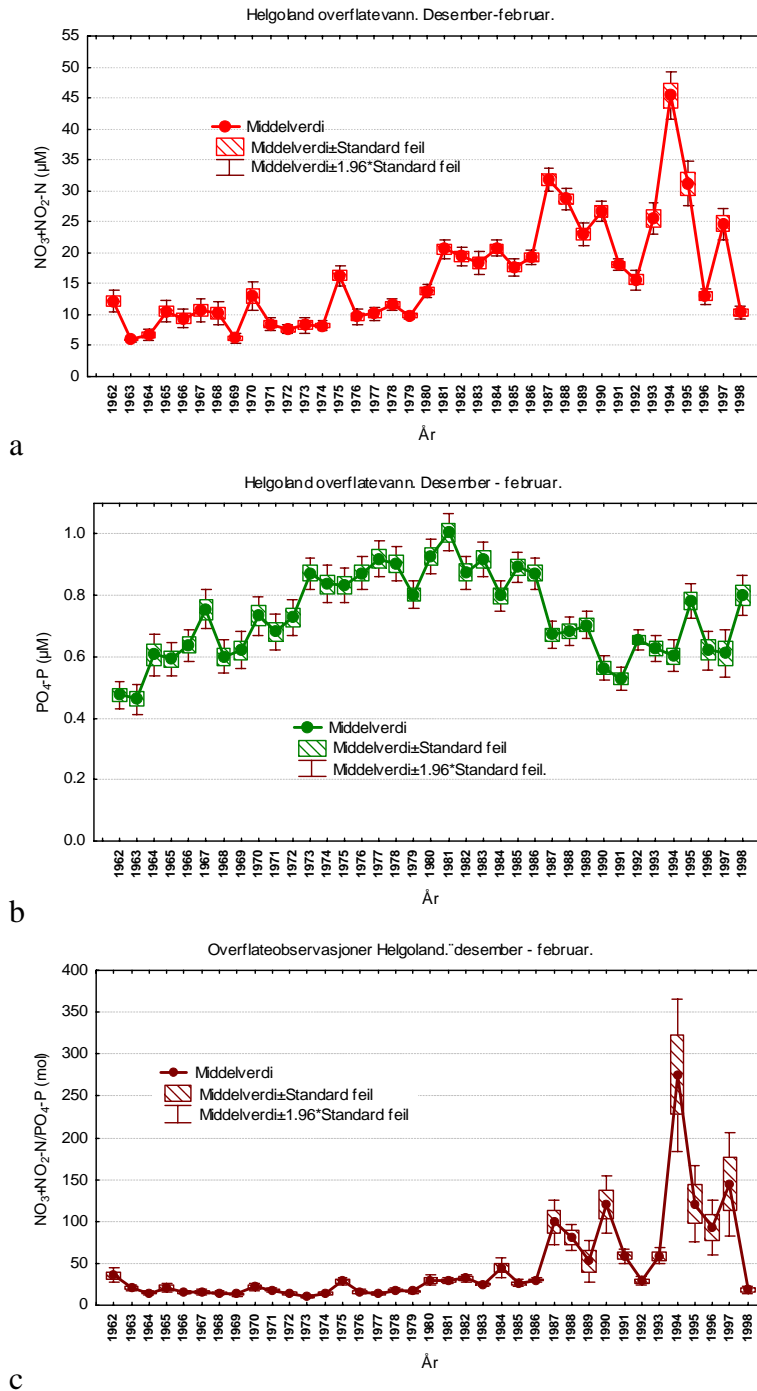
Figur 9.9. Beregnet midlere innhold av "Hirtshalsvann" og "Kattegatvann" i de øverste 30 meter av kystvannet (0-30 m) målt ved Torungen utenfor Arendal, basert på data fra 1980 til 1995.



Figur 9.10. Andelen Tyskebukt vann, Nordsjøvann og Kattegatvann i kystvannet (0-30 m) ved Arendal om våren.

## 9.2.2 Langtidsutvikling

Etter ca 1980 økte konsentrasjonene av nitrat i Tyskebuktavann med en faktor på 2 til 3 i forhold til langtidsmiddel for perioden 1962-80 (fra ca 10  $\mu\text{M}$  til 25  $\mu\text{M}$ , Figur 9.11 a). I motsetning til nitrat har fosfat hatt en nedadgående tendens etter ca 1980 (Figur 9.11 b), men den ulike utviklingen i nitrat og fosfat har ført til en betydelig økning (mer enn 100 ganger) i N:P forholdet i Tyskebuktavann etter 1980 (Figur 9.11 c). Et karaktertrekk er også den høye variasjonen rundt årsmiddel de siste 10-året som indikerer stor forskjell mellom prøvedatoene.

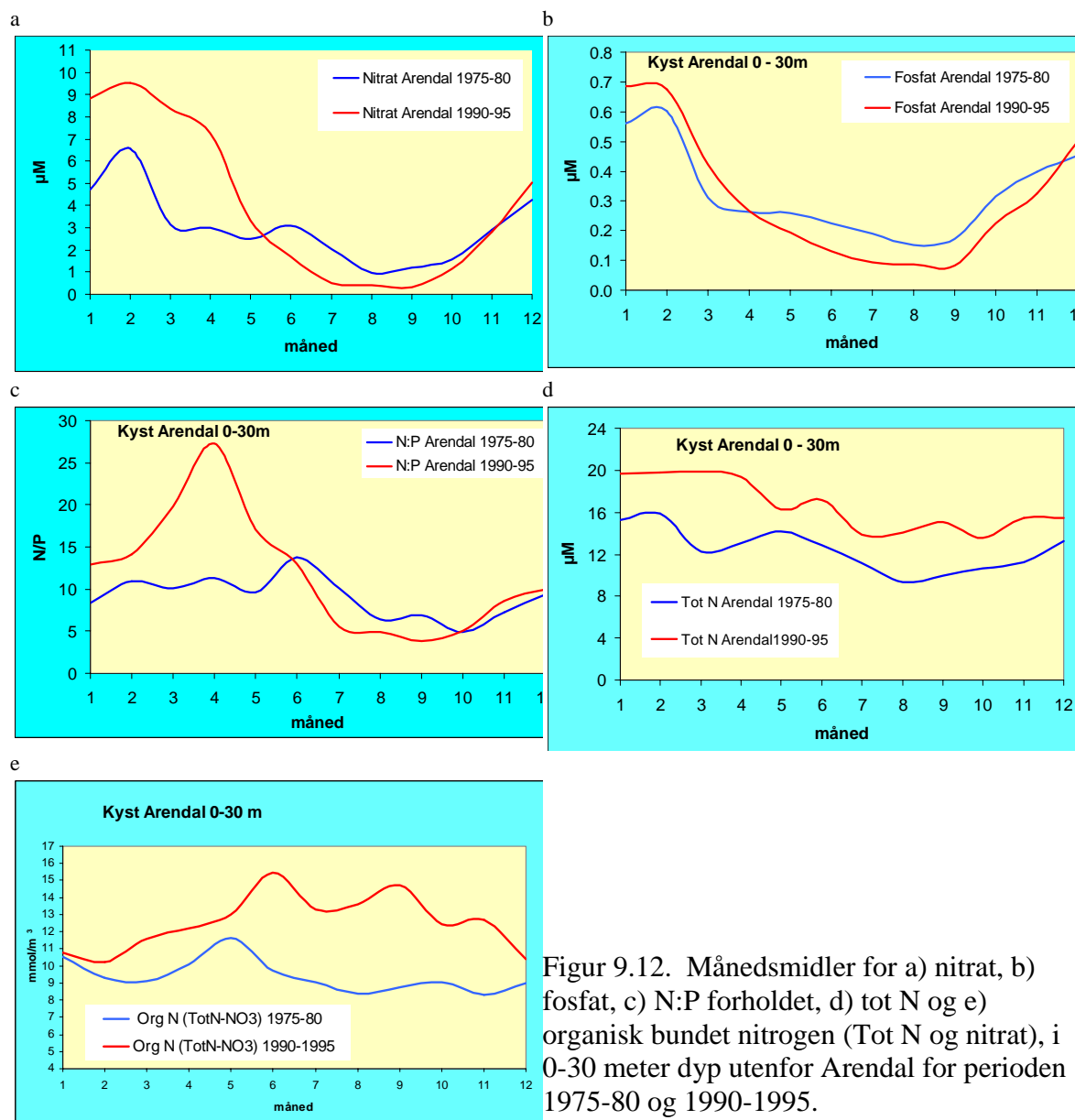


Figur 9.11. Vintermålinger (desember-februar) på Helgoland i Tyskebukta fra 1962 til 1998. (nyere data har ikke vært tilgjengelig.) a) Overflatekonsentrasjoner av nitrat og nitritt. b) Overflatekonsentrasjoner av fosfat. c) Forholdstallet nitrat/fosfat i overflatevann.



