



Statlig program for forurensningsovervåking

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge

# KYSTOVERVÅKINGSPROGRAMMET ÅRSRAPPORT FOR 2007

1024

2008



NIVA



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

SPFO-rapport: 1024/2008  
TA-2409/2008  
ISBN 978-82-577-5347-4

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

: **Årsrapport for 2007**

**Rapport  
1024/08**

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007.



Utførende institusjoner:  
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA  
Havforskningsinstituttet HI

Prosjektansvarlig: NIVA  
NIVA-prosjektnr.: O-28050  
NIVA-rapport: 5612-2008

## 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 NIVA og Havforskningsinstituttet i Bergen (HI), samt Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen i Arendal. De biologiske undersøkelsene utføres av NIVA. NIVA har også hovedansvaret for gjennomføring av prosjektet og utarbeidelse av rapportene.

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden i 2007 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

Dyreplankton: Tone Falkenhaus (HI) og Lena Omli (HI)

Bløtbunn: Brage Rygg

Hardbunn: Frithjof Møy, Kjell Magnus Norderhaug

Redaktør for rapporten: Frithjof Møy

Mange mennesker har vært med og gjennomføringen av Kystovervåkingsprogrammet hadde ikke vært mulig uten deres medvirkning. Foruten ovenfor nevnte forfattere har følgende personer vært med og alle takkes for god innsats:

Hydrografi/kjemi/plankton: Einar Dahl (HI), Terje Jåvold (HI) og Kai Sørensen

Hardbunn: Are Pedersen, Norman W. Green, Janne Gitmark, Mats Walday, Hartvig Christie og Lise Tveiten

Bløtbunn: Pirkko Rygg, Jarle Håvardstun, Merete Schøyen, Anders Hobæk, Sigurd Øksnevad, Camilla With Fagerli og Silje Ramsvatn.

Prosjektsekretær: Lise Tveiten

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

Frithjof Møy har vært prosjektansvarlig på NIVA og leder av programmet i 2007.

Lena Omli er prosjektansvarlig på HI og saksbehandler hos SFT er Karen Fjøsne.

Oslo, 9. mai 2008



Frithjof Møy  
Programleder

## Innhold:

<b>Sammendrag .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn for programmet.....	7
1.2 Målsetting.....	7
1.3 Faginnhold og stasjonsnett.....	7
1.4 Metodikk .....	9
<b>2. Klima og vannmassene i Skagerrak .....</b>	<b>10</b>
2.1 NAO, lufttemperatur og nedbør.....	10
2.2 Vannmasser og sjøtemperatur .....	12
<b>3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak.....</b>	<b>16</b>
3.1 Langtransporterte tilførsler .....	16
3.2 Lokale tilførsler.....	18
<b>4. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak.....</b>	<b>22</b>
4.1 Vinterverdier i overflatelaget .....	22
4.2 Sommerverdier i overflatelaget.....	27
4.3 Siktdyp .....	30
4.4 Vannkvalitet i ulike vannmasser .....	32
4.5 Geografiske gradienter i næringsalter .....	37
<b>5. Planktonsamfunn i Skagerrak .....</b>	<b>41</b>
5.1 Planteplankton.....	41
5.2 Dyreplankton.....	48
<b>6. Hardbunnssamfunn .....</b>	<b>54</b>
6.1 Tilstand.....	54
6.2 Utvikling over tid .....	58
<b>7. Bløtbunnssamfunn .....</b>	<b>67</b>
7.1 Bunnfauna .....	67
7.2 Bunnsedimenter .....	78
7.3 Tidstrender .....	79
<b>8. Referanser.....</b>	<b>80</b>

## Sammendrag

Denne årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet, 'Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge' under Statlig program for forurensningsovervåking, beskriver miljøstatus i kystvannet av Sør-Norge i 2007 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).

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 plankton-, hard- og bløtbunnssamfunn og e) dokumentere det biologiske mangfoldet og beskrive endringer i dette.

Klimaet i Skagerrak og deler av Sør-Norge var i 2007 preget av en mild vinter, en kald vår uten normal vårflo, en varm forsommer, men en kjølig juni-juli med mye nedbør og flom i mange elver. Det førte til unormale episoder med lav saltholdighet i kystvannet. Uteblivelse av vårflo og mindre grumsete vann har hatt gunstig betydning for hardbunnssamfunnet som ble undersøkt før sommerflo og satte inn. Endret flomkarakteristikk har også påvirket planktonet i vannmassene dette året. Endringer i bløtbunnssamfunnene skjer langsommere og er mer et resultat av fjoråret og tidligere år. Sensommer og høst var tørr med temperaturer omtrent som normalen (1961-90). Sjøtemperaturen i overflatevannet i Skagerrak lå over normalen (1961-90) i første halvår og var omtrent som normalen resten året. Det ble ikke registrert unormalt høye vanntemperaturer sommeren 2007.

Vannkvaliteten i Skagerrak var i klasse god eller meget god med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på de fleste stasjoner, unntatt ved Færder i ytre Oslofjord hvor det ble registrert forhøyede vinterverdier av nitrat og sommerverdier av klorofyll-a, tilsvarende klasse mindre god. Forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio=16:1 (unntatt på Færder) og positivt var også at forholdet nitrat/silikat og fosfat/silikat var klart under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. Partikkelkonsentrasjonen gikk noe opp i 2007 sammenliknet med 2006, men er godt under de høye verdiene som ble målt i 2002-2003. Vinterverdiene av organiske partikler har gått ned, mens sommerverdiene økte pga. unormal sommerflo. Oksygenforholdene i dypvannet er fortsatt meget gode og målingene kan tyde på at den negative utviklingen, spesielt i perioden 1991-2004, har bremsset opp.

Den negative eutrofiutviklingen i Skagerrak med dobling av nitratkonsentrasjonene i kystvannet på Sørlandet fra perioden 1975-80 til 1990-95, har snudd etter 1999-2002. Tendensen de siste årene har vært lavere næringssaltverdier og reduserte langtransporterte næringssalttilførsler fra sydlige deler av Nordsjøen. I 2007 ble det ikke registrert signaler på nitratrikt vann fra sørlige Nordsjøen og Tyskebukta i kyststrømmen. Årsaken er reduserte næringssaltutslipp til Tyskebukta og sørlige Nordsjøen, samt mindre transport av vann fra sørlige Nordsjøen til vår kyststrøm. Lokale tilførsler av næringssalter og organisk stoff fra norske elver og direkte avrenning fra land, har nå en relativt større betydning. Lokale tilførsler var i 2007 generelt lave i første halvår og unormalt høye i juli-august.

Algeplanktonbiomassen i Skagerrak var lav i 2007 som den har vært de siste 6 årene. Det skyldes mindre algeplankton gjennom sommeren og høsten. Vår oppblomstringen med kiselalger kom i mars og ble etterfulgt av en god *Calanus*-oppblomstring (dyreplankton). Lite

algeplankton om sommeren medførte lav vekst av små copepoder og godt siktedyp med positiv betydning for tilvekst av makroalger på hardbunn. Etter sommerflommen kom en moderat oppblomstring i august av dinoflagellaten *Karenia mikimotoi* (som kan gi fiskedød). Det ble ikke registrert noen blomstring av humantoksiske alger. Kiselalgen *Cerataulina pelagica* ga en normal høstoppblomstring med et maksimum i midten av oktober. Totalt for hele året var biomassen av dyreplankton noe høyere enn året før og på høyde med middelet for undersøkelsesperioden 1994-2006. Økningen skyldes økt forekomst av store copepoder (*Calanus*) og mindre av små copepoder. Det er en positiv utvikling, da store copepoder har bedre fôrverdi for fisk. Positivt er det også at vannprøvene i 2007 var uten sjenerende detritus som de siste årene har ødelagt mye for artsbestemmelse og telling av algeplankton.

Tilstanden i hardbunnssamfunnene langs ytre kyst av Sør-Norge var generelt gode og reflekterer den gode vannkvaliteten i første halvår av 2007. Artsantall og forekomst av makroalger og dyr var generelt som gjennomsnittet for 1995-2006 eller bedre, og har vist en stigende trend fra 2004-2005. Spesielt for vannfiltrerende dyr som hydroider, svamper, koraller og sjøpunger, hvor flere er følsomme for nedslamming, og for andre dyregrupper som snegl og sjøstjerner, har det vært en positiv utvikling etter flere dårlige år. Kystovervåkingsstasjonene er lokalisert i ytre kystområder og utviklingen reflekterer mer endringer i klima og langtransporterte tilførsler enn endringer i lokale norske forhold, med unntak av ytre Oslofjord hvor Glomma har stor påvirkning. Artsmangfoldet har økt siste året i ytre Oslofjord, men nedre voksegrense for alger er redusert. Det stemmer med redusert siktdyp ved Færder. Det var god tilvekst av både stortare og sukkertare på ytre kyst, med unntak av Lista-området hvor sukkertaren har gått tilbake og hvor også artsmangfoldet på moderat eksponert kyst var redusert.

Tilstanden i bløtbunnsfauna på beskyttet kyst av Lista (C16) var også blitt dårligere (på grensen til mindre god tilstand) med redusert artsmangfold og økt forekomst av den opportunistiske børstemarken *Heteromastus*. Tilstanden i bløtbunnsamfunnene var ellers meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier) i 2007. I ytre Oslofjord og på de dype havstasjonene i Skagerrak har artsmangfoldet økt signifikant i perioden 1990-2007, dog ikke ved Lista (C38) hvor artsmangfoldet har vært høyt hele tiden. Resultatene kan tyde på en svak minskning i eutrofipåvirkning av bløtbunnsamfunnene ute i havet og i det østlige Skagerrak (A- og ytre B-område) og er en positiv respons på reduserte næringssalttilførsler og mindre planktonbiomasse de siste årene. I kystnære områder på Sørlandet og vestre Skagerrak (indre B- og C-området) viser resultatene en svak økning i eutrofipåvirkningen. Dårligere siktdyp ved Lista indikerer også en negativ utvikling her. På Vestlandet var artsmangfoldet høyt, særlig på stasjonen i åpent hav vest for Sotra (D20). Prøvetakingsperioden på Vestlandet er imidlertid for kort til å si noe om utvikling over tid.

Utviklingen de siste årene i de biologiske samfunn på ytre kyst av Skagerrak er positiv både i vannmassene (plankton) og i bunnsamfunn på grunt (hardbunn) og dypt vann (bløtbunn). Reduserte næringssaltutslipp til sydlige del av Nordsjøen synes nå å gi positive resultater for vannkvaliteten og økologisk tilstand langs ytre del av Skagerrakkysten. Lokale tilførsler har nå en relativt større betydning, spesielt for tilstanden i fjorder og skjærgårdsområder. På ytre kyst av Vestlandet var tilstanden i de biologiske samfunnene gode (hard- og bløtbunn). Langtidsseriene viser også at den biologiske responsen i bunnsamfunnene er tidsforsinket med ett til tre år i forhold til utviklingen i vannmassene.

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).

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for programmet

Kystområdene er sentrale som matkammer, oppvekst- og tilholdssted for marine arter og arter på land i kystsonen. Tilfredsstillende miljøforhold i kystområdene har derfor stor betydning, både for 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, bidrar til store forurensningstilførsler via elver, luft og direkteutslipp, samt tiltagende interessekonflikter i kystsonen.

Den store algeoppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* våren 1988 medførte dramatiske konsekvenser av tidligere ukjent omfang for det marine liv. Hyppige oppblomstringer av giftalger i Skagerrak påfører et betydelig tap for oppdrettsnæringen og er negativt for allmennhetens 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 eutrofiproblematikken i Skagerrak. Kystovervåkingsprogrammet fikk som målsetning å overvåke miljøtilstanden mht. næringssalter og 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). Resultater fra Kystovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR.

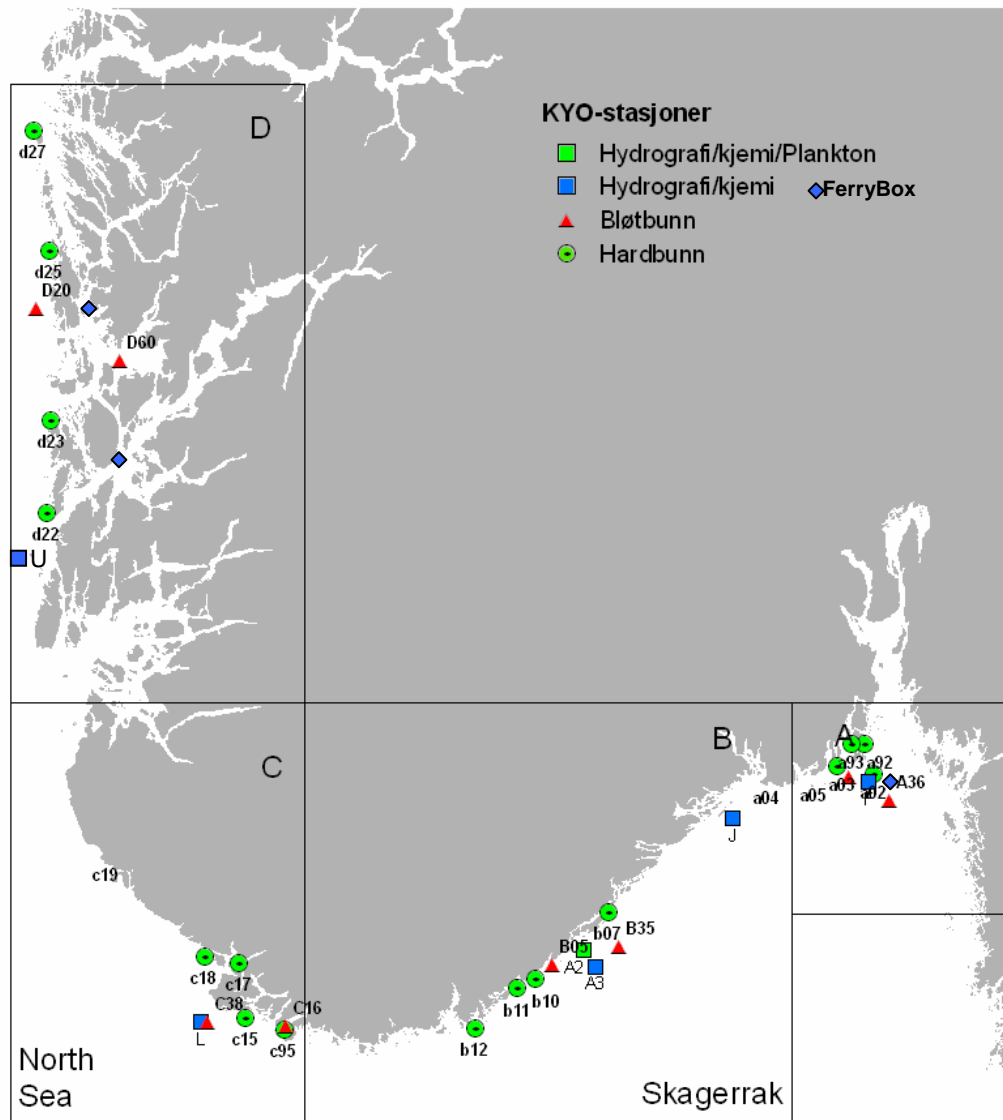
## 1.2 Målsetting

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 plankton-, 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, og det er også gjennomført årlige 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, og med spesiell fokus på Skagerrak. Stasjonsvalget (Figur 1.1.) ble foretatt med sikte på å overvåke tilstanden i kystvannet langs den ytre kystlinjen, og skulle fungere som referanser ("referansetilstand") for lokale undersøkelser.