I Kattegats overflatelag, som er betydelig påvirket av utstrømning fra Østersjøen, har det i perioden 1970-90, vært en økende trend vinterstid for alle næringssalter, unntatt for silikat. Hovedårsaken til de økende næringssaltkonsentrasjonene, er utviklingen i Østersjøen med en nær dobling av næringssaltkonsentrasjonene fra 1950 til 1982. Lokale utslipp av næringssalter i Kattegat har også økt i samme periode. Det norske bidraget er vist i Figur 3.4. Det langtransporterte næringssaltbidraget til norskekysten har med andre ord økt markert og ført endrede næringssaltforhold. Figur 9.12 anskueliggjør en endring i tilstand ved en sammenlikning mellom næringssaltobservasjonen fra perioden 1970-80 med 1990-1995 (North Sea Task Force, 1993).

De endrede kan ved De viser at økte tilførsler fra sørlige Nordsjøen og Kattegat etter 1980, har forårsaket markerte endringer i næringssaltforholdene langs den norske Skagerrakkysten (Figur 9.12). I vinter/vår perioden var midlere konsentrasjon av nitrat i perioden 1990-95 om lag dobbelt så høyt som i 1975-80 (Figur 9.12 a). Økningen i fosfat derimot, var betydelig mindre (10%) (Figur 9.12 b).



Figur 9.12. Månedsmidler for a) nitrat, b) fosfat, c) N:P forholdet, d) tot N og e) organisk bundet nitrogen (Tot N og nitrat), i 0-30 meter dyp utenfor Arendal for perioden 1975-80 og 1990-1995.

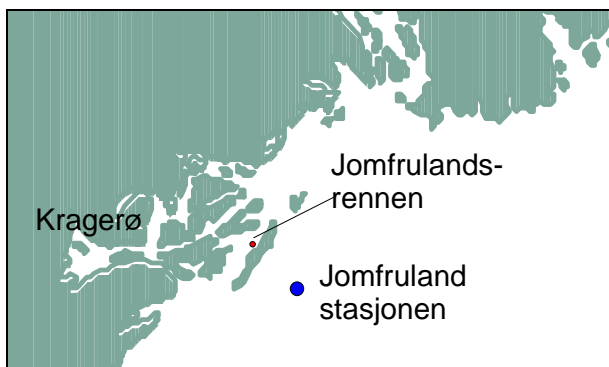
Den økte ubalanse i tilførte næringsalter etter ca 1980, har også ført til en markert økning i N:P-forholdet om vinteren og våren (Figur 9.12 c) som kan øke faren for vekst av skadelige alger (OSPAR). I perioden 1990-95 var det også en markert høyere konsentrasjoner av total-nitrogen (tot N) i forhold til perioden 1975-80 (Figur 9.12 d), mens økning av total-fosfor (tot P), som for fosfat, var mindre (ikke vist). Målinger viser også at konsentrasjonen av ”organisk bundet N” (total nitrogen og nitrat) økte med 50 - 60 % i sommer - og høstperioden sammenliknet med perioden 1975-80 (Figur 9.12 e). Det er i første rekke planteplanktonmateriale.

## 9.3 Lokale norske kilder

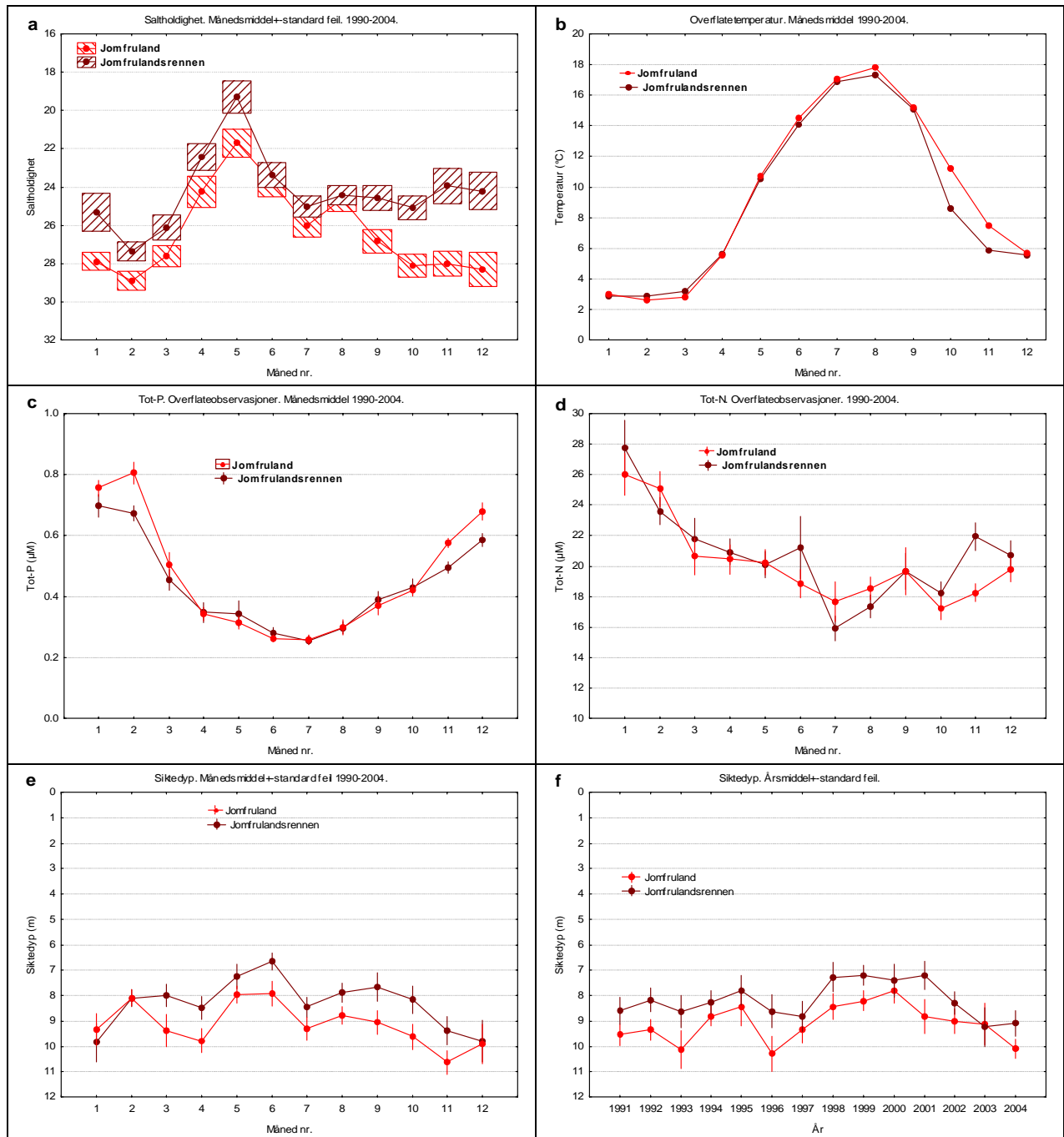
Lokale tilførsler fra norske elver bidrar klart til næringsalter og partiklemengden i kyst- og skjærgårdsvann, men i varierende grad gjennom året og mellom år, sammenliknet med langtransporterte tilførsler. Betydningen av lokale tilførsler belyses nedenfor ut fra målinger i kyststrømmen utenfor Jomfruland (stasjon Jomfruland) og i Jomfrulandsrenna (stasjon Jomfrulandsrenna) innenfor Jomfruland i ytre del av Kragerøs skjærgård, samt vannføringsdata fra vår største elv Glomma.

### 9.3.1 Målinger i kyststrømmen og i skjærgården ved Jomfruland

Stasjon Jomfrulandsrennen er til dels påvirket av vann fra Kyststrømmen og til dels vann fra Frierfjorden som ved enkelte vær-situasjoner presses forbi målestasjonen på innsiden av Jomfruland (Figur 9.13). Derfor er overflatesaltholdigheten gjennomgående noe lavere enn på st. Jomfruland, men temperaturforskjellene er marginale (Figur 9.14 a og b). Tot-P konsentrasjonen følger samme årsrytme i Jomfrulandsrennen som ved Jomfruland-stasjonen, men overflatekonsentrasjonen er lavere vinterstid, og litt høyere i mai/juni når den lokale ferskvannstilførselen normalt når sitt maksimum (Figur 9.14 c). Derimot er det ikke noen systematisk forskjell i tot-N konsentrasjonen (Figur 9.14 d). Siktedypet er ca. 1 meter mindre i Jomfrulandsrennen enn ved Jomfruland, både gjennom perioden 1991-2004 og gjennom året, unntatt vintermånedene (Figur 9.14 e og f). Det er påfallende hvor nøye siktedypet i Jomfrulandsrennen følger årsrytmen ved Jomfruland unntatt i desember til februar da stasjonen er meget like. En konklusjon fra dette er at vinterstid skiller forholdene i kyststrømmen seg ikke nevneverdig fra skjærgården og at det er de generelle forholdene i Skagerrak som setter sitt preg på skjærgårdsmiljøet vinterstid. Sommerstid spiller lokale forhold større rolle. Dette stemmer bra med de beregninger og konklusjoner som ble trukket for den innflytelse av langtransporterte vannmasser og deres næringsaltstransport, har på den norske Skagerrakkysten. Etersom siktedypet influeres både av planteplanktonoppblomstringer og andre partikler, er konklusjonen fra dette at skjærgården store deler av året generelt vil være belastet med mer partikler i vannsøylen (dvs. et noe dårligere siktedyp).



Figur 9.13. Stasjonen ved Jomfruland og Jomfrulandsrennen.