Figur 1.1. Kystovervåkingsprogrammet i 2007 dekket de 4 områdene A: Ytre Oslofjord, B: Sørlandet, C: Sør-vestlandet og D: Vestlandet. Stasjonsposisjoner er gitt i tabeller under.

### Vannmasser

Tabell 1.1. Oseanografistasjoner overvåket i 2007. (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	Færder – F	10.5000	59.0000	0-150	9 ggr. pr. år
	CF Færder	10.6800	58.3000	4	ca hver 14 dag Ferrybox
B	Jomfruland – J	09.6667	58.8500	0-125	14 ggr. pr. år
B	Arendal St. 2 - A2	08.8167	58.3833	0-75	22 ggr. pr. år
B	Arendal St. 3 - A3	08.9000	58.3333	100-300	12 ggr pr. år
C	Lista – L	06.5333	58.0167	0-300	12 ggr. pr. år
D	Y. Utsira - U	04.7333	59.3166	0-250	12 ggr. pr. år
	FN 13	05.3666	59.6566	4	ca hver 14 dag Ferrybox
	FN 16	05.1666	60.2216	4	ca hver 14 dag Ferrybox

Utenfor Arendal er det to stasjoner; A2 og A3 henholdsvis 1 og 2 nautiske mil av land, for å kunne overvåke endringer i hele vannsøylen fra 0-300 m dyp. Vanddyppet på A2 er ca. 80 m.



**Bløtbunn**

Tabell 1.2. Bløtbunnstasjoner overvåket i 2007. 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
D	D60	5.4667	60.1042	600	1 g. pr. år
D	D20	4.8778	60.2290	200	1 g. pr. år

**Hardbunn**

Tabell 1.3. Hardbunnsstasjoner overvåket i 2007. Prøvetakingsfrekvens er 1 gang pr. år, i juni måned. (E=eksponert. M=moderat eksponert). (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Himmelretn (°)	Ekspone- ring	Periode (år)
A	a02 Færder fyr	10.5268	59.0267	0-26	89	E	90, 94-2007
A	a03 Lyngholm.	10.2963	59.0432	0-30	160	E	1990-2007
A	a92 Kongshlm	10.4549	59.1219	0-30	80	M	2002-2007
A	a93 Vakerholm	10.3754	59.1169	0-30	100	M	2002-2007
B	b07 Tromøy N.	8.9443	58.5132	0-30	360	M	1990-2007
B	b10 Prestholm.	8.5372	58.2732	0-30	140	E	1990-2007
B	b11 Humløy	8.4289	58.2382	0-30	85	M	1990-2007
B	b12 Meholmen	8.1980	58.0961	0-30	10	E	90-91,95-2007
C	c95 Launes	7.0406	58.0239	0-30	270	M	2002-2007
C	c15 Revø	6.7960	58.0480	0-25	190	E	1990-2007
C	c17 Stolen	6.7147	58.2216	0-30	240	M	1990-2007
C	c18 Rosø	6.5011	58.2280	0-26	170	E	1990-2007
D	d22 Marholm	5.14426	59.5805	0-30	116	M	1990-99+2005-06
D	d23 Ylvesoy	5.08530	59.8800	0-30	340	E	1990-99+2005-06
D	d25 Arebrot	4.90816	60.4210	0-30	25	M	1990-99+2005-06
D	d27 Mageoy	4.68393	60.7965	0-30	30	E	1990-99+2005-06

stasjoner som er omtalt eller er med i figurer i denne rapporten, men som ikke er 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 Oddeflue	5.8305	58.4797	0-30	165	E	1995-2001

\*) Stasjonenes lokalisering er vist med kun stasjonsnummer i figur 1.1, mens aktive stasjoner i tillegg er merket med grønn sirkel.

**1.4 Metodikk**

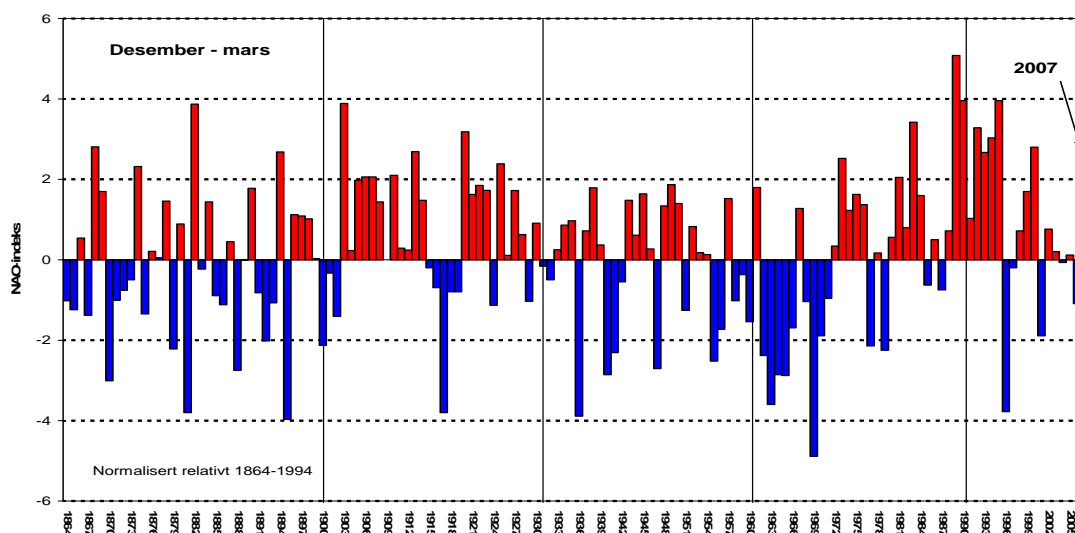
Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes) (ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9423, NS9424). Metodikken er fylldig beskrevet i Moy m.fl. 2002, (10-årsrapporten for Kystovervåkningen) og er ikke gjentatt her.

## 2. Klima og vannmassene i Skagerrak

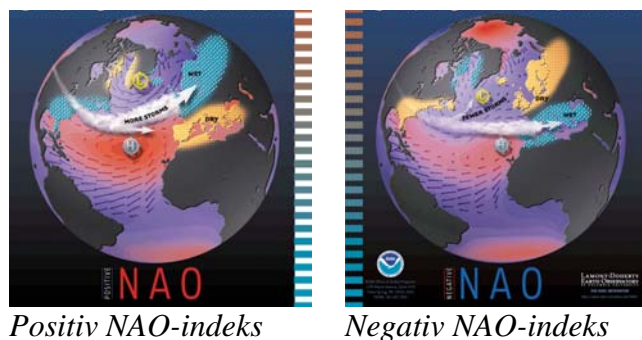
NAO-klimaindeksen var vinteren 2007 positiv, og vinteren var varmere enn normalt. Bare februar måned hadde normal lufttemperatur og våren kom tidlig (mars). Temperaturen i havet var varmere enn normalt (1961-90). Overflatevannmassene var samtidig preget av mer brakkvann i februar/mars og juni enn normalt. Sommeren 2007 var meget nedbørrik og sommertemperaturen var omtrent som normal. Det ble ikke registrert vanntemperaturer over 20 °C sommeren 2007. Sjøtemperaturen i de dypere vannmassene (75 m dyp) var høyere enn normalt i 2007 og dypvannet (under 100 m) var preget av større innslag av Atlantisk vann og mindre vann fra sentrale deler av Nordsjøen.

### 2.1 NAO, lufttemperatur og nedbør.

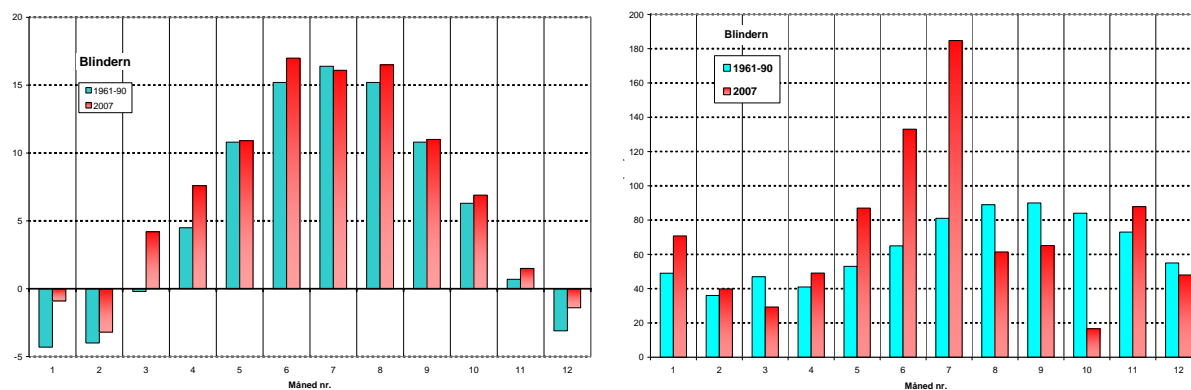
Siden overvåkingsprogrammet startet i 1990 har klimaforholdene generelt vært milde vinterstid. Dette illustreres i Figur 2.1 som viser NAO-indeksen for desember til mars fra 1864 til 2007. NAO-indeksen viser normalisert lufttrykksforskjell mellom Lisboa i Portugal og Island (Figur 2.2). Positiv verdi 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. I perioden fra 1988 til 2001 har det generelt vært milde vintre og høyere frekvens av sørlige vinder som følge av positiv NAO-indeks. Det har siden kystovervåkingsprogrammet startet bare vært tre kalde vintre; 1996, 2001 og 2006, dvs. 3 av 17 vintre. I 2007 var indeksen høy og vinteren var mild. Etter en normal vintermåned i februar kom våren tidlig i mars. Sommeren ble meget nedbørrik (Figur 2.3). Spesielt intens var nedbøren i begynnelsen av juli i Vestfold (300 % over normalen). Store deler av mai-juli var døgntemperaturen lavere enn normalt, men en meget varm periode i begynnelsen av juni førte til at månedsmiddeltemperaturen ble omtrent som normal (Figur 2.4 og 2.3a). I august var det to perioder med høy temperatur (Figur 2.4). Utover høsten var temperaturen litt over det normale og nedbøren overveiende mindre enn normalt. (Figur 2.3b).



Figur 2.1. NAO-indeks (desember – mars) 1864-2007 (Hurell (1995) og oppdateringer fra Hurell).



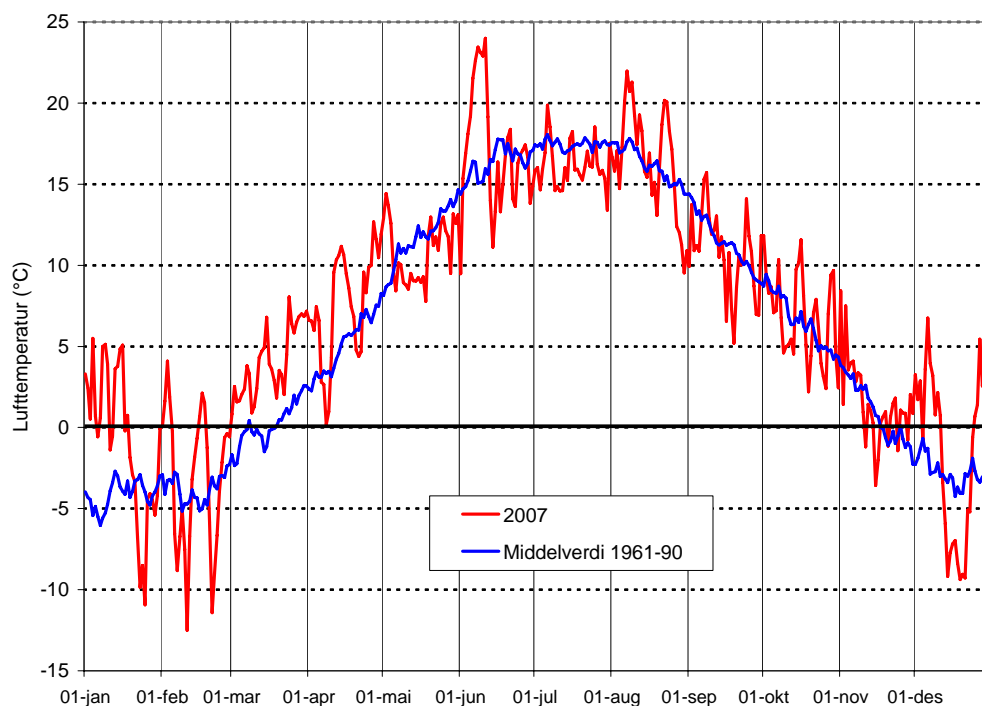
Figur 2.2. Den nord-atlantiske svingningen (NAO-indeksen), er variasjonen i forskjellen mellom lufttrykket over Island, Azorene og Portugal. Positiv indeks fører mild og fuktig luft inn over Sør-Norge og motsatt gir negativ indeks kald og tørr luft. (Kilde: <http://www.ideo.columbia.edu/NAO> av Martin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



a

b

Figur 2.3 Månedsmiddeltemperatur (a) og nedbør (b) ved Blindern (Oslo) i 2007 (røde søyler) sammenlignet med midlere (blå søyler) lufttemperatur og normal nedbør 1961-90. (Data fra Meteorologisk institutt).



Figur 2.4 Døgntemperaturen ved Blindern 2007, sammenlignet med 1961-90. (Data fra Meteorologisk institutt).