Figur 9.14. Overflateobservasjoner av saltholdighet (a), temperatur (b), tot-N (c), tot-P (d) og siktedyp (e og f) ved Jomfruland og Jomfrulandsrennen. Observasjoner fra 1990-2004.

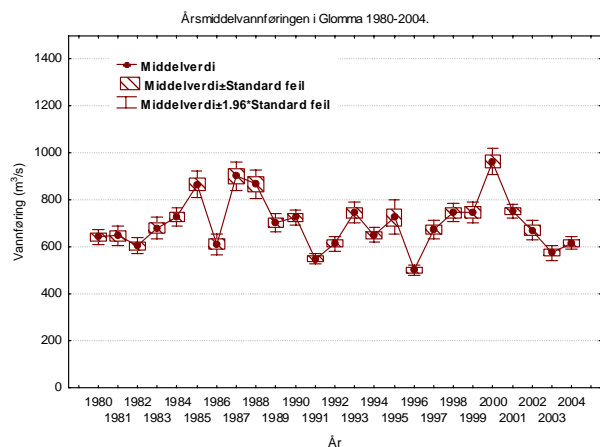
### 9.3.2 Spesielle tilførsler via elver i perioden

Vinterstid er det klart at det er de langtransporterte næringssaltene og våroppblomstringen i Skagerrak som også vil bestemme forholdene langs den norske Skagerrakkysten. Skal tilførsler fra Norge ha noen innvirkning må dette knyttes til når de norske elvene har noen innflytelse på forholdene langs kysten dvs. i flomperioder. Figur 9.15 viser at året 2000 peker seg ut med uvanlig mye vann i Glomma, mens den store vårfloppen i 1995 (Figur 9.16), som førte til spredning av partikkelrikt vann bl.a til sørlandskysten, ikke fremstår som et spesielt vannrikt år (Figur 9.15). I år 2000 var det meget stor nedbør fra oktober til desember som forårsaket en klart større vannføring i Glomma enn normalt ( $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ , Figur 9.17). Midlere siktedyp i Jomfrulandsrennen ble betydelig dårligere i den perioden (Figur 9.18). Tilsvarende ble målt på hovedstasjonen Jomfruland, men ikke ved Arendal St. 2 eller Lista.

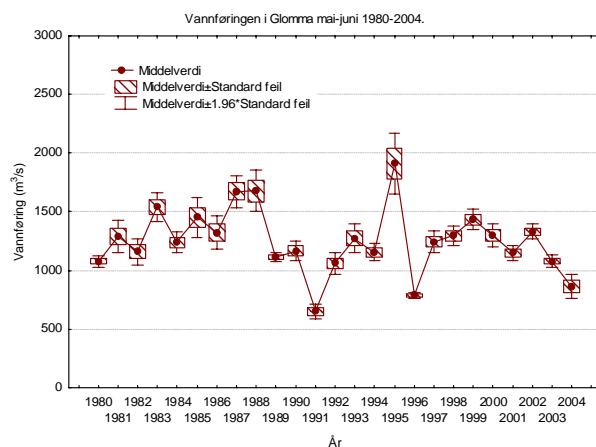
Overflatesaltholdigheten var ikke spesielt lav høsten 2000 (Figur 9.19), men observasjoner av gulstoff på stasjon Jomfruland, viste at vannet var sterkt påvirket av humus fra ferskvann (Figur 9.20). Lokalt kan innflytelsen ha vært betraktelig større, da det ble observert overflatesaltholdigheter ned mot 10 (mot normalt 30 eller mer for årstiden) i indre Oslofjord desember 2000 og vannet var synlig brunt (humus) (Magnusson m.fl., 2001). Om reduksjon i sukkertarevegetasjonen skulle være forårsaket av partikkelnedslamming fra lokale kilder, hadde miljøforholdene høsten 2000 stor betydning.

Andre karakteristika for vannmassene i overflatelaget er vist i Figur 9.21 - Figur 9.26 (basert på observasjoner fra Arendal St. 2 som har flere observasjoner i perioden enn ved Jomfruland). Overflatelaget hadde høsten 2000 høyere konsentrasjoner av nitrat og silikat enn gjennomsnittet for hele perioden. Men det var ikke høyere konsentrasjoner av POC høsten 2000 og POC/PON-forholdet var som "normalt" for perioden. Forholdstallet var også relativt nær det som er normalt for marint materiale. Lavere siktedyp og høyere konsentrasjonene av partikulært materiale (TSM) synes derfor mest å være uorganiske partikler og løst organisk stoff (for eksempel humus) fra lokale elvetilførsler og avrenning fra land.

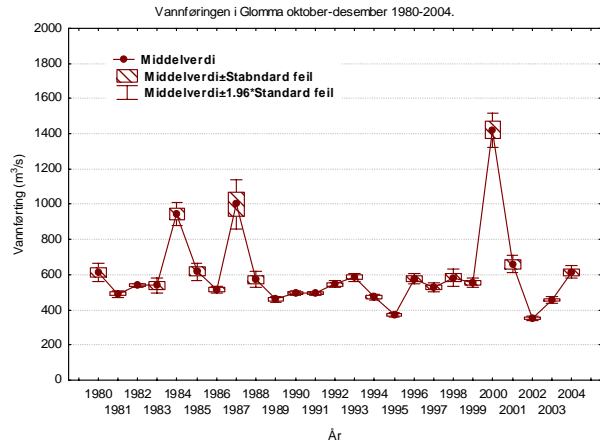
Disse observasjonene sannsynliggjør at lokale tilførsler har en betydning for lokalmiljøet gjennom episoder, som høsten 2000, hvor ekstraordinære tilførsler av uorganiske partikler ble tilført kystmiljøet og følgelig kan ha gitt dårligere miljøforhold på hardbunn og medvirket til reduksjon i sukkertarevegetasjonen.



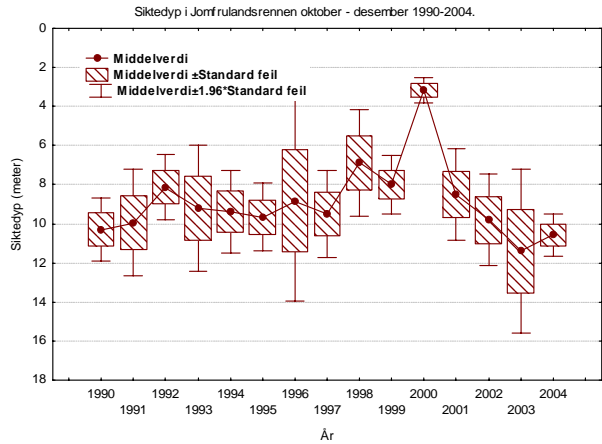
Figur 9.15. Vannføringen i Glomma. Årsmiddel 1980-2004.



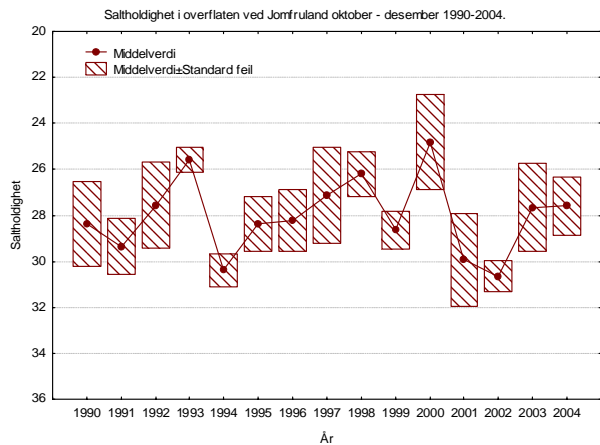
Figur 9.16. Flomvannføring i Glomma (mai-juni) 1980-2004.



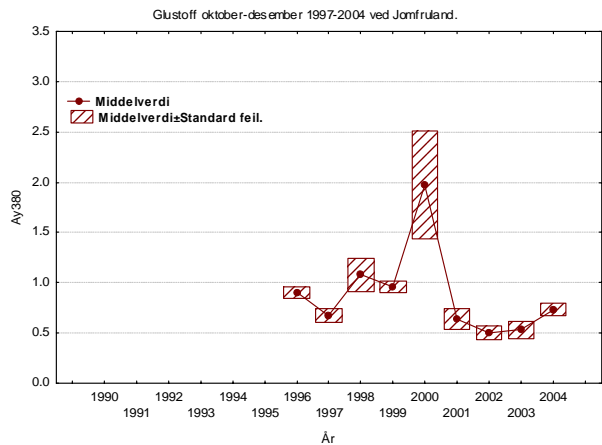
Figur 9.17. Vannføringen i Glomma oktober – desember 1980-2004.



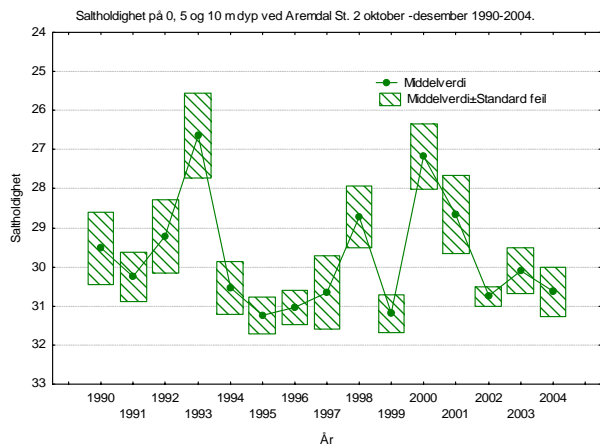
Figur 9.18. Midlere siktedyp i Jomfrulandsrennen oktober – desember 1990-2004.