## 2.2 Vannmasser og sjøtemperatur

Vannmasser deles inn etter saltholdighet og temperatur og tradisjonelt i oseanografi deles vannmassene langs Skagerrakkysten inn i fem hovedvannmasser som reflekterer hvor vannet kommer fra og hvor influert det er av ulike kilder (Tabell 2.1). Denne inndelingen skiller seg fra inndelingen som ligger til grunn i Vannforskriften, hvor saltvannet deles i 4 klasser etter saltholdighet: oligohalin (0,5-5), mesohalin (5-18), polyhalin (18-30) og euhalin (>30). Ferskvann regnes som vann med saltholdighet lavere enn 0,5. Sjøvann ble tradisjonelt definert som vann med saltholdighet høyere enn 30 (euhalin) og brakkvann er en blanding av sjøvann og ferskvann. Forskjell i inndeling av vannmasser medfører ingen problemer mht. utnyttelse av Kystovervåkingsdata i Vannforskriftsammenheng. Saltholdighet er en viktig økologisk faktor som påvirker og bestemmer hvilke organismer som lever i en vannmasse og Kystovervåkings inndeling gir større informasjonsverdi mht. programmets målsetning.

Tabell 2.1 Vannmasser i Skagerrak etter saltholdighet, temperatur og kilde.

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

*Brakkvann* 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 m dyp. Brakkvannet består av vann fra de norske elvene blandet med Skagerrak kystvann.

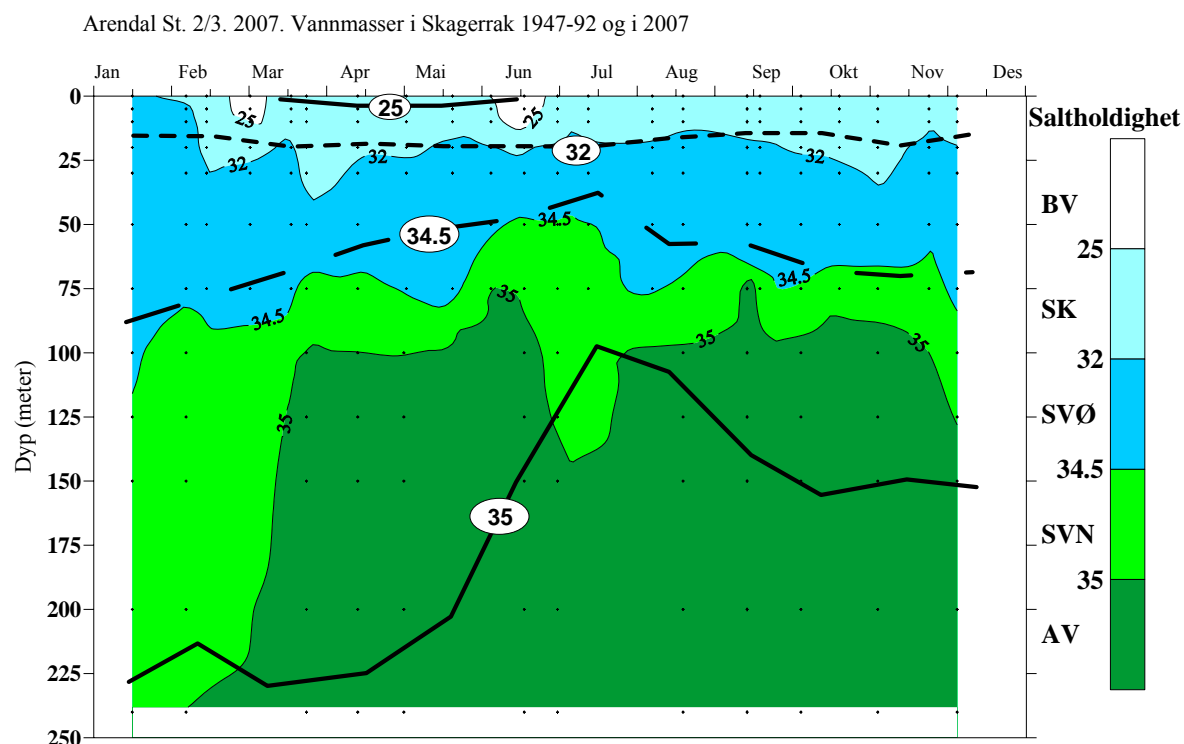
*Skagerrak kystvann* består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann/overflatevann fra Kattegat, lokalt ellevann og vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen og tildels sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassene ligger mellom overflaten og ned til ca. 15-20 m dyp.

*Skagerrakvann øvre* har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, men blandes også med vann fra Østersjøen/Kattegat og noe lokalt ferskvann. Vannmassen ligger mellom ca. 20-80 m 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. 60-200 m dyp og er mektigst i perioden fra januar til mai.

*Atlantisk vann* tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen og forekommer fra ca. 100 m dyp og ned til bunn. Atlantisk vann trenger generelt høyt opp i vannmassene i juni/juli og er minst dominerende om vinteren.

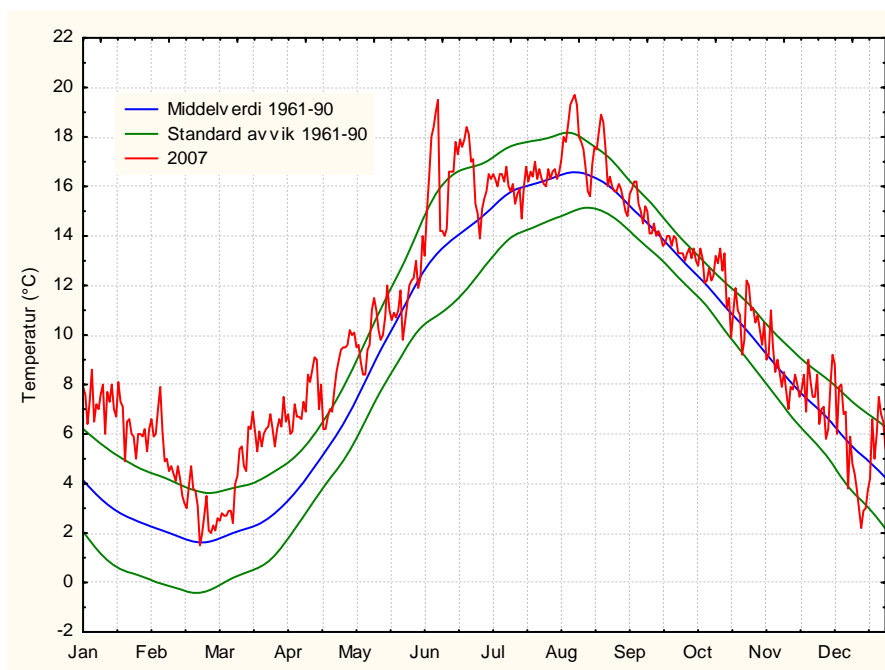
Vertikalfordelingen av vannmassene gjennom 2007 sammenliknet med en 'normalfordeling' (beregnet ut fra en sammenhengende måleperiode fra 1947 til 1992), er vist i Figur 2.5. Karakteristisk for vannmassene i kystområdene av Skagerrak i 2007, var et større innslag av brakkvann enn normalt for februar/mars og juni, og mindre i april/mai. Det var større forekomst av Atlantisk vann i dypvannet (under 100 m dyp). Det ble samtidig registrert mindre innslag av vann fra de sentrale deler av Nordsjøen (Skagerrakvann nedre) i 2007, mens forekomsten av Skagerrak kystvann var omtrent som normal i store deler av året, unntatt i januar.



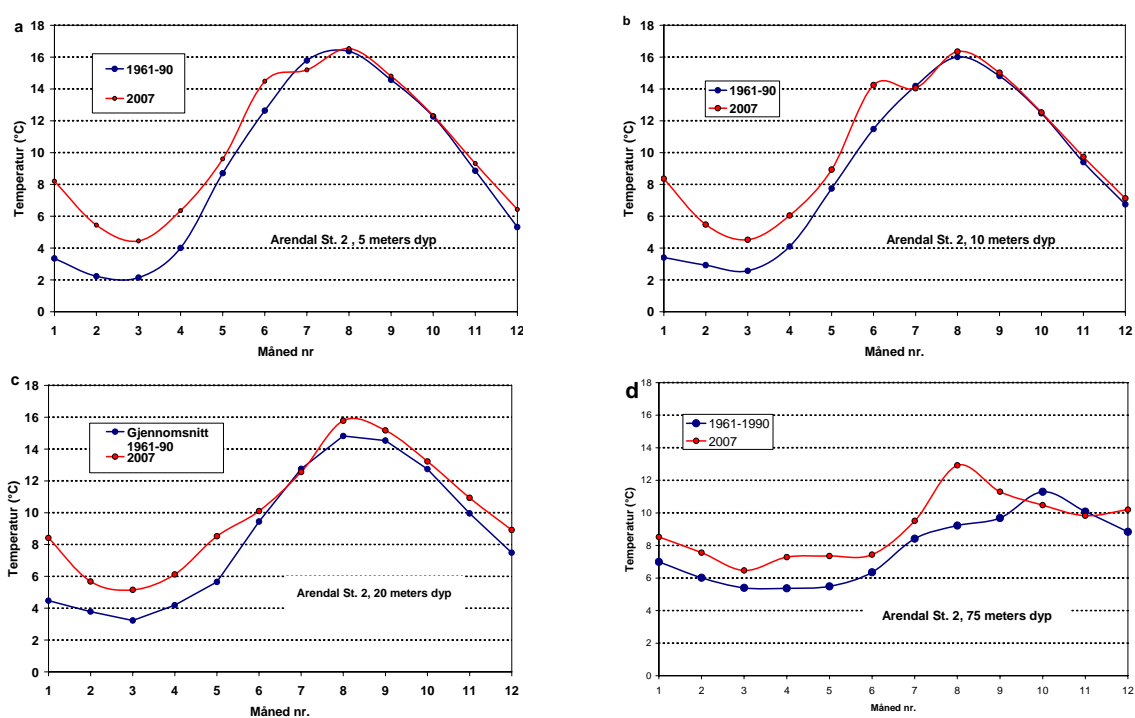
Figur 2.5 Midlere vannmassefordeling ved Arendal (st 2 og 3) over perioden 1947-92 (svarte linjer) og i 2007 (farget felt). (BV=Brakkvann, SK= Skagerrak kystvann, SVØ= Skagerrakvann øvre, SVN= Skagerrakvann nedre og AV= Atlantisk vann).

Overflatetemperaturen var i 2007 betydelig over gjennomsnittlig sjøtemperatur (1961-90) for vintermånedene (Figur 2.6). Gjennom resten av året var temperaturen omtrent lik gjennomsnittet, men med enkelte varme korte perioder, men sommertemperaturene var under 20 °C. Om høsten var månedsmiddeltemperaturen som normalt, men var over det normale på dypere vann (20-75 m, Figur 2.7). Sjøtemperaturen i overflatevannet langs kysten samvarierer på de ulike stasjonene (Jomfruland til Lista), men ofte er årssamplituden større ved Jomfruland enn ved Arendal, og minst ved Lista (Figur 2.8).

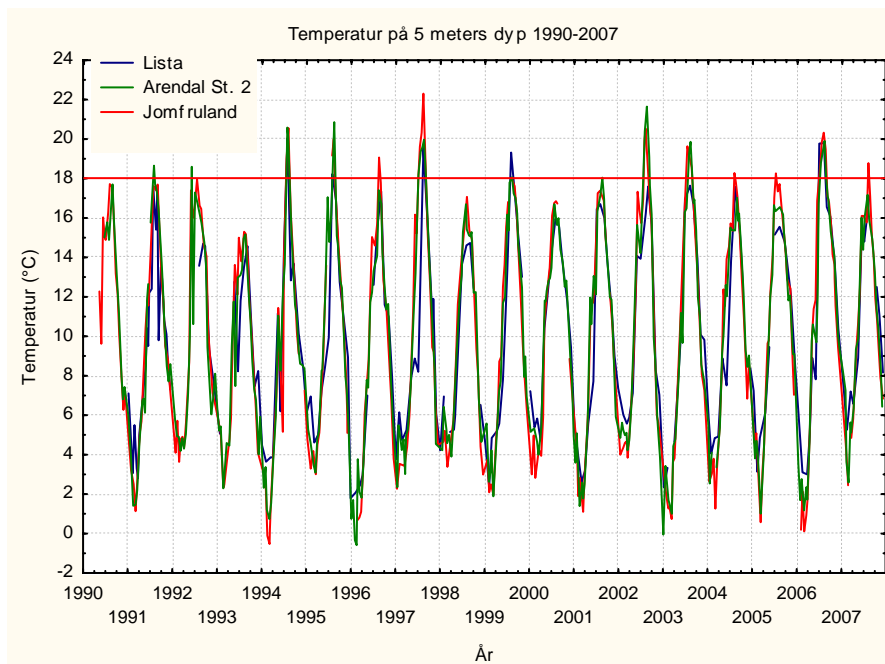
Sommersjøtemperaturer over 18 °C i 2007 ble i Kystovervåkingsprogrammet bare registrert på én måling ved Færder og Jomfruland i august, hhv. 18,2 °C og 18,8 °C på 5 m dyp (Figur 2.9). De daglige observasjonene ved brygga i Flødevigen viser flere slike episoder i løpet av sommeren, men langt færre enn den varme sommeren 2006, hvor overflatetemperaturen i store deler av perioden juli til september lå over 18 °C. Gjennom hele perioden 1990-2007 har Lista mindre frekvens av temperaturer over 18 °C enn ved Arendal St. 2 og Jomfruland, men lavere observasjonsfrekvens på Lista (en gang pr. måned) kan medføre at kortvarige varme episoder ikke fanges opp. Sommertemperaturene ved Lista er normalt lavere enn ved de andre stasjonene.



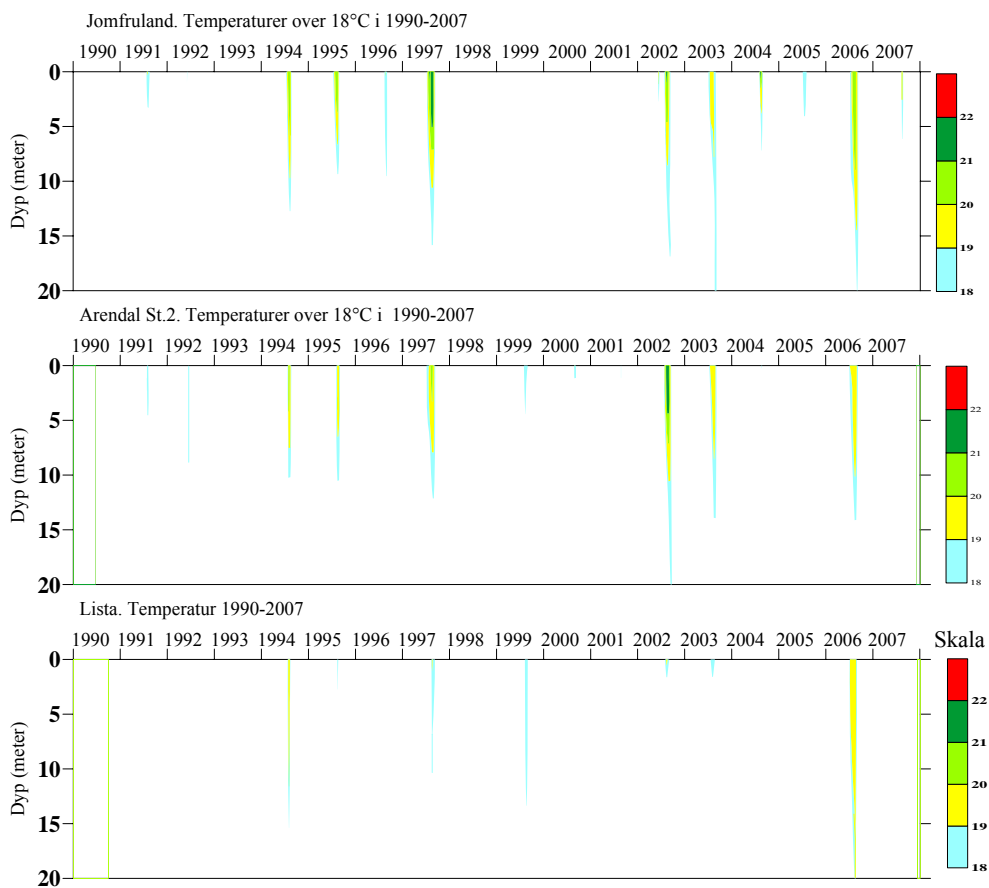
Figur 2.6 Temperaturen på 1 meters dyp ved Flødevigen (Hisøy, Arendal) fra januar – desember 2007, sammenlignet med middelværdi og standardavvik 1961-90. (Data fra Havforskningsinstituttet Forskningstasjonen Flødevigen)



Figur 2.7 Månedsmiddeltemperaturen 2007 på 5 (a), 10 (b), 20(c) og 75(d) meters dyp ved Arendal St. 2 1961-90, sammenlignet med observasjoner fra 2007. 1961-90 observasjoner er fra Havforskningsinstituttet og 2007 observasjoner er fra Kystovervåkingsprogrammet.



Figur 2.8 Temperatur på 5 meters dyp 1990-2007 på Jomfruland, Arendal St. 2 og Lista.



Figur 2.9 Episoder med temperaturer over 18 °C ved Jomfruland, Arendal St. 2 og Lista i perioden 1990-2007.

### 3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak

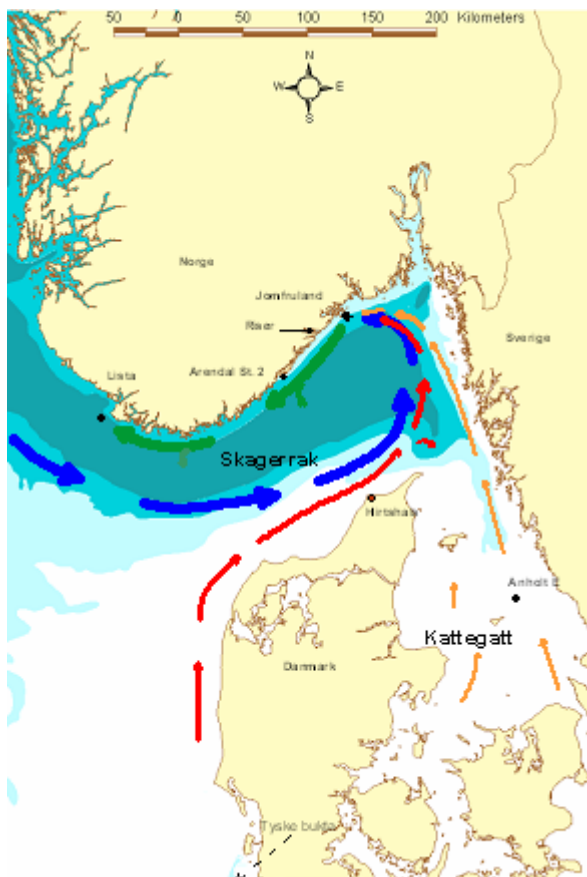
Den negative eutrofiutviklingen med dobling i nitratkonsentrasjonene i kystvannet på Sørlandet fra perioden 1975-80 til 1990-95, har vist en positiv utvikling etter 1999-2002. Langtransporterte tilførsler av næringsalter til den norske kyststrømmen fra sydlige deler av Nordsjøen, er redusert i perioden 2000-2006 sammenliknet med perioden 1990-95. Årsaken er nedgang i næringssaltutslipp til Tyskebukta og lavere transport av vann fra sørlige Nordsjøen til vår kyststrøm. I 2007 ble det ikke funnet signaler på langtransporterte forhøyede nitratkonsentrasjoner fra sørlige Nordsjøen og Tyskebukta i kyststrømmen. Lokale tilførsler av næringsalter og organisk stoff fra norske elver var generelt lave i første halvår og unormalt høye i juli og august, men årstilførslene var omtrent som normalt med unntak av elver gjennom jordbruksarealer som viste økte tilførsler av nitrogen og fosfor.

Tilførsler av næringsalter og organisk stoff til kyststrekningen svenskegrensen – Lista kommer fra flere kilder. I tillegg til lokale tilførsler via elver og direkteutslipp fra Norge, kommer langtransporterte tilførsler via havstrømmer og luft.

#### 3.1 Langtransporterte tilførsler

Forurensninger fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat, føres med havstrømmer (spesielt om vinteren/våren) mot den norske Skagerrakkysten (Figur 3.1). Transporten av vann fra sørlige Nordsjøen med Jyllandstrømmen til Skagerrak er vindavhengig, og størst i år med sterke sørlige vinder. Det er beregnet at overflatekystvannet (0-30 m) utenfor Arendal er en blanding av vann fra sørlige og sentrale Nordsjøen (ca. 55 %), overflatevann fra Kattegat (ca. 25 %) og vann fra Tyskebukta (ca. 20 %) (Aure og Magnusson 2008). Det er vist at denne

transporten av vann med næringsalter og forurensninger, har ført til økte næringsaltkonsentrasjoner, spesielt av nitrat, i vårt kystvann. For en periode fra 1980 til 1995, var en ca 100 % økning i nitratverdiene målt i kystvannet (0-30 m dyp) om våren utenfor Arendal. (Moy m. fl. 2007, Aure og Magnusson 2008)

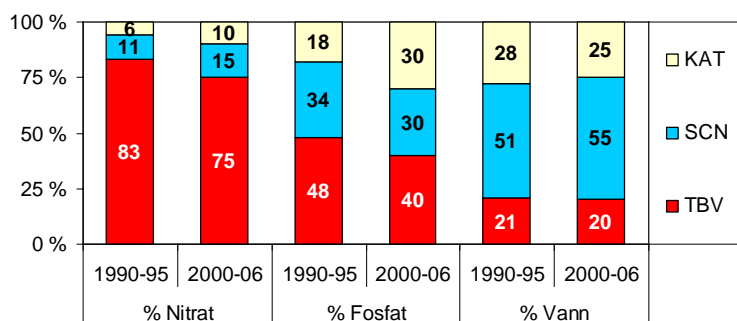


Figur 3.1. Forenklet bilde over strømmene i Skagerrak. Jyllandstrømmen (rød piler) fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak hvor Jyllandstrømmen blandes med ferskere vann fra Kattegat (oransje piler) og salt Atlanterhavsvann (blå piler). Den norske kyststrømmen (grønne piler) er en lagdelt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

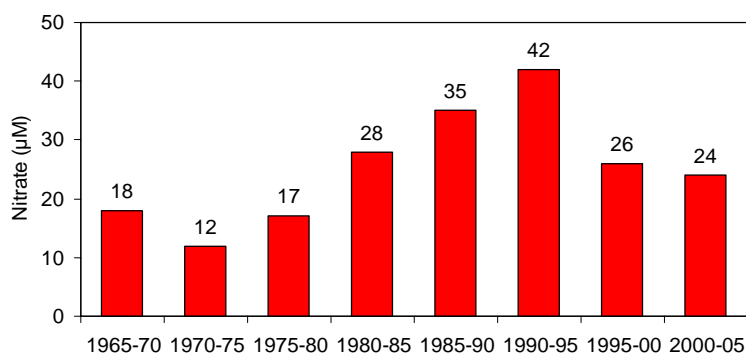


Aure og Magnusson (2008) har beregnet at dagens tilførsler av vann fra Tyskebukta i vårsesongen utgjør 20 % av overflatevannmassene (0-30 m) i kyststrømmen utenfor Arendal og at dette vannet bidrar med henholdsvis 75 og 40 % av nitraten og fosfaten i kyststrømmen. Det er noe lavere enn henholdsvis 83 og 48 % for nitrat og fosfat som Aure m.fl. (1998) beregnet for perioden 1990-1995, når utslippene fra de kontinentale elvene var som høyest (Figur 3.2 og Figur 3.3). Mer om endringer over tid i langtransporterte tilførsler kan leses i Temakapitlet i 2006-årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet.

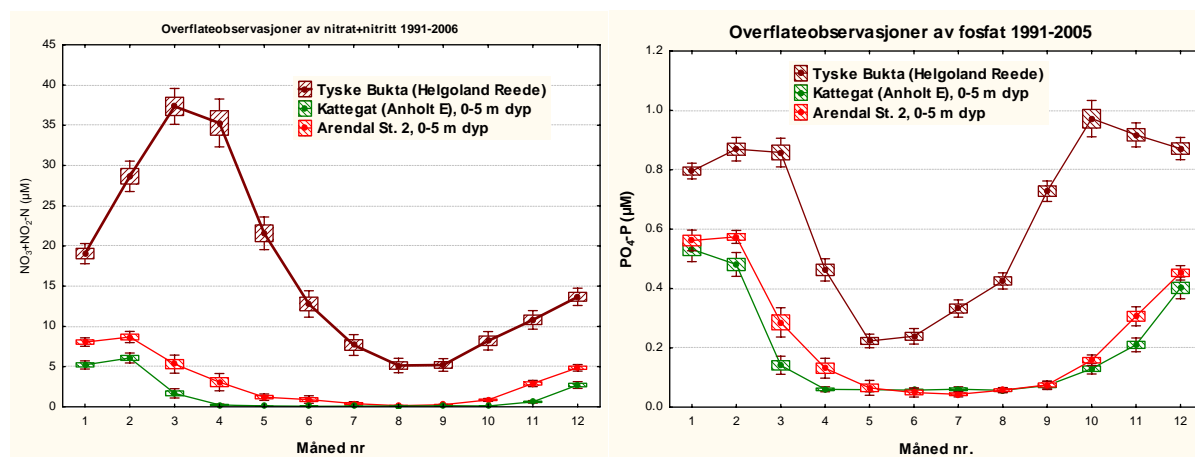
På grunn av høye konsentrasjoner av løste næringssalter i Tyskebukta i vinterhalvåret har transportene fra Tyskebukta størst betydning for vårt kystvann i vinter/vårsesongen (Figur 3.4). Lite lys vinterstid gir lav planteplanktonproduksjon, slik at næringssaltene transporteres til vår kyst uten å bli forbrukt i nevneverdig grad. Sammenlikningen mellom målinger i Tyskebukta, Kattegat og Arendal st 2 viser også at næringssaltkonsentrasjonene er noe høyere på Sørlandskysten enn i Kattegat. Det indikerer at Tyskebuktvannet har større innflytelse på vannkvaliteten i vår kyststrøm enn i Kattegat.



Figur 3.2 Andelen nitrat, fosfat og vannmengde fra Tyskebukta (TBV), Nordsjøen (SCN) og Kattegat (KAT) i kystvannet utenfor Arendal beregnet for 0-30 m dyp i mai måned (etter Aure et al 1998 og Aure og Magnusson 2008).

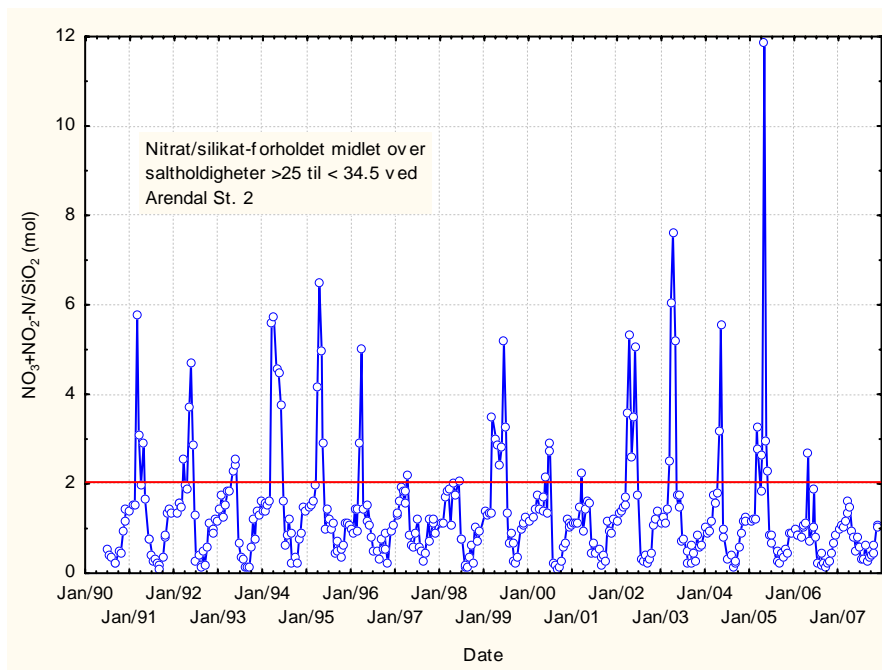


Figur 3.3 Nitratkonsentrasjoner ved Helgoland (Tyskebukta) i januar-april beregnet for 5-årsperioder (gjennomsnitt). (Kilde: AWI)



Figur 3.4 Nitrat- og fosfat-konsentrasjon i overflatevann i Tyskebukta, Kattegat (Anholt E) og Kystovervåkingsstasjon Arendal 2 (data fra Alfred Wegener Institut, SMHI og DMU).