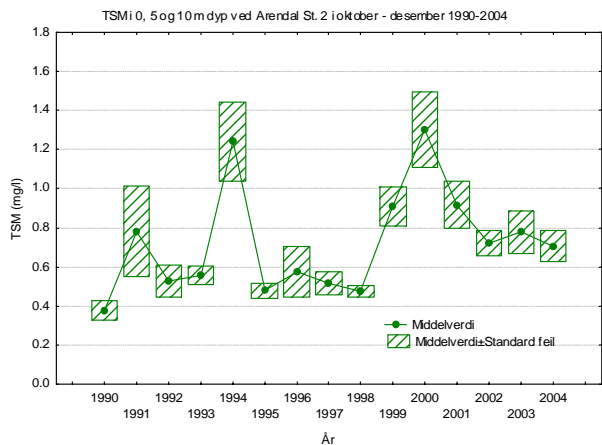
Figur 9.19. Saltholdigheten i overflaten ved Jomfruland i oktober – desember 1990-2004.



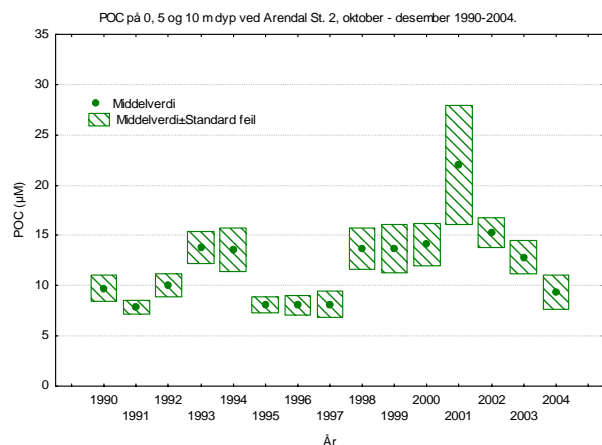
Figur 9.20. Gulstoff (ay380) i overflaten ved Jomfruland 1996-2004.



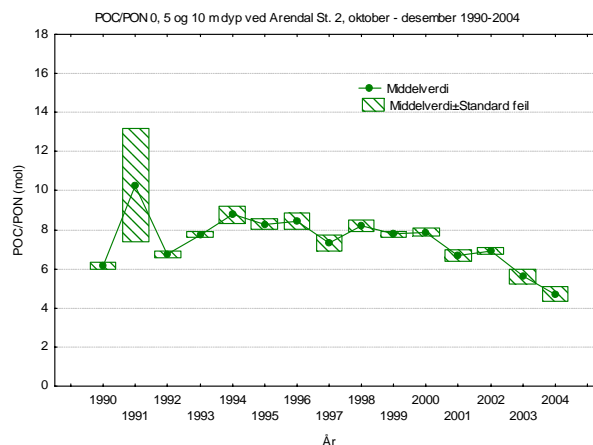
Figur 9.21. Saltholdighet i 0-10 meters dyp ved Arendal St. 2, oktober til desember 1990 – Arendal St. 2 på 0, 5 og 10 meters dyp i 2004.



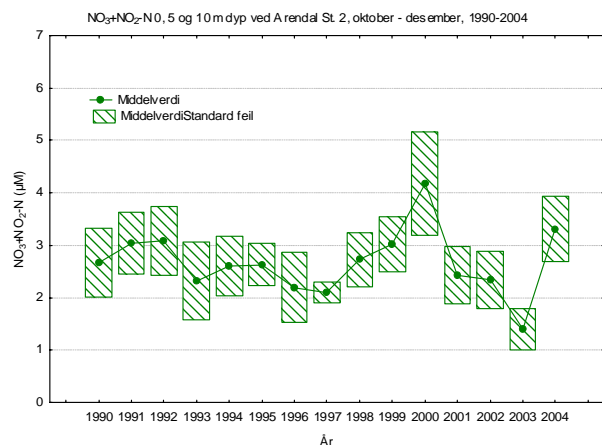
Figur 9.22. Partikulært material (TSM) ved Arendal St. 2 på 0, 5 og 10 meters dyp i oktober-desember 1990-2002.



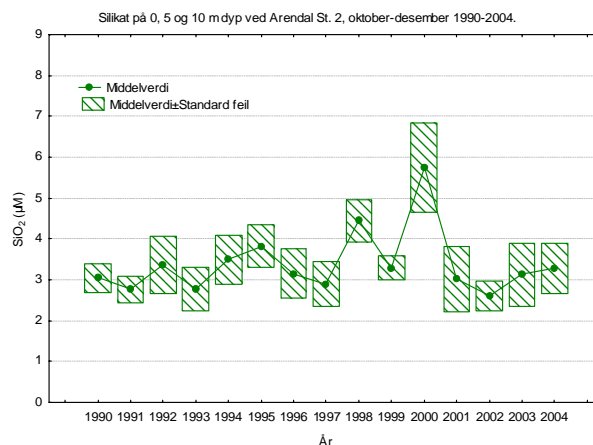
Figur 9.23. POC ved Arendal St. 2 på 0, 5 og 10 meters dyp i oktober-desember 1990-2002.



Figur 9.24. POC/PON ved Arendal St. 2 på 0, 5 og 10 meters dyp i oktober-desember 1990-2002.



Figur 9.25. Nitrat+nitritt 0-10 m dyp ved Arendal St. 2 oktober-desember 1990-2004.



Figur 9.26. Silikatkonsentrasjonen i 0-10 meters dyp ved Arendal St. 2 oktober-desember 1990-2004.

## 9.4 Marint eller terrestrisk opphav til partikulært materiale

Observasjonene fra kystovervåkingsprogrammet viser en økning av partikkelkonsentrasjonen (TSM) og i konsentrasjonen av organisk stoff (POC) over hele overvåkingsperioden. Partiklene (TSM) i kystvannet utgjøres i hovedsak av uorganiske partikler og planteplankton (organiske partikler). Tilførselen av uorganiske partikler skjer via elver (erosjon) og utslipp, samt ved resuspensjon av sedimentert materiale fra havbunnen. Totalt suspendert materiale (TSM) gir mengden partikler (uorganiske og organiske) som er mindre enn 180 µm (vannet filtreres gjennom en 180 µm "zooplanktonduk") og som ikke passerer gjennom ett Nucleoporefilter på 0,4 µm. Partikulært organisk bundet karbon (POC) blir analysert på Whatman GF/F glassfiberfilter som i praksis har omtrent samme poreåpning som Nucleoporefilter (TSM-filtrene).

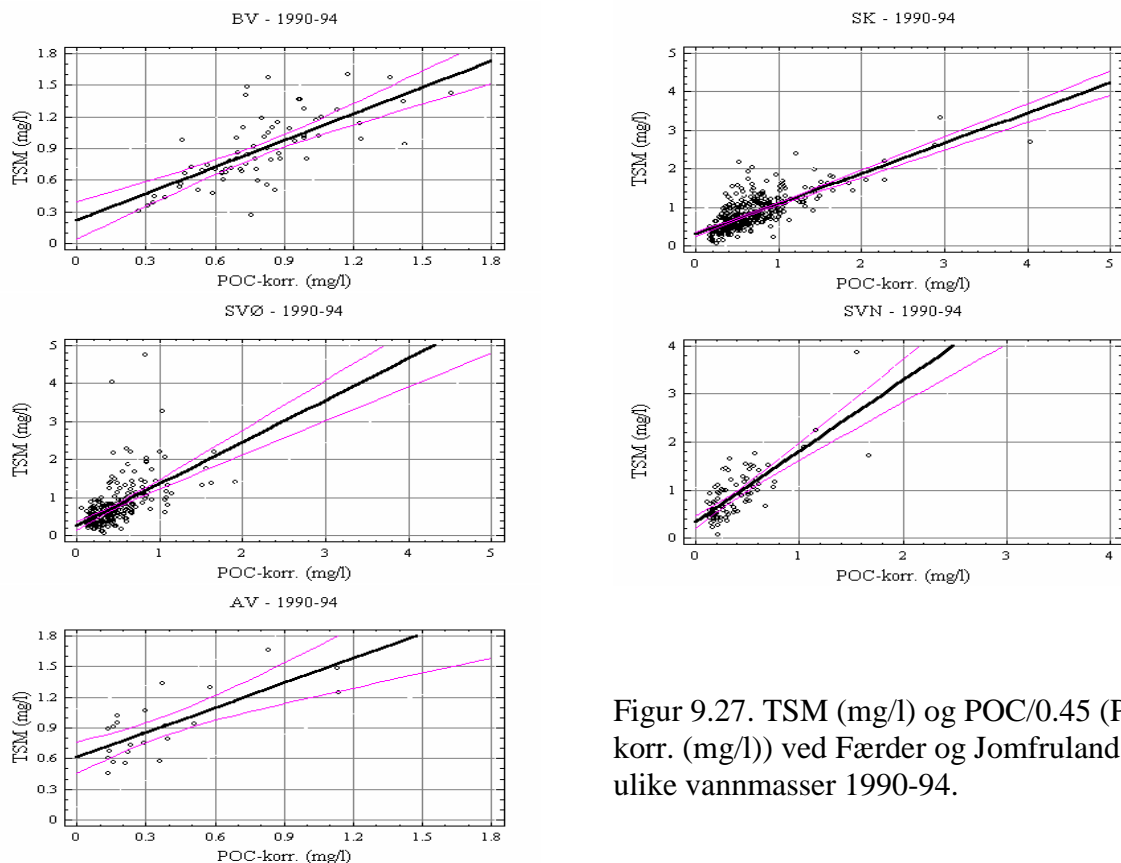
C/N-forholdet i marint planteplankton er lavt ca. 7 (på atomvekt), mens forholdstallet i terrestrisk organisk materiale er det over 20 (Pocklington, 1976). Ved å sammenligne TSM og

POC samt forholdet POC/PON, er det mulig å skille mellom uorganiske partikler, organiske partikler, samt om de organiske partiklene er fra marin produksjon.