Transporten av vann fra Tyskebukta varierer fra år til år. I Figur 3.5 er nitrat/silikat-forholdet på stasjon Arendal 2 plottet siden 1990 og vann med forholdstall større enn 2 mol indikerer tilførsler av nitratrikt vann fra Tyskebukta. Beregningene viser at det ikke ble påvist spor av vann fra Tyskebukta i 2007 og at de to siste år (lav indeksverdi også for 2006) har vært lite langtransporterte næringsstofftilførsler til vår Skagerrakkyst. Det skyldes reduserte utslipp, jfr. Figur 3.3 og men også noe mindre vanntransport med havstrømmen. Etter flomårene 1994-95 var det lave langtransporterte tilførsler i årene fram til flomåret 1999. Tilførslene var lave også i 2000 og 2001, men har vært høye i perioden 2002-2005.



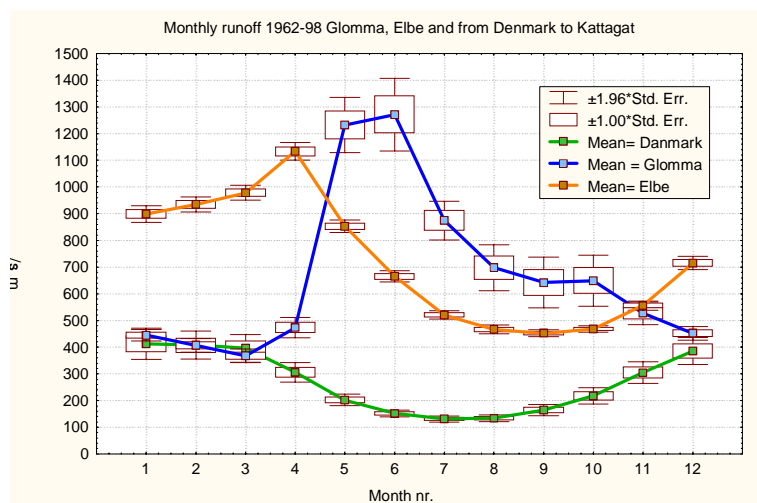
Figur 3.5. Nitrat / silikat-forholdet (atomer) ved Arendal St. 2 fra 1990-2007. Forholdstall over 2 indikerer vann fra Tyskebukta.

### 3.2 Lokale tilførsler

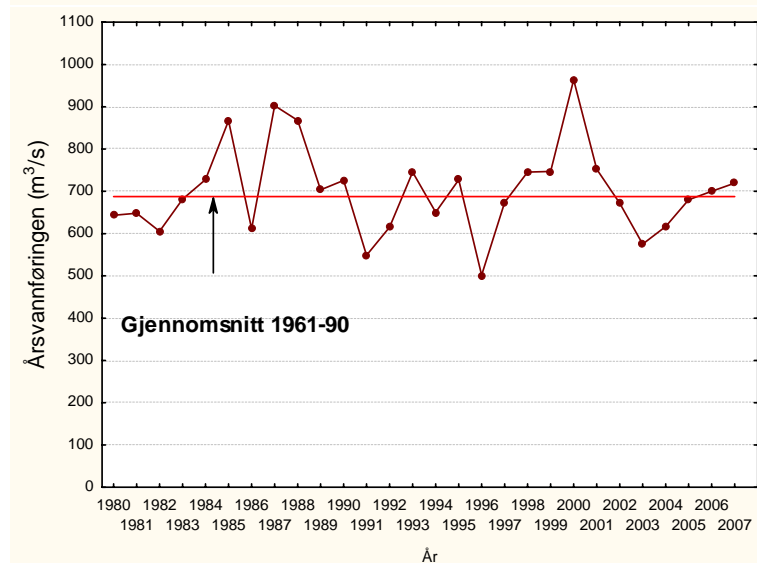
Sommerstid har normalt lokale tilførsler fra Norge en relativt større innflytelse på kystvannet enn langtransporterte tilførsler. De lokale tilførslene av nitrogen og fosfor med flere stoffer, har stor sammenheng med vannføringen i elvene. Undersøkelser i Numedalslågen viste at mer enn 90 % av årstilførselen av næringsalter og partikler fra elva gikk ut med flomepisoder. Spesielt partikkeltransport, og fosfor og andre stoffer som i stor grad er knyttet til partikler, samvarierer tett med variasjon i vannføringen.

Tilførsler fra de store norske elvene, som Glomma, Drammenselva, Numedalslågen m.fl., starter vanligvis med vårflommen i mai, som også strekker seg ut i juni for Glommas del. Dette er til forskjell fra de kontinentale elvetilførslene (som for eksempel Elbe) hvor vannføringen er størst i desember til mai og kulminerer i april før vår lokale vårflom starter (Figur 3.6). Avrenningen fra Danmark til Kattogat er til sammenlikning lav.

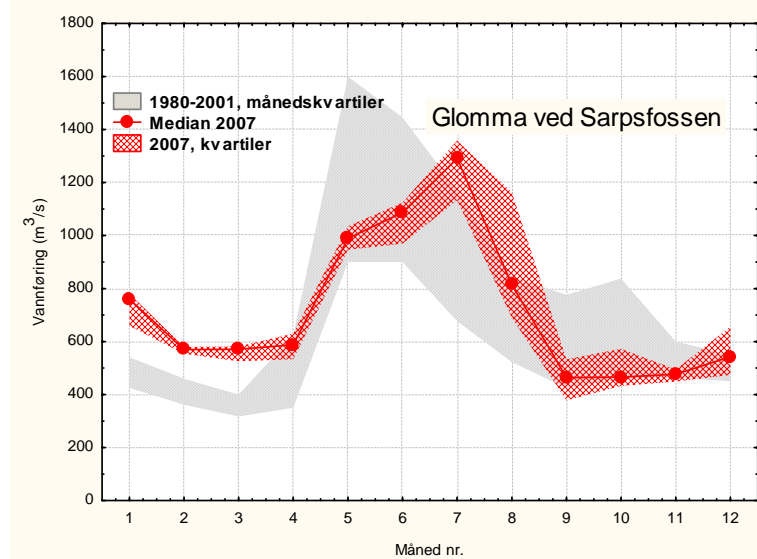
Årsvannføringen i Glomma var omtrent som normalt i 2007 (Figur 3.7), men vintervannføringen var større enn normalt og den normale vårflommen i mai uteble (Figur 3.8). I stedet var det høy vannføring i juni, juli og delvis august. Vannføringen for representative elver for Østlandet, Sørlandet og Vestlandet (Figur 3.9) viser at den unormale juli-flommen var sterkest på Østlandet, spesielt var flomtappen i Numedalslågen signifikant, og at vannføringen generelt var lav gjennom vårsesongen og høy i høstsesongen.



Figur 3.6 Ferskvannsavrenning fra Elben og Glomma og beregnet avrenning fra Danmark til Kattagat

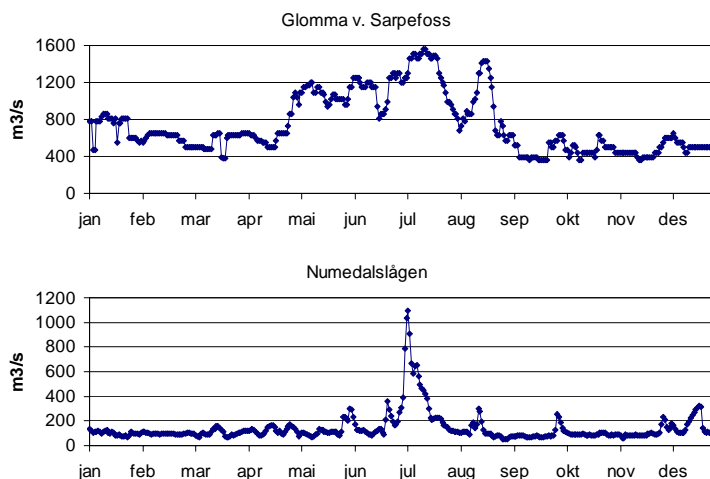


Figur 3.7 Midlere årsvannføring i Glomma fra 1980 til 2007 og gjennomsnitt for 30-årsnormalen 1961-90. (Data fra NVE og Glommens og Laagens Bruks-eierforening (GLB))

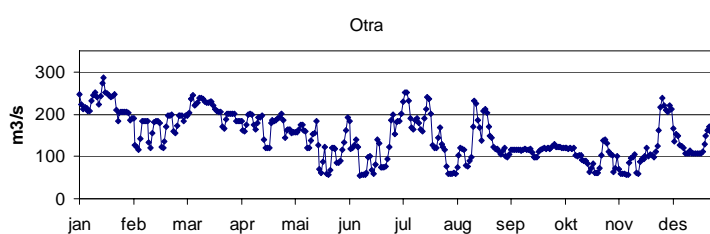


Figur 3.8 Månedsvannføring i Glomma i 2007 sammenlignet med gjennomsnittlig vannføring fra 1980-2001 (Data fra NVE og Glommens og Laagens Bruks-eierforening (GLB))

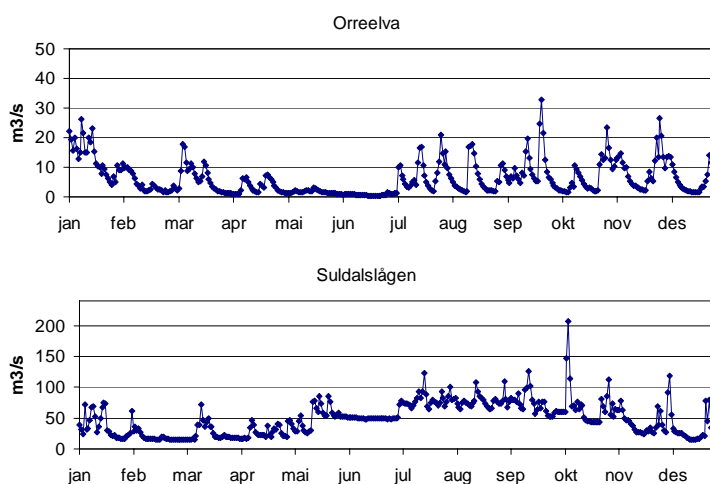
## Østlandet



## Sørlandet



## Vestlandet



Figur 3.9 Vannføring (døgnmiddel) i representative elver for Østlandet, Sørlandet og Vestlandet. (Kilde NVE)

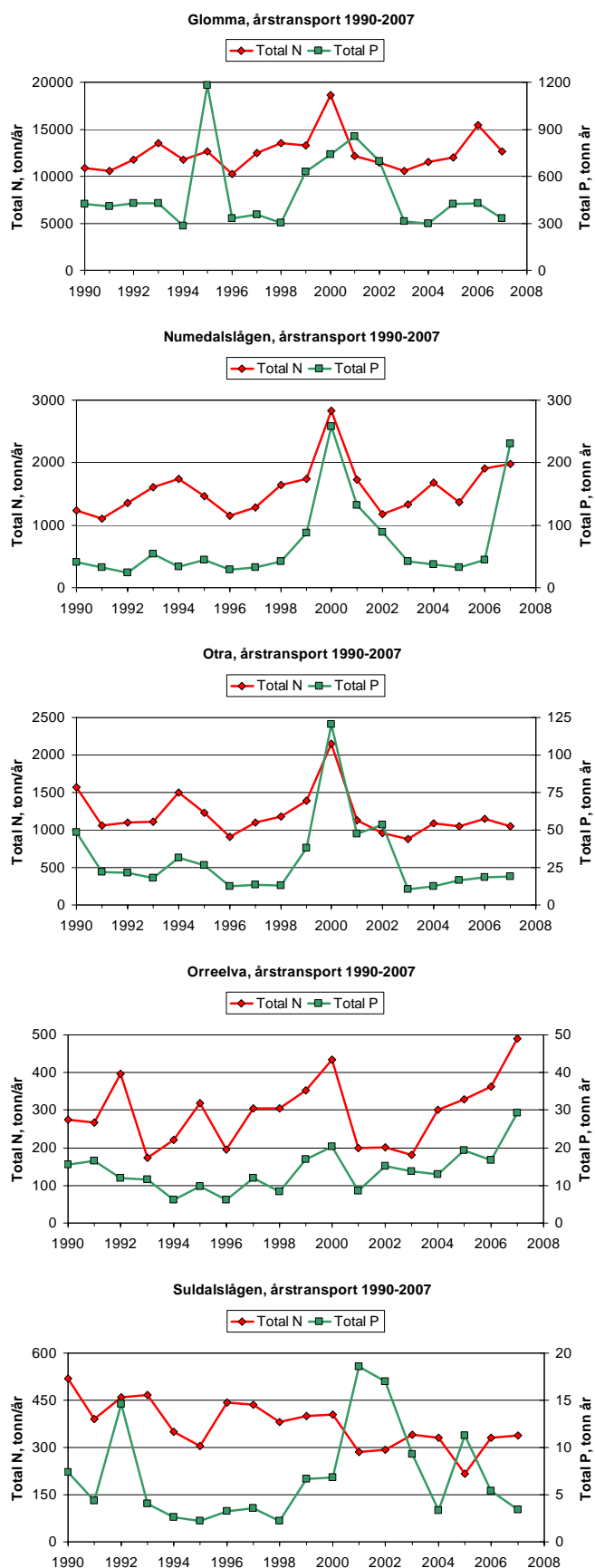
kobling mellom de ulike statlige overvåkingsprogrammene for bedre informasjons- og kunnskapsflyt til beste for leveranser fra programmene. Tidligere har beregnede årstilførsler fra RID-programmet bare vært tilgjengelige fra året forut. Lokale tilførsler av næringssalter har derfor i tidligere rapporter bare blitt anslått ut fra vannføringen i Glomma (data fra NVE og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)). I tillegg til årstilførsler av næringssalter er det i år også gitt tilførselstall differensiert på regioner basert på representative elver blant RID-elvene. (Det arbeides videre med representativitet etc. for best mulig tilførsels-verdier.) Som nevnt er det stor sammenheng mellom vannføring og tilførsler av næringssalter og andre stoffer og vannføringsdataene i Figur 3.9 er tatt med for å spesielt vise når på året lokale

Glomma drenerer et stort nedbørfelt med mange bassenger slik at effekten av store nedbørmengder blir lange perioder med høy vannføring i motsetning til Numedalslågen som viser en rask respons (Figur 3.9).

Sørlandselvene (Otra) hadde stor intervannføring som avtok mot sommeren. Regnfullt i juli og august førte også på Sørlandet til markert økt vannføring. Høsten var tørr som på Østlandet og ga lav vannføring, før vintersesongen ble innledet med ny flomtopp.

Vestlandselvene, representert ved Orreelva som går gjennom jordbruksmark (Jæren) og Suldalslågen som er regulert og drenerer fattige vestlandsheier, hadde også relativt stor vannføring gjennom sensommer og høst med vannføringstopper i september, oktober, november og desember. (Merk forskjell i skala på vannføringsaksen i figurene).