En direkte sammenlikning mellom totalt suspendert materiale og POC skulle gi en indikasjon på den prosentuelle mengden partikler som tilføres kystvannet fra land i relasjon til de som er dannet i kystvannet. POC utgjør ca. 45 % av tørrvekten for plankton og bakterier (Båmsstedt, 1986, Duarte, 1992, Fagrebakke, m.fl., 1995) og korrigeres POC med denne faktoren skulle andelen terrestrisk materiale kunne beregnes. Imidlertid vil en slik korreksjon underestimere den marint produserte partikkelmengden i de tilfeller hvor planteplanktonet i hovedsak utgjøres av f.eks. diatomeer med et kiselskall som gir høyere vekt i forhold til karboninnhold.

En lineær regresjonsanalyse mellom TSM og POC/0,45 (45% andel) i de ulike vannmassene brakkvann (BV), Skagerrak kystvann (SK), Skagarrakvann øvre (SVØ) og nedre (SVN) og Atlantisk vann (AV), i den rekkefølgen vannmassene ligger oppå hverandre i kyststrømmen, er vist i Figur 9.27. De vannmasser som er mest interessante i forhold til endringer på hardbunn, er de øvre vannmassene: BV, SK og deler av SVØ. Samtlige helningskoeffisienter var signifikante (t-test, 95 % nivå), men korrelasjonen varierer, med klart dårligste korrelasjon for vannmassen SVØ (Tabell 2). Den prosentuelle andelen av marine partikler er beregnet ut fra regresjonslinjen og gitt som medianverdi og nedre og øvre kvartil for hver vannmasse i Tabell 2.

En prosentuell fordeling mellom "marine" partikler og uorganiske partikler gir avtakende andel marine partikler med økende dyp på vannet (Tabell 2). I brakkvann (BV) var vanligvis ca. 70-80 % av partiklene målt som TSM marint produsert (plankton), mens i Skagerrak kystvann (SK) og Skagerrakvann øvre (SVØ) var vanligvis mellom 50-70 % av partiklene av marint opphav. I de øvrige vannmasser var andelen marint dannede partikler lavere. En



Figur 9.27. TSM (mg/l) og POC/0.45 (POC-korr. (mg/l)) ved Færder og Jomfruland i ulike vannmasser 1990-94.



Tabell 2. Resultater av regresjonsanalyse av TSM og POC/0.45 i ulike vannmasser fra Færder (1990- 92) og Jomfruland (1990-94). Forholdet (%) mellom POC/0.45 og TSM er beregnet for medianverdi av POC/0.45 for de ulike vannmassene, samt nedre og øvre kvartil.

Vannmasse	Korrelasjonskoeff	Intercept	Helningskoeffisient	POC/TSM*100 nedre kv.-median-øvre kv.
BV	0.70	0.22	0.84	70- 75-78 (%)
SK	0.75	0.31	0.78	50-58-67 (%)
SVØ	0.55	0.25	1.09	52 - 63- 72 (%)
SVN	0.76	0.33	1.47	47 - 57 - 69 (%)
AV	0.74	0.61	0.81	18 - 28 - 35 (%)

forsiktig konklusjon på analysen er at de observerte partikler i de øvre vannmasser domineres av marint produsert materiale. Det skulle bety at de langtransporterte næringsalterene har en dominerende innflytelse på forholdene langs den norske

Skagerrakkysten, ettersom det er vannmasser som Skagerrak kystvann og Skagerrakvann øvre, som klart dominerer i overflatelaget, mens lokalt produsert brakkvann, med lav saltholdighet, bare forekommer i begrensede perioder av året.

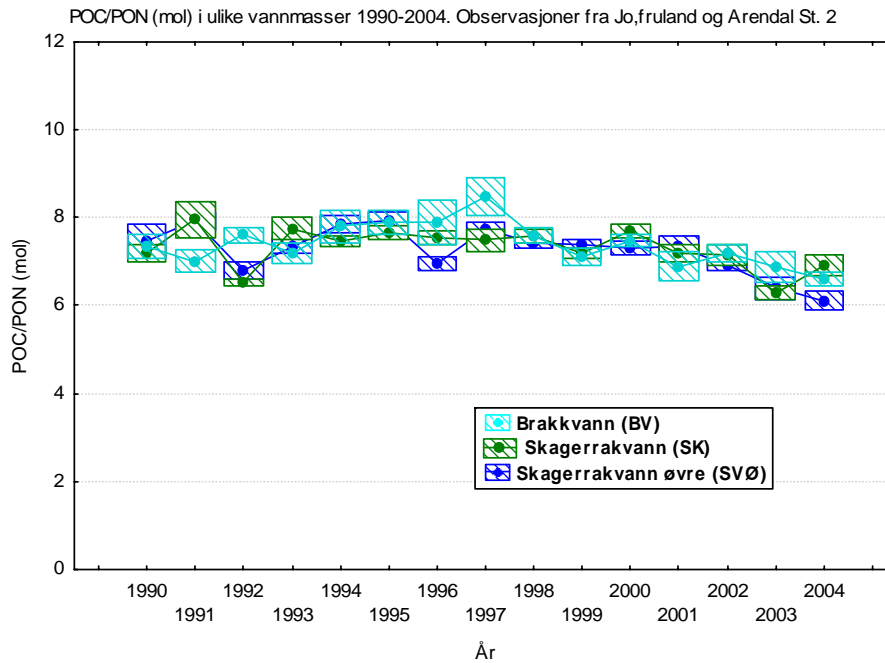
Det var betydelige variasjoner i korrelasjonen mellom TSM og planteplankton-POC i de ulike vannmassene pr. sesong over året (Tabell 3). For de øvre vannmasser (**BV** og **SK**) var korrelasjonen dårligere i vintersesongen, mens de andre vannmassene (**SVØ** og **SVN**) viste dårligere korrelasjon om høsten. **BV** viste høy korrelasjon under våroppblomstring vår og høst, men **SK** hadde høy korrelasjon sommer og høst.

Det er liten forskjell i forholdstallet POC/PON mellom år og de øvre vannmasser i undersøkelsesperioden 1990-2004 (Figur 9.28), slik at beregningene ovenfor (basert på perioden 1990-1994) også vil være gyldige for hele perioden 1990-2004.

POC/PON-forholdet i overflatelaget er relativt nær det som er vanlig i marint materiale og indikerer at innflytelsen av terrestrisk organisk materiale er beskjedent på den norske Skagerrakkysten. Økningen i partikkelkonsentrasjonen (TSM) gjennom observasjonsperioden kan i stor grad forklares med økt tilførsel av næringsalter, som har gitt økt marin produksjon. Den dominerende kilden er også sannsynligvis langtransporterte tilførsler fra andre havområder.

Tabell 3. Korrelasjonskoeffisient (r) for regresjonsanalyse av TSM og POC/0.45 i ulike vannmasser pr. sesong. (Vinter = desember-februar) etc. AV er ikke tatt med som følge av få observasjoner.

Vannmasse	Vinter	Vår	Sommer	Høst
BV	-	0.72	0.59	0.78
SK	0.39	0.79	<b>0.86</b>	<b>0.82</b>
SVØ	0.74	0.71	<b>0.81</b>	0.47
SVN	<b>0.94</b>	<b>0.86</b>	0.71	0.39



Figur 9.28. POC/PON (mol) Årsmiddel±standard feil i Brakkvann (BV), Skagerrakkvann (SK) og Skagerrakkvann øvre (SVØ) ved Jøfruland og Arendal St. 2 1990-2004.

## 9.5 Effekter av økte organiske tilførsler

Økte tilførsler av organisk materiale gir foruten mulige negative effekter på hardbunnsamfunn som observert endring i artssammensetning og effekter på bløtbunnsamfunn ved økt næringstilgang, også endringer på miljøforholdene i vannsøylen, spesielt målbart på oksygeninnholdet.

### 9.5.1 Oksygen

Vannet i kyststrømmen har en relativt kort oppholdstid. Det er derfor ikke å forvente store effekter i denne vannmassen unntatt økt risiko for oppblomstring av skadelige alger ved en endring av N/P-forholdet. Økt planteplanktonproduksjon og medfølgende belastning på oksygenforholdene i dypere vannmasser, vil normal ikke føre til kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i kyststrømmen, noe som også observasjonene fra Kystovervåkingsprogrammet viser.

Selv om oksygenforholdene fortsatt gode, klassifisert etter SFT's kriterier for miljøtilstand, er det en nedadgående tendens i oksygenmetningen i de dypere vannmasser målt utenfor Arendal (Figur 9.29). Figuren viser også at både maksimum- og minimum-verdiene har samme tendens, dvs. avtar gjennom perioden.

Andre analyser har tidligere påvist avtakende oksygenkonsentrasjon i norske fjorder langs Skagerrakkysten og i kystvannet (Johannessen og Dahl, 1996) samt i Skagerrak (Andersson 1996), og målingene fra Kystovervåkingsprogrammet synes å bekrefte en fortsettelse av denne negative trenden.

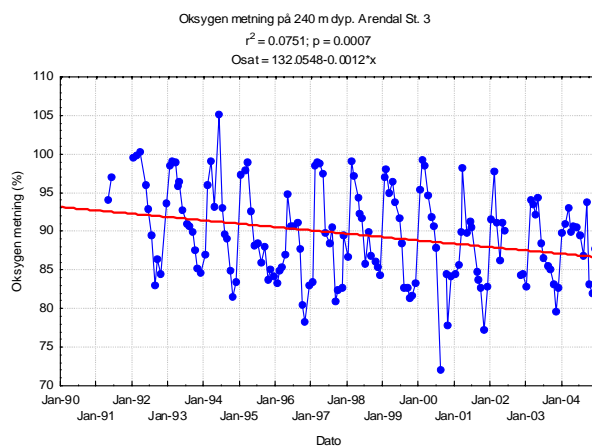
Om vi foreløpig ikke kan se direkte negative effekter i kyststrømmen eller i Skagerrak, unntatt en mulig årsak til oppblomstring av skadelige alger, vil forholdene være helt annerledes når disse vannmassene strømmer inn i de indre kystfarvann og fjorder langs Skagerrakkysten. Her er oppholdstiden betydelig større og en innstrømming av vann med dårligere kvalitet kan forventes å gi større effekter.

En effekt er økt organisk belastning på dypere vann og på bunnen. Langtidsovervåking av Risørfjorden (Havforskningsinstituttets forskningsstasjon ved Flødevigen, HFF) viser at oksygenforbruket og den organiske belastning i Risørbassenget har økt betydelig etter ca 1980 (Figur 9.30). HFF har over lang tid foretatt regelmessige oksygenobservasjoner av Risørfjorden og bruker den som en referanse for overvåking av organiske belastning på fjordbasseng langs Skagerrakkysten.

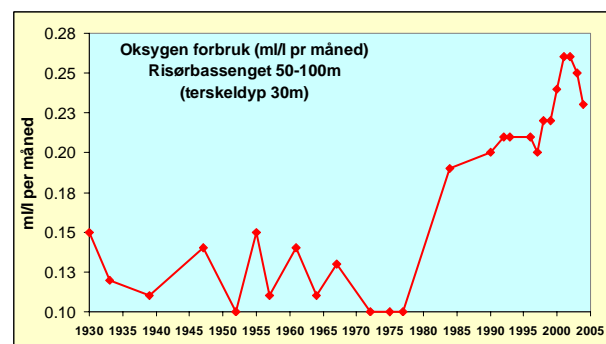
Det midlere oksygenforbruket i Risørbassenget i perioden 1984-99 var om lag 70% større enn i perioden 1930-77. Etter 2000 har oksygenforbruket økt betraktelig til ca det dobbelte av perioden 1930-77, trolig som følge av økt organisk belastning. Det økte oksygenforbruket de siste 15 år har ført til dårligere oksygenforhold i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten.

De stadig lavere oksygenverdiene i fjordbassengene, er forårsaket av økte tilførsler av menneskeskapt næringssalter og organisk materiale fra lokale kilder, fra Skagerrak, Kattegat/Østersjøen og sørlige Nordsjøen. En tendens til lengre stagnasjonsperioder for fjordbassengene, som mulig henger sammen med endrede klima-forhold, kan også ha bidratt til å forverre oksygenforholdene i fjordbassengene.

Nedadgående oksygenkvalitet målt i fjordbasseng er en sterk indikasjon på generelt økt organisk belastning på kystsonen, spesielt de siste 5 år. Denne belastningen har også klar innvirkning på hardbunns- og bløtbunnsfunn, men responsen på samfunnsnivå er langt mer vanskelig å se og å tolke. Sukkertareutdøing fra stor kystområder er en klar endring i det biologiske mangfoldet og klar respons på dårligere miljøforhold, men årsaken til dette kan ikke måles ved en enkelt parameter alene.



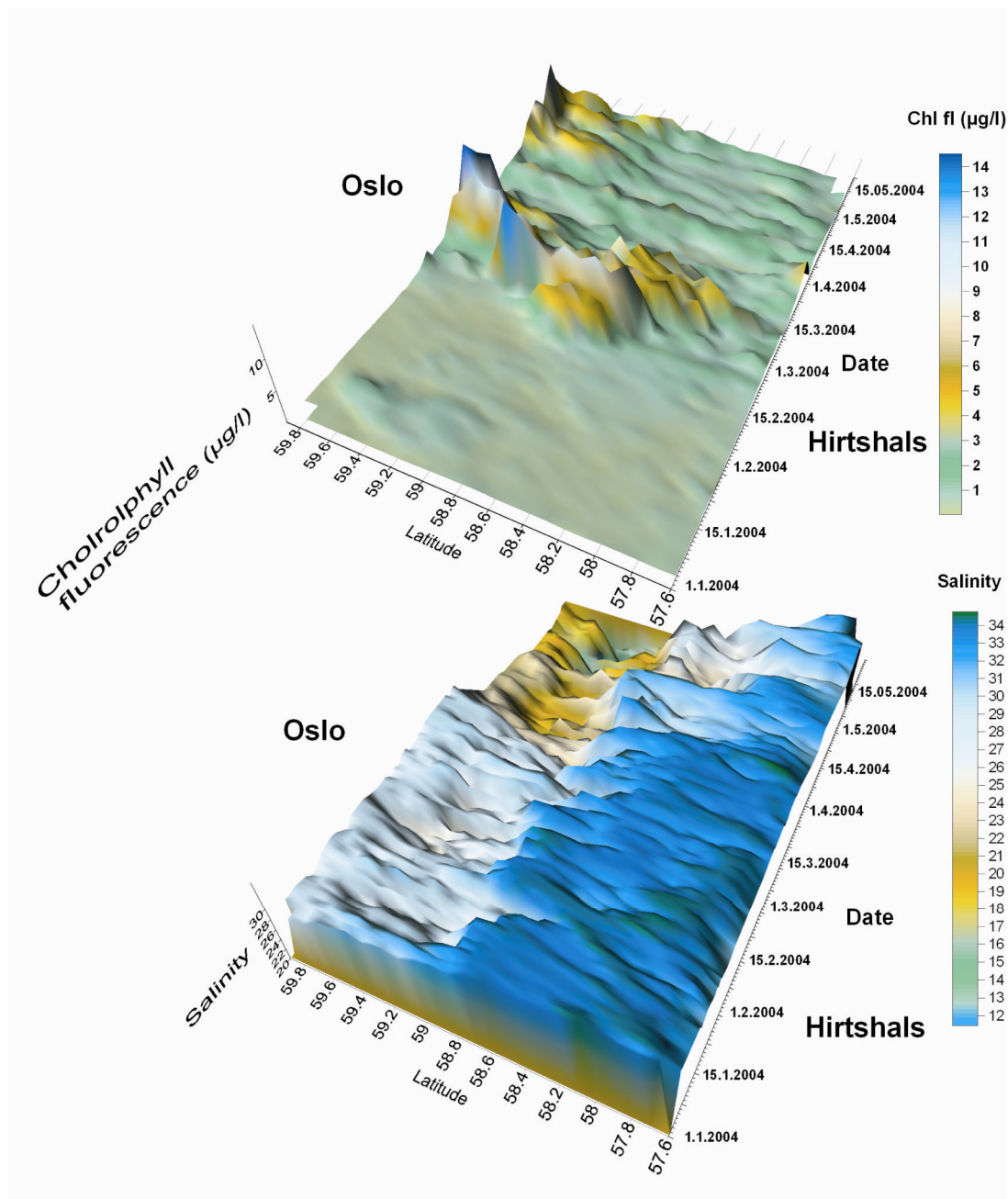
Figur 9.29. Oksygen metning (%) ved Arendal St. 3 på 240 m dyp 1991-2004.



Figur 9.30. Oksygenforbruket i Risørbassenget mellom 1930 og 2004.