Årstilførsler av nitrogen og fosfor fra de representative, lokale elvene er beregnet i Figur 3.10. Disse beregningene er kommet i stand som resultat av NIVAs interne LOIMP-satsning (Land – Ocean Interaction Program) med målsetning å få en tettere



tilførsler (Figur 3.10) har hatt størst påvirkning på det lokale kystvannet.

### Østlandet

Glomma har meget stor påvirkning på Ytre Oslofjord og stasjonene i A-området. Tilførsler av nitrogen og fosfor var litt lavere i 2007 enn året før, selv om vannføringen var svakt høyere. Det er store år til år variasjoner i transporten av næringssalter til Ytre Oslofjord og det kan forklare variasjonene i hardbunns-samfunnene og den grunne bløtbunnsstasjonen i A-området. Spesielt tydelige er de store flommene i 1995 og 2000. For Numedalslågen førte de store nedbørsmengdene på Østlandet sommeren 2007 til svært stor transport spesielt av fosfor til kystvannet. Merk at de store tilførslene i juli skjedde etter at hard- og bløtbunnsundersøkelsene var utført og således ikke har hatt betydning for årets resultater.

### Sørlandet (Otra)

Elvetilførslene til Sørlandet (området B) var moderate i 2007, representert ved tilførselsbergningen for Otra. Som for de andre elvene er tilførselstoppene i 2000-2002 markerte, og i likhet med Østlandet var det store tilførsler i juli og august som er uten innvirkning på årets undersøkelser av hard- og bløtbunn.

### Vestlandet

Tilførsler til med Orreelva, som representerer tilførsler fra jordbruksarealer, viser sterkt økende tilførsler av både nitrogen og fosfor de siste 4 år. Tilførslene i 2007 er de høyeste som er beregnet siden målingene startet i 1990. Suldalselva (regulert og fra Vestlandsheier som mange Vestlandselver) viser nedadgående elvetilførsler av både nitrogen og fosfor.

Figur 3.10 Beregnet årstilførsel av nitrogen (total-N) og fosfor (total-P) i tonn per år for elvene Glomma, Numedalslågen, Otra, Orreelva og Suldalslågen. (Kilde: RID og LOIMP)

## 4. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak

Vannkvaliteten i Skagerrak var i 2007 i klasse god (II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på de fleste stasjoner, unntatt ved Færder (forhøyede vinterverdier av nitrat og sommerverdier av klorofyll-a, tilsvarende klasse mindre god). Forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio=16:1 (unntatt ved Færder) og positivt var også at forholdet nitrat/silikat og fosfat/silikat var klart under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. For hele perioden 1991-2007 er det i Skagerrak en tendens til avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger, med unntak for stasjonen Jomfruland hvor det observeres år med høye næringsalter og lite silikat.

Partikkelkonsentrasjonen (TSM) ved Jomfruland øker i perioden 1991-2003, men i 2004-2007 var den betydelig lavere og det er derfor ikke noen trend i perioden 1991-2007. Partikkelkonsentrasjonen ved Arendal har avtatt siden 2002 og er i 2007 som gjennomsnittet. Også partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor var ved Jomfruland og Arendal mindre i 2004-2007 enn de to foregående årene, men det er fortsatt en klar økning vinterstid over perioden 1991-2007. POC/PON-forholdet indikerer at mesteparten av de organiske partiklene har marin opprinnelse.

På stasjon Arendal og Lista har siktdypet vært avtagende i perioden 1991-2007, både sommerstid og over året, mens det ikke er noen signifikant utvikling ved Jomfruland.

Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (>200 m) avtar over perioden 1991-2004, men de siste årenes resultater kan tyde på at utviklingen har bremsset opp. Oksygenforholdene er fortsatt meget gode. Økende oksygenforbruk i bassengvannet i Risør fjorden og avtagende oksygenkonsentrasjoner i kystvannet, avspeiler en økt organisk belastning langs kysten. Ut fra POC-observasjoner er belastningen størst i Jomfrulandsområdet og avtar både mot øst (Færder) og vest (Arendal-Lista og Utsira). Det var generelt liten forskjell mellom Lista og Utsira i 2007 for de fleste parametre.

---

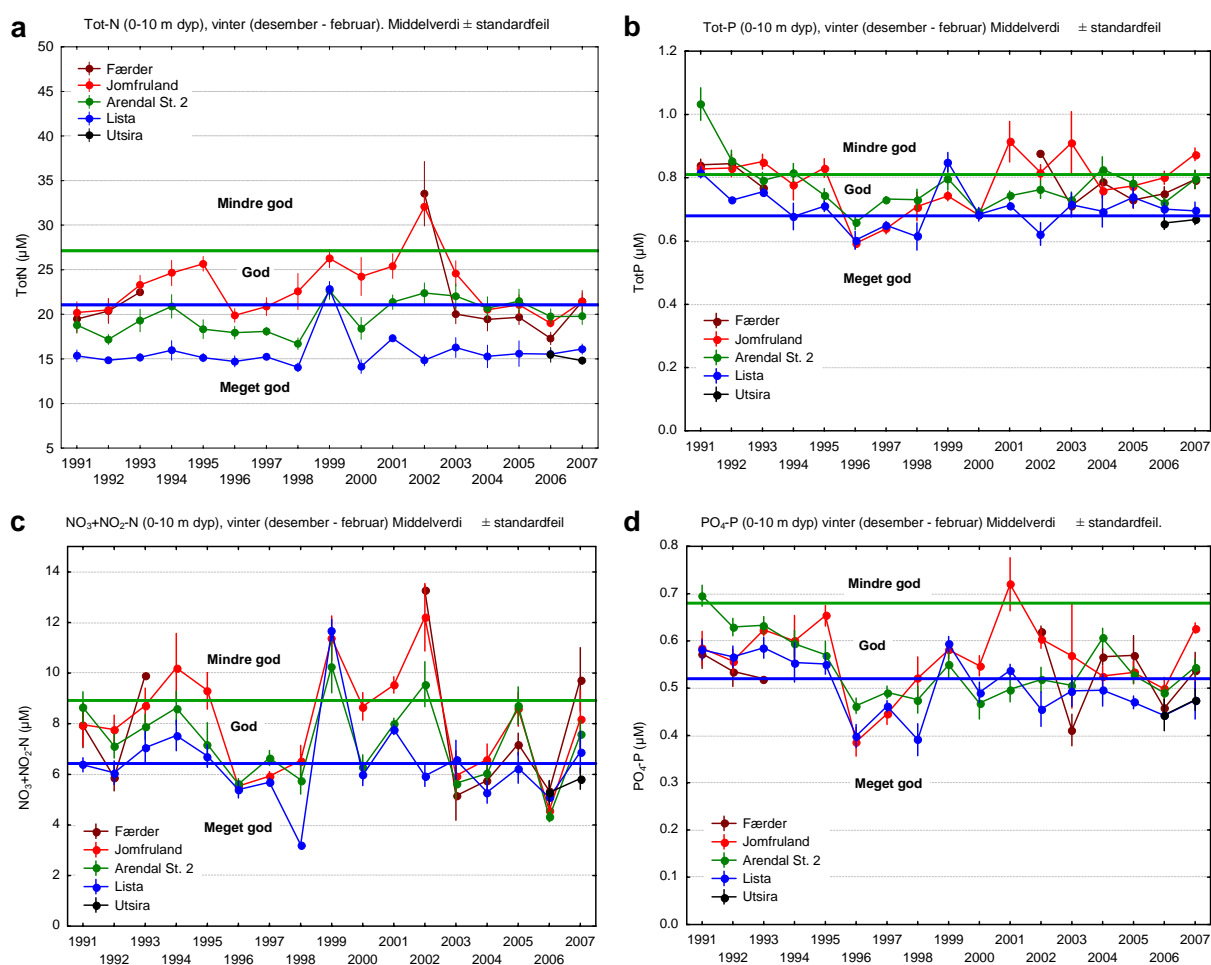
### 4.1 Vinterverdier i overflatelaget

For de stasjoner som regelmessig er blitt analysert i perioden 1991-2007, er resultater for vinterperioden presentert i Figur 4.1 - Figur 4.6. I tillegg er også resultater fra to andre stasjoner som bare har vært i programmet enkelte år (Færder (1991-1993 og 2002-2006) samt Utsira (2006) tatt med. Fra 2005 er antall overflateobservasjoner ved Færder økt ved innsamling og analyse av vann fra "Color Festival" (4 meters dyp). For de variable hvor det foreligger kriterier for klassifisering etter SFTs miljøkvalitetskriterier (SFT 1997), er aktuelle grenser markert.

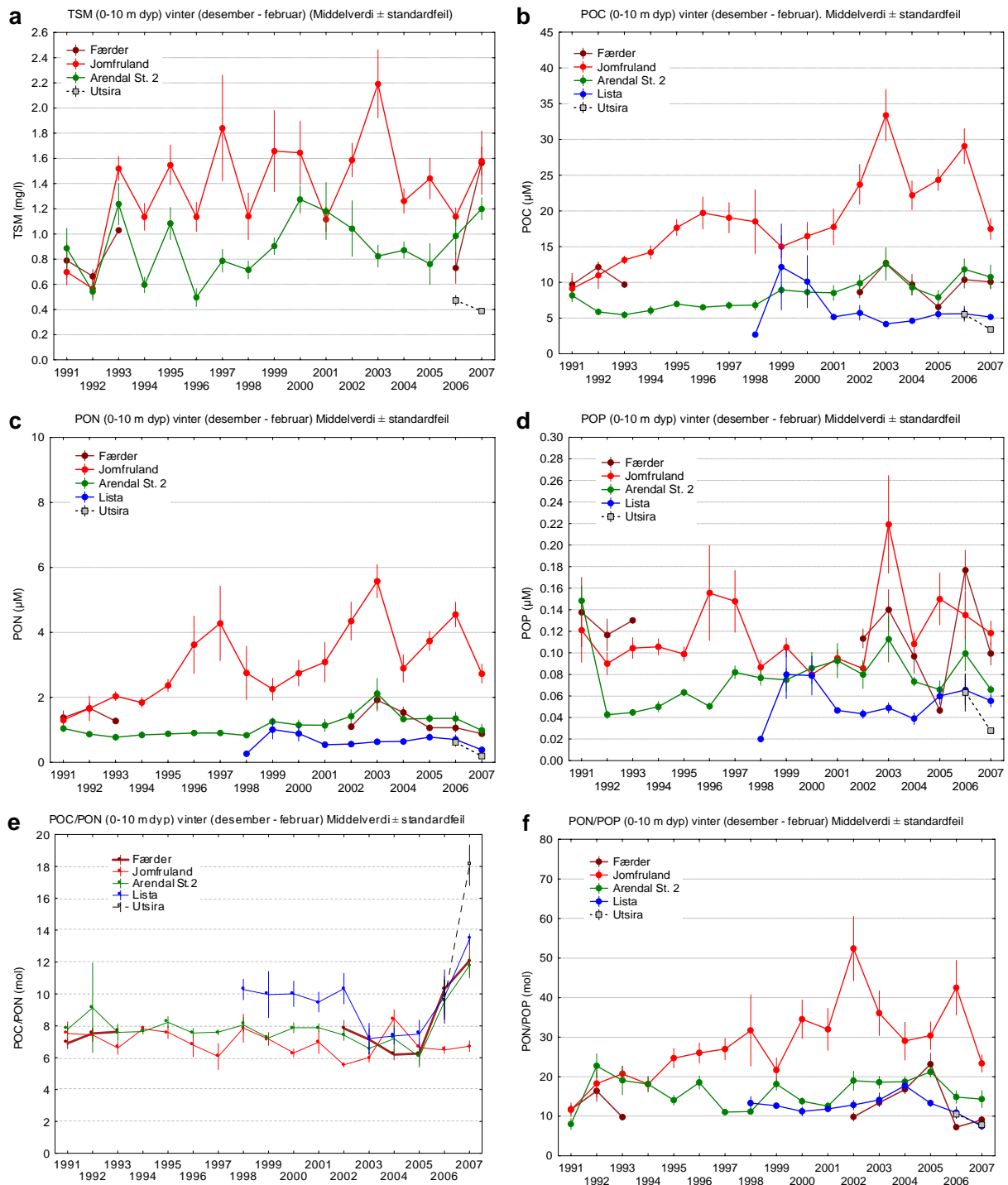
For samtlige variable i Figur 4.1 ligger konsentrasjonsnivåene i hovedsak i klasse I-II, dvs. meget god til god tilstand. Bare i enkelte år er det observert tilstandsklasse mindre god, spesielt i 1999 og 2002 (nitrat), hvor det også ble målt store tilførsler til vår kyst fra søndre Nordsjøen vinterstid. I 2006 ga mindre innslag av vann fra Tyskebukta seg utslag i lavere nitratkonsentrasjoner, men i 2007 var konsentrasjonen noe høyere igjen. Den milde vinteren i 2007 kan bety en større lokal tilførsel av nitrat fra elvene til kystvannet. At Færder har kommet i klasse mindre god, mens de fleste andre stasjonene fortsatt ligger i tilstandsklasse god, indikerer at forklaringen ligger i den høye vintervannføringen i Glomma. 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.

Nitrogenkonsentrasjonen har avtatt fra øst (Jomfruland) til vest (Lista), men etter 2003 er det bare Tot-N konsentrasjonen som ligger klart lavere ved Lista. Utsira plasserer seg på samme nivå (eller noe lavere) som Lista for både nitrogen og fosfor.

Partikkelkonsentrasjonen i overflatelaget har normalt (1990-2005) vært høyest vinterstid og sommerstid, mens karbonkonsentrasjonen når sitt maksimum om sommeren. I 2007 var partikkelkonsentrasjonen (TSM) vinterstid noe høyere enn i 2004-2006 på alle stasjoner unntatt Utsira (figur 4.2). Det er ikke lengre noen signifikant økning gjennom tidsrommet, men i perioden 1993-2003 var det vært flere år med store partikkelmengder ved Jomfruland. Ved Arendal St. 2 er det ikke noen signifikant trend. Konsentrasjonen av partikulært organisk karbon (POC, middelerdier) er signifikant økende på Jomfruland ( $p=0.00$ ) og Arendal St 2 ( $p=0.00$ ). Samme utvikling viser også PON, mens POP bare er økende ved Arendal St. 2 etter 1991 (1992-2006). For alle variable unntatt TSM avtok konsentrasjonen fra 2006 til 2007, mest ved Jomfruland.



Figur 4.1. a) Tot-N, b) Tot-P, c) NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N og d) PO<sub>4</sub>-P (µM) i 0-10 m dyp, desember-februar 1991-2007. SFTs grenser for miljøtilstand er markert (SFT 1997).