## 9.6 Ny overvåkingsmetodikk av vannkvalitet: Overflatemålinger fra Skagerrak mellom Oslo og Hirtshals.

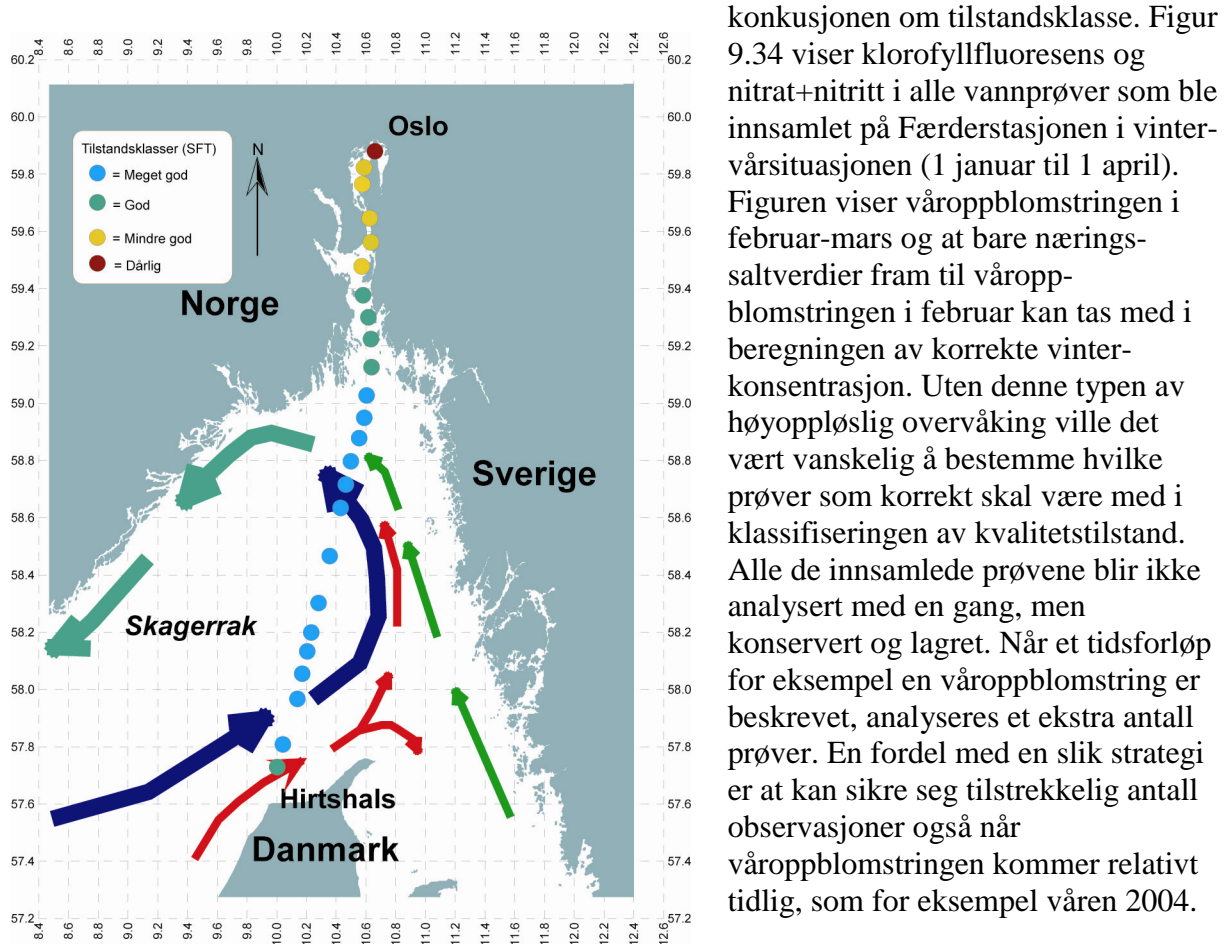
I 2004 ble det automatiske overvåkingsystemet på Color Lines ferger ("Color Festival") mellom Oslo og Hirtshals tatt i bruk i kystovervåkingsprogrammet. Fra "Color Festival" observeres temperatur og saltholdighet, klorofyllfluorescense og turbiditet med automatiske sensorer hvert minutt under hele fartøyets gang over Skagerrak. Observasjonene fra sensorene overføres kontinuerlig via satellitt på Internett og situasjonen i Skagerrak kan derfor følges daglig og settes sammen til et mer helhetlig bilde. Et eksempel er vist i Figur 9.31.



Figur 9.31. Klorofyllfluorescense ( $\mu\text{g/l}$ ) og saltholdighet i overflatevann (3.5 m dyp) i perioden januar til mai 2004, observert med et automatisk overvåkingsystem montert om bord på "Color Festival".

For en beskrivelse av systemet henvises til Magnusson, 2004. I grove trekk blir vann tatt fra ca. 3.5 meters dyp og strømmer kontinuerlig gjennom systemet unntatt når fartøyet ligger ved kai. Prøver til analyser av næringsalter tas fra 24 stasjoner med 1 liters vannhenter montert i et kjøleskap. Vannhenterne utløses på faste posisjoner (way-points). Hensikten med dette var å få kostnadseffektive observasjoner av overflatevannet i Skagerrak og ytre Oslofjord for å kunne vurdere næringsaltskonsentrasjonen opp mot SFT's klassifiseringssystem (vinterverdier), samt forberede de krav som vil komme i EU's vannrammedirektiv. Ettersom det bare foreligger et års observasjoner fra "Color Festival" vil det nedenfor bli gitt en presentasjon av noen av resultatene fra 2004.

Figur 9.32 og Figur 9.33 viser klassifiseringen etter SFT's klassifiseringssystem vinteren 2004 for nitrat og fosfat. Vinterobservasjoner er meget vel egnet for overvåking av antropogene tilførsler da konsentrasjonsnivået i liten grad påvirkes av planteplanktonproduksjonen. Følgelig er det også viktig at det bare tas prøver før våroppblomstringen inntreffer. Figur 9.33 viser at observasjonsfrekvensen har innflytelse på graden av nøyaktighet av tilstandsklassifisering. I figuren er 6 utvalgte stasjoner prøvetatt 18 ganger i vinterperioden sammenliknet med stasjoner prøvetatt 6 ganger. 6 observasjoner er relativt hyppig i en vintersesong, men viser likevel at noe flere observasjoner kan forandre



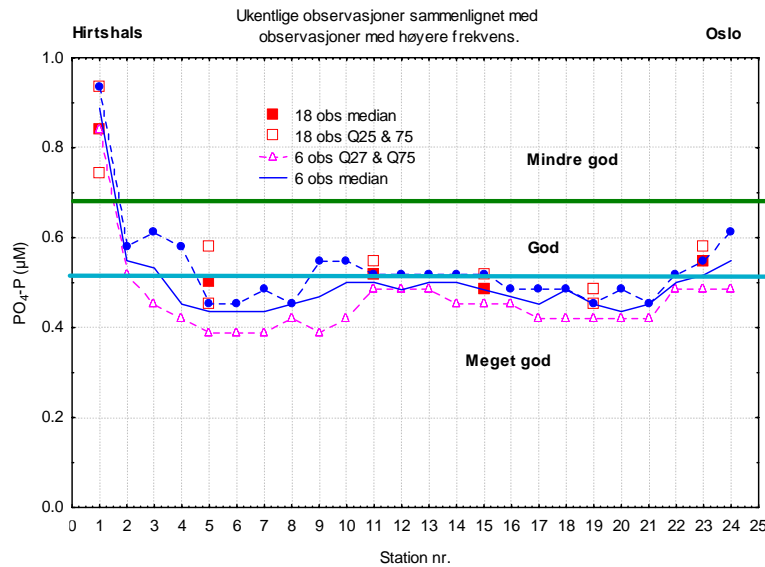
Figur 9.32. Overflateobservasjoner av nitrat desember – februar. Antall observasjoner fra samtlige stasjoner er 6 st, mens enkelte stasjoner bygger på 18 observasjoner.

konklusjonen om tilstandsklasse. Figur 9.34 viser klorofyllfluoresens og nitrat+nitritt i alle vannprøver som ble innsamlet på Færderstasjonen i vinter-vårsituasjonen (1 januar til 1 april). Figuren viser våroppblomstringen i februar-mars og at bare nærings-saltverdier fram til våroppblomstringen i februar kan tas med i beregningen av korrekte vinter-konsentrasjon. Uten denne typen av høyoppløslig overvåking ville det vært vanskelig å bestemme hvilke prøver som korrekt skal være med i klassifiseringen av kvalitetstilstand. Alle de innsamlede prøvene blir ikke analysert med en gang, men konserveret og lagret. Når et tidsforløp for eksempel en våroppblomstring er beskrevet, analyseres et ekstra antall prøver. En fordel med en slik strategi er at kan sikre seg tilstrekkelig antall observasjoner også når våroppblomstringen kommer relativt tidlig, som for eksempel våren 2004.