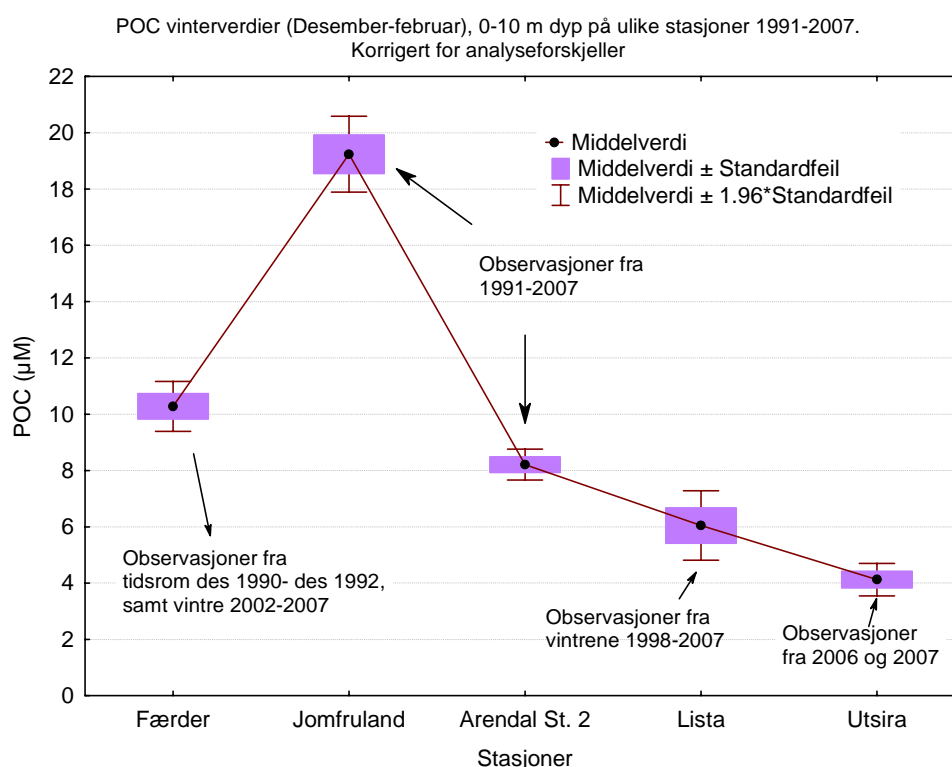


Figur 4.2. Partikkelmålinger i overflatevann (0-10 m dyp). a) Partikler (TSM), b) POC\*, c) PON\* og d) POP vinterstid 1991-2007 ved Færder, Jomfruland, Arendal St. 2, Lista og Utsira, samt forholdstallene e) POC/PON og f) PON/POP. \*= Det er en forskjell mellom Jomfruland og øvrige stasjoner i analysen av POC og PON. Parallellanalyser har vist god korrelasjon mellom de ulike laboratoriene (HI og NIVA), men at NIVA's analyser gir høyere konsentrasjoner. I denne rapporten er alle POC og PON analyser korrigerte iht. interkalibreringen.

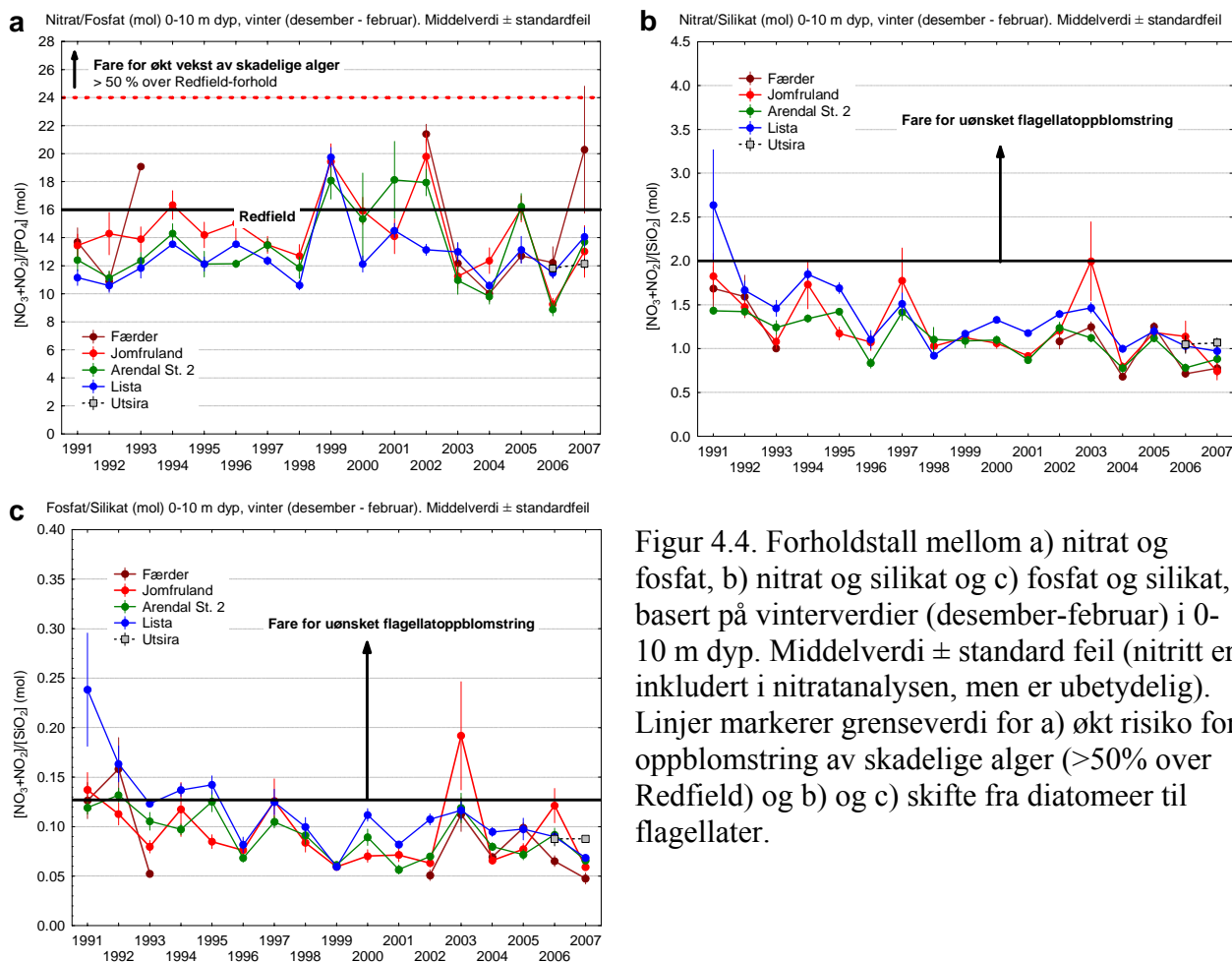


Forholdet POC/PON ligger relativt nær 7/1 (gjennomsnittlig forhold for marint materiale) for de tre stasjonene og det er ikke noen trend i perioden 1991-2007 (figur 4.2e), men i 2006 og spesielt i 2007 har forholdet økt betydelig ved Færder, Arendal, Lista og mest ved Utsira. Økningen skyldes at PON-konsentrasjonene har gått ned. POC/PON forholdet viser at mesteparten av de organiske partiklene i kystvannet er marine organismer (planteplankton etc.) og at det er variert innslag av terrestrisk materiale som gir et høyere forholdstall. I perioden 1998-2002 var forholdstallet høyere ved Lista enn ved de andre stasjonene, noe som kan indikere et større innslag av terrestrisk materiale i disse vannmassene i denne perioden. Stasjonen ved Utsira (observert i 2006 og 2007) er meget lik Lista i samme år. Ved Jomfruland har POC-konsentrasjonene alltid vært høye og høyere enn på de andre stasjonene. Forklaringen på at Jomfruland har en høyere POC-konsentrasjon enn Færder kan ligge i strømforholdene (langtransportert organisk stoff) eller/og lokale tilførsler fra Frierfjorden. Langs kysten er det en avtakende gradient for partikulært karbon (POC) fra øst og mot vest, fra Jomfruland til Utsira eller fra Færder til Utsira om Jomfruland holdes utenfor (figur 4.3).

PON/POP-forholdet er økende ved Jomfruland i 1991-2007, men ved Arendal St 2 er det ikke noen trend. (De øvrige stasjoner har kortere tidsserier uten trend.)



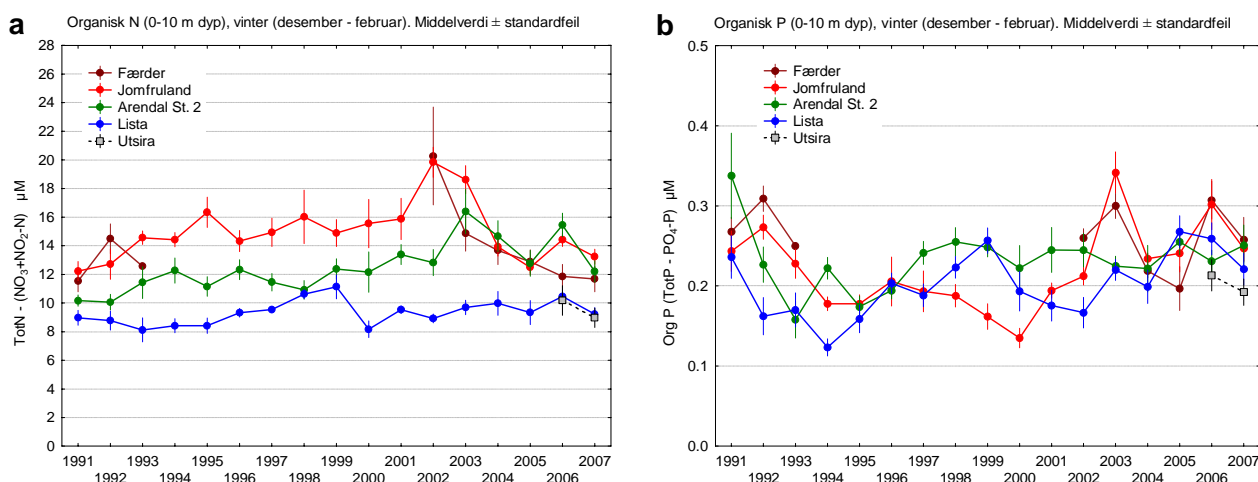
Figur 4.3. Gjennomsnittlige POC-konsentrasjoner vinterstid (0-10 m dyp) på alle stasjoner. POC-observasjonene er korrigerte for analyseforskjeller mellom laboratorier.



Figur 4.4. 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. Middelverdi ± 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.

OSPAR (Oslo-Paris kommisjonen) opererer med et sett kriterier for næringsalter vinterstid som kommisjonen mener kan være kritiske for utvikling av giftige eller uønskede algearter. I Figur 4.4 er tre forhold mellom næringsalter vinterstid sammenlignet med forholdstall som etter OSPAR 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 kystovervåkingsstasjonene er de fleste observasjonene under OSPAR's grenser (Figur 4.4). Frem til vinteren 2002 var det en tendens til økende N/P-forhold, men det lavere forholdet fra vinteren 2003 gir ikke lengre noen slik tendens. For  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}/\text{SiO}_3$  og  $\text{PO}_4\text{-P}/\text{SiO}_3$  er det i perioden 1990-2007 signifikant avtakende middelverdier på stasjon Arendal St 2 og Lista, det vil si avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger ut fra OSPARs kriterier. (Det ble ikke registrert blomstring av toksiske alger i 2007, jfr. kap. 5.) Høye vinterkonsentrasjoner av nitrat og fosfat på Jomfruland, spesielt i 2003, kan ha sammenheng med langtransporterte tilførsler.

Organisk nitrogen (her definert som forskjellen mellom Tot-N og nitrat+nitritt) er nitrogen som i hovedsak er bundet til partikler (for eksempel planteplankton eller annet materiale som ikke er løst i vannet). Figur 4.5 viser at organisk nitrogen ved Jomfruland øker frem til 2003. Ved Arendal St. 2 er det en signifikant økning gjennom hele perioden 1991-2007, mens det er ingen endring ved Lista. Det er en klar øst-vest gradient med de største konsentrasjonene ved Jomfruland og de laveste ved Lista (og Utsira), men bortsett fra Lista viser de 4 siste årene ikke noen forskjell mellom Færder, Jomfruland og Arendal St. 2. For organisk fosfor (figur 4.5) er bildet mer uryddig uten noen klar utvikling i perioden.



Figur 4.5. Organisk nitrogen (a) og fosfor (b) ved Færder, Jomfruland, Arendal St.2, Lista og Utsira vinterstid 1991-2007.