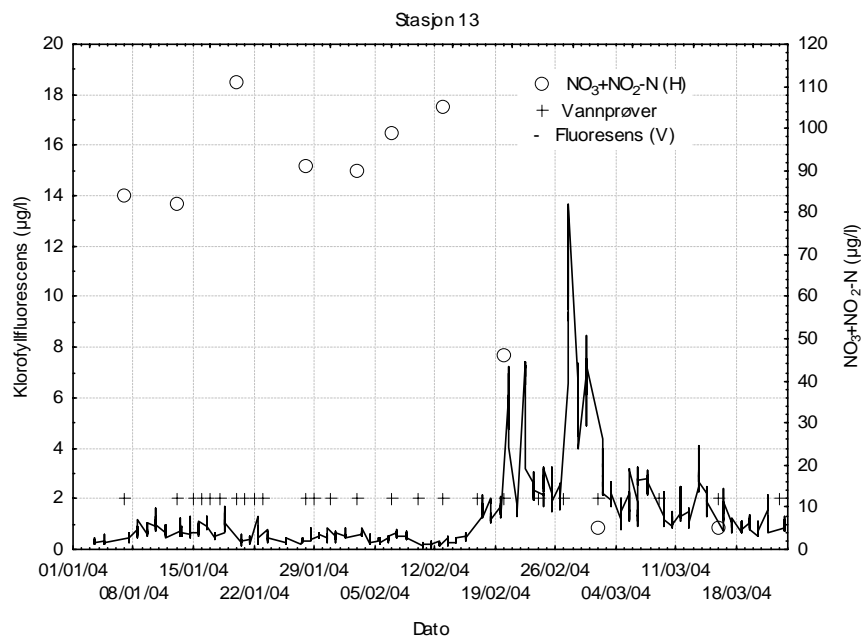
Figur 9.31 som viser klorofyllfluorescensen og saltholdigheten mellom Oslo og Hirtshals fra januar til og med mai 2004, kan en se at saltholdigheten faller brått fra over 30 i sentrale Skagerrak til under 30 i ytre

Oslofjord ved Færder (59°N). Våroppblomstringen fanges også først opp i sentrale Skagerrak og blir raskt høyere i Oslofjorden enn i Skagerrak.

Hovedkonklusjonen fra vinteren 2004 var at tilstanden i Skagerrak var 'meget god' bedømt ut fra fosfat og nitrat. For nitrat var kysten utenfor Hirtshals en klasse dårligere, mens fosfatkonsentrasjonen havnet i tilstandsklasse 'mindre god'. Imidlertid er stasjonsområdet utenfor Hirtshals meget grunt med hyppig oppvirling av partikler fra bunn, slik at fosfatverdiene er sterkt påvirket av bunnerosjon. I ytre Oslofjord var tilstanden vinteren 2004 'god' inn til Breiangen, mens midtre og indre Oslofjord var 'mindre god'. Eneste stasjonen og område med tilstanden 'dårlig' var Lysakerfjorden i indre Oslofjord.



Figur 9.33. Fosfat i Skagerraks overflatelag før våroppblomstringen i slutten av februar 2004. Grenser for SFT's miljøklassifisering er lagt inn.



Figur 9.34. Klorofyllfluorescens (µg/l) syd Færder i ytre Oslofjord januar til mai 2004 samt konsentrasjonen av nitrat+nitritt fra utvalgte vannprøver. Tidspunkter for alle vannprøveuttak er markert med kryss.

## 10. Referanser

- Andersson, L. 1996. Trends in nutrient and oxygen concentrations in the Skagerrak-Kattegat. *Journal of Sea Research* 35 (1-3): 63-71
- Aure J, Danielssen D, Svendsen E. 1998. The origin of Skagerrak coastal water off Arendal in relation to variations in nutrient concentrations. *ICES Journal of Marine Science* 55: 610-619.
- Aure, J og Johannessen, T. 1997. Næringssalter og klorofyll-*a* fra Skagerrak til Vestlandet. *Fisken og Havet* 2, 1997.
- Birkett, D.A., Maggs, C.A., Dring, M.J. & Boaden, P.J.S., 1998. Infralittoral reef biotopes with kelp species: an overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Natura 2000 report prepared by Scottish Association of Marine Science (SAMS) for the UK Marine SACs Project.
- Blasco, D., Berard-Therriault, L., Levasseur, M., Vrieling, E.G. 1996. Temporal and spatial distribution of the ichthyotoxic dinoflagellate *Gyrodinium aureolum* Hulbert in the St. Lawrence, Canada. *J. Plankton Res.* 18, 1917-1930.
- Christie, H. 1995. Kartlegging av faunaen knyttet til tareskogen i Froan; variasjon i en eksponerings-gradient. NINA Oppdragsmelding 368: 1-22
- Holtan, G. m.fl., 1992-2000. Annual reports on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters. Paris Convention. Data reports.
- Iversen, P.E., 1981. Benthosalgevegetasjonen i Sandefjordsfjorden og Mefjorden, Søndre Vestfold. Hovedfagsoppgave i marin botanikk. Universitetet i Oslo.
- Johannessen T, Dahl E. 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limnology and Oceanography* 41 (4)
- Johansson, G., Eriksson, B.K., Pedersén, M. & Snoeijs, P. 1998. Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. *Hydrobiologia* 385, 121-138.
- Le Corre, P., Helguen, S., Wafar, M. 1993. Nitrogen source for uptake by *Gyrodinium cf. aureolum* in a tidal front. *Limnol. Oceanogr.* 38, 446-451.
- Newell R.C., Field J.G. & C.L. Griffiths. 1982. Energy balance and significance of micro-organisms in a kelp bed community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 103-113.
- North Sea Task Force, 1993. North Sea quality status report 1993. Oslo & Paris Commissions, London,. Olsen & Olsen, Fredesborg, Danmark: 1-132.
- Orfanidis S, Panayotidis P, Stamatis N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science* 2/2:45-65.
- Ostenfeld, C.H. 1908. On the immigration of *Biddulphia sinensis* Grev. and its occurrence in the North Sea during 1903-1907. *Meddelelser Fra Kommissionen for Havundersøgelser. Serie: Plankton, København*, 1, 1-44.
- Rygg B, 1995. Indikatorer for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA-rapport 3347-1995. 68 s.
- SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Forfattere: Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. SFT-veiledning nr. 97:03, TA 1467/97. 36 s.
- Wallentinus, I. 1979. Environmental influences on benthic macrovegetation in the Trosa-Asko area, northern Baltic proper. 2. The ecology of macroalgae and submersed phanerogams. In: Kusakin, O.G. (ed.) *Contrib. Askö Lab. no. 25, Univ. Stockholm*, 210 p.,
- Weideborg, m.fl., 2001-2004. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian Coastal Waters. Paris Convention. Data report.
- Ærtebjerg G. et al. 2003. Nutrients and eutrophication in Danish Marine Waters. A challenge for science and management. DMU-report.



**Statlig program for forurensningsovervåking**  
*Kystovervåkingsprogrammet*



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

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning - NIVA	ISBN-nummer 82-577-4727-0
---	------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer 2099/2005
--	-----------------------------------	------------------------

	År 2005	Sidetall 93	SFTs kontraktnummer 6005030
--	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5026	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
---	--

Forfattere  
Frithjof Moy, Jan Aure (HI), Einar Dahl (HI), Tone Falkenhaus (HI), Norman Green, Torbjørn Johnsen, Evy Lømsland, Jan Magnusson, Lena Omli (HI), Frode Olsgaard, Eivind Oug, Are Pedersen, Brage Rygg, Mats Walday.

Tittel  
Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet.  
Årsrapport for 2004.  
  
Long-term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway.  
Report for 2004.

Sammendrag  
Rapporten beskriver miljøkvaliteten i kystområdene av Sør-Norge i 2004, med spesiell fokus på tilstand og utvikling i næringsstiltforsler, vannkvalitet og det biologiske mangfoldet i plankton-, bløt- og hardbunns-samfunn i Skagerrak. *Klimaet* var preget av mild vinter og varm sensommer. Langtransporterte *tilførsler* til Skagerrak var lave. Lav vannføring i norske elver ga lave sommertilførsler. *Vannkvaliteten* var generelt god eller meget god mht. næringsalter, med unntak av noe forhøyet total-fosfor (klasse III) vinterstid. Riktig forholdstall mellom nitrat, fosfat og silikat, likeså nær halvert konsentrasjoner av partikulært materiale, forsterket det gode inntrykket av 2004. Oksygenkonsentrasjonene i dypvannet var meget god, men signifikant økende nitrogen-konsentrasjoner er foruroligende. *Planteplanktonbiomassen* var som året før meget lavt. Giftige alger ble bare funnet over faregrensen i korte perioder. Høsten ga funn av varmekjære planktonarter. Detritus i store mengder ble helt unormalt observert i algeprøvene i 2004. *Dyreplanktonbiomassen* var lav i 2004 og små calanoide copepoder utgjorde 65% av biomassen. *Hardbunnsamfunnet* viste tegn på redusert tilstand ved forringet arts-sammensetning av makroalger og dyr. Det ble ikke observert reetablering av sukkertare i sukkertaredøde områder av skjærgården. Tilstanden i *bløtbunnsamfunnene* var meget god eller god på alle stasjoner. Færre individer av opportunistiske arter tyder på redusert næringstilførsel. TOC-innholdet i sedimentet var bra bortsett fra på kystnære B-stasjon. *Beregninger* viser at marin produksjon synes å være den viktigste årsaken til økt partikkelmengde i Kyststrømmen langs Sørlandet og at langtransporterte tilførsler av næringsalter gir det største bidraget til produksjonen. Norske utslipp gir i tillegg lokalt bidrag til fjorder og skjærgårdsområder.

4 emneord Langtidsovervåking Eutrofiering Norskekysten Biologisk mangfold	4 subject words Long-term monitoring Eutrophication Norwegian Coast Bio-diversity
---	---