## 4.2 Sommerverdier i overflatelaget

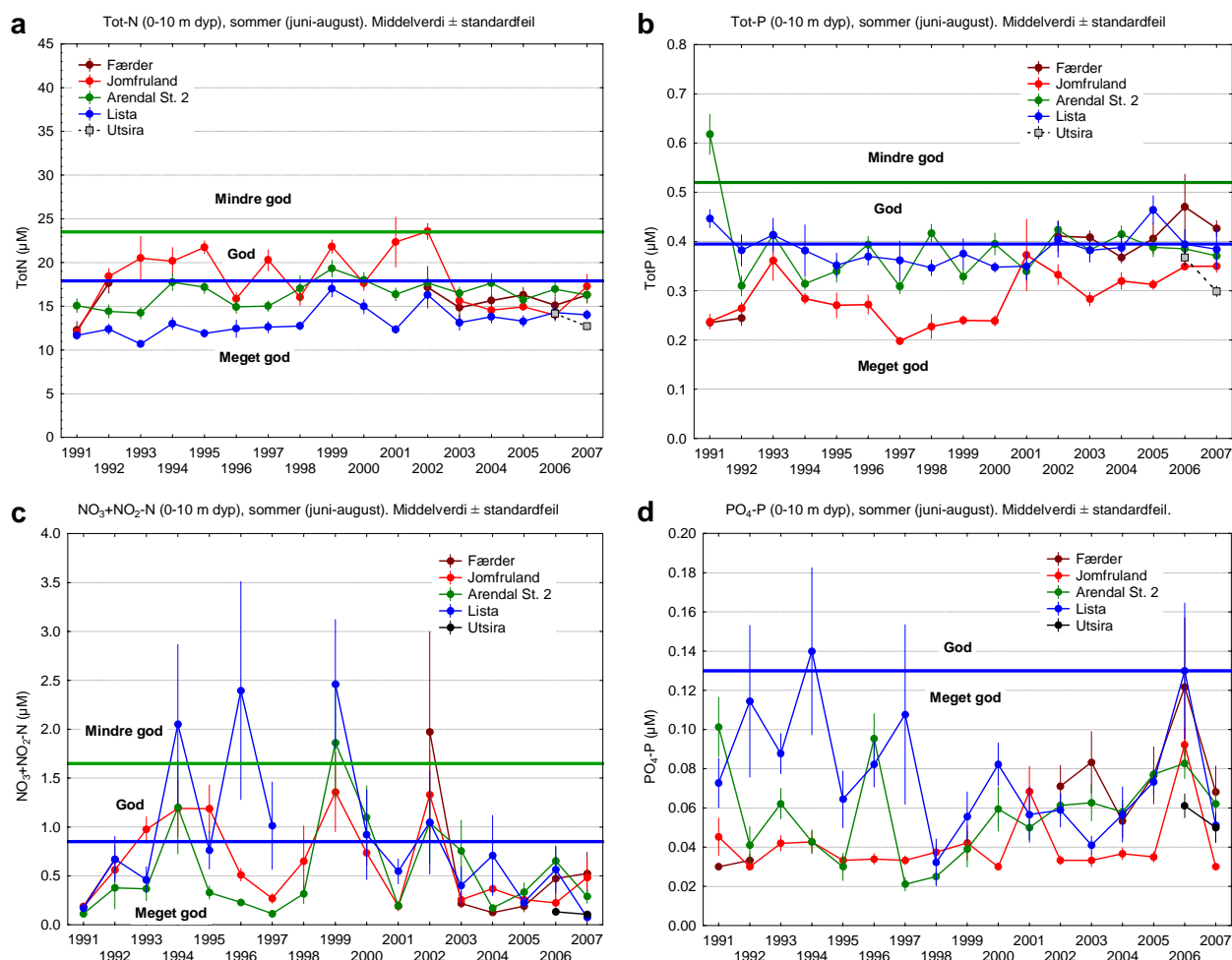
I Figur 4.6 er sommerkonsentrasjoner i overflatelaget (vannprøver fra 0, 5 og 10m dyp) sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier for kystvann (SFT 1997). Vannkvaliteten for alle parametre sommeren 2007 er i tilstandsklassen meget god (klasse I), med unntak for totalfosfor (klasse II-god) og klorofyll-a (klasse III-mindre god) ved Færder. Sommerstid vil innholdet av løste næringsalter ofte bli nær eller lavere enn nedre målbare grense fordi planteplanktonproduksjonen tømmer vannet for løste næringsalter. I denne analysen er alle verdier mindre enn nedre målbare grense satt lik denne grenseverdien.

Sett over observasjonsperioden er det en signifikant økning av nitrogen (Tot-N) på Lista ( $p=0.02$ ) men ikke for Jomfruland og Arendal St. 2. For fosfor (Tot-P), fosfat ( $PO_4$ -P) og nitrat+nitritt ( $NO_3+NO_2$ -N), er det ikke noen signifikant forandring i perioden 1991-2007. Konsentrasjonen ligger med få unntak i beste tilstandsklassen - meget god. I tidsrommet 1991-2007 skiller 1999 og 2002 seg ut med samtidig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner på de tre stasjonene.

Figur 4.7 viser overflatekonsentrasjoner (middelverdier) av klorofyll-a, partikler (TSM) og partikulært organisk karbon (POC), nitrogen (PON), fosfor (POP) og partikulært N/P-forhold (PON/POP). Sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier er klorofyllkonsentrasjonene sommeren 2007 i tilstandsklasse meget god (Arendal, Lista og Utsira) eller god (Jomfruland), mens Færderstasjonen kommer i klasse mindre god. Det er ikke noen signifikant trend i observasjonene for perioden 1991-2006.

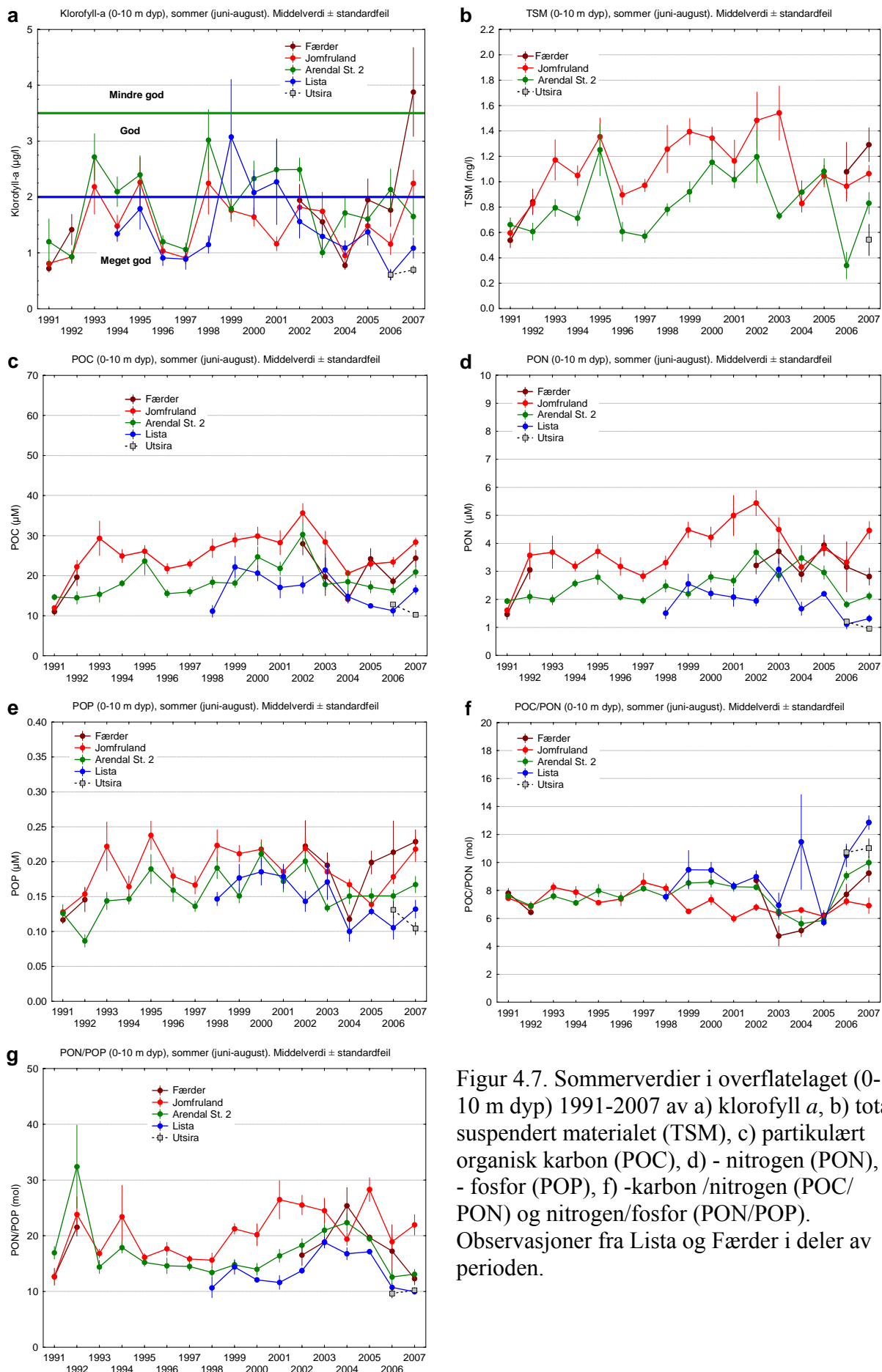
Partikkelkonsentrasjonen (TSM) øker på Jomfruland gjennom observasjonsperioden frem til 2003, men de siste fire årene har den blitt betydelig lavere og det er ikke noen trend over hele perioden lengre. Det kan se ut som at tidsrommet 1998-2003 var spesielt med høyere partikkelkonsentrasjoner og at de siste årenes observasjoner antyder mer normale forhold. Det er en klar øst-vest gradient i 2007 med høyeste partikkelkonsentrasjonen i øst (Færder) og laveste ved Utsira.

For partikulært karbon (POC) og nitrogen (PON), var det en signifikant økning av middelverdier for Jomfruland og Arendal St. 2 i perioden 1992-2003, men med lavere konsentrasjoner i 2004-2006 ble trenden brutt. I 2007 øker POC i igjen, mens PON er som i 2006 eller lavere unntatt på Jomfruland hvor også PON øker. Det er ikke noen langtidstrend for partikulært fosfor (POP), men etter en nedgang i perioden 2002-2004, øker POP noe i Skagerrak. POC/PON-forholdet ligger nær 7:1, dvs. at det partikulære materialet domineres av marine organismer. Imidlertid kan økningen av forholdet i 2006/2007 tyde på et større innslag av terrestrisk materiale. PON/POP-forholdet var betydelig lavere i 2006 og 2007 enn i 2005 og det er ikke lengre noen statistisk signifikant økning ved Jomfruland. Forholdet er størst ved Jomfruland og lavest ved Lista (og Utsira).



Figur 4.6. Næringsalter i overflatevann (0-10m dyp) sommerstid (juni-august).

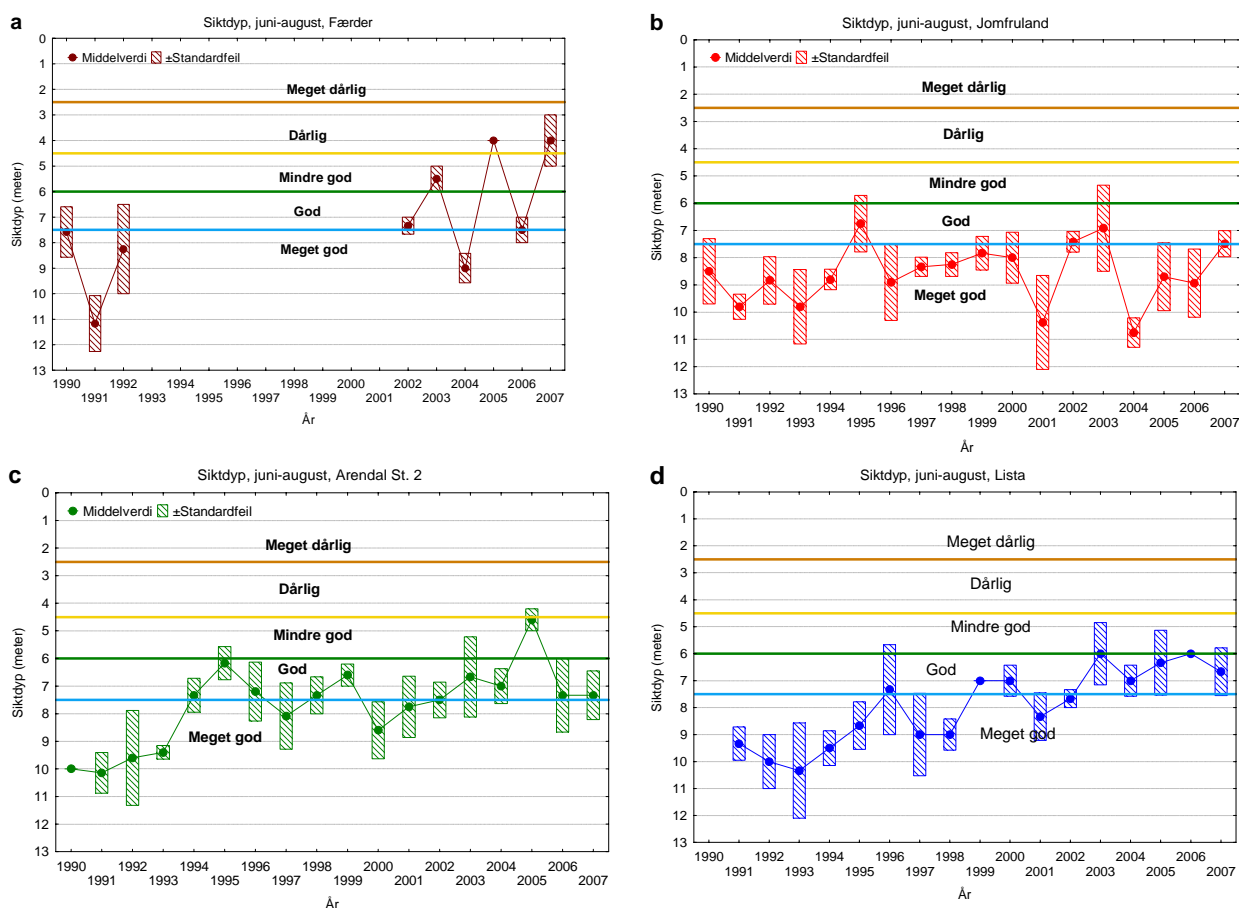
a) Tot-N, b) Tot-P, c) NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N og d) PO<sub>4</sub>-P (µM). SFTs klassifiseringsgrenser er markert.



Figur 4.7. Sommeerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) 1991-2007 av a) klorofyll *a*, b) totalt suspendert materialet (TSM), c) partikulært organisk karbon (POC), d) - nitrogen (PON), e) - fosfor (POP), f) -karbon/nitrogen (POC/PON) og nitrogen/fosfor (PON/POP). Observasjoner fra Lista og Færder i deler av perioden.

### 4.3 Siktdyp

Siktdypet sommeren 2007 tilfredstilte tilstandsklasse 'god' (SFTs miljøkvalitetskriterier) på stasjonene Jomfruland, Arendal St 2 og Lista, men ikke på stasjon Færder (Figur 4.8). Generelt for perioden 1991-2007 har det vært signifikant avtagende (dårligere) siktdyp på stasjonene Arendal og Lista, både for sommerobservasjoner og for hele året sett under ett (Tabell 4.1). Avtagende siktdyp i perioden betyr økt grumsete vann. Det stemmer med målinger av partikler (TSM) og mengden partikulært organisk karbon (POC) i vannmassene, men samtidig viser målingene at gjennomsnittlig algeplanktonbiomasse har gått ned (jfr. kap. 5). Høye POC-verdier kan derfor være resultat av stor avrenning fra land som følge av mye nedbør sommeren 2007. (Resultatet skal dog brukes med forsiktighet pga. usikkerhet i analysetekniske forhold.) Siste års gode siktdyp på Jomfruland snudde den negative trenden som her var signifikant fram til 2003, men i 2007 var siktdypet igjen dårligere, noe som også kan ha sammenheng med den nedbørrike sommeren. Dårlig siktdyp i 2007 på Færder stemmer også med redusert nedre voksedyp for makroalger (jfr kap 6.2.4) og en periode med avtakende voksedyp i B-området kan passe med avtakende siktdyp på stasjon Arendal. Ved Lista har nedre voksedyp variert mye fra år til år og viser ingen sammenheng.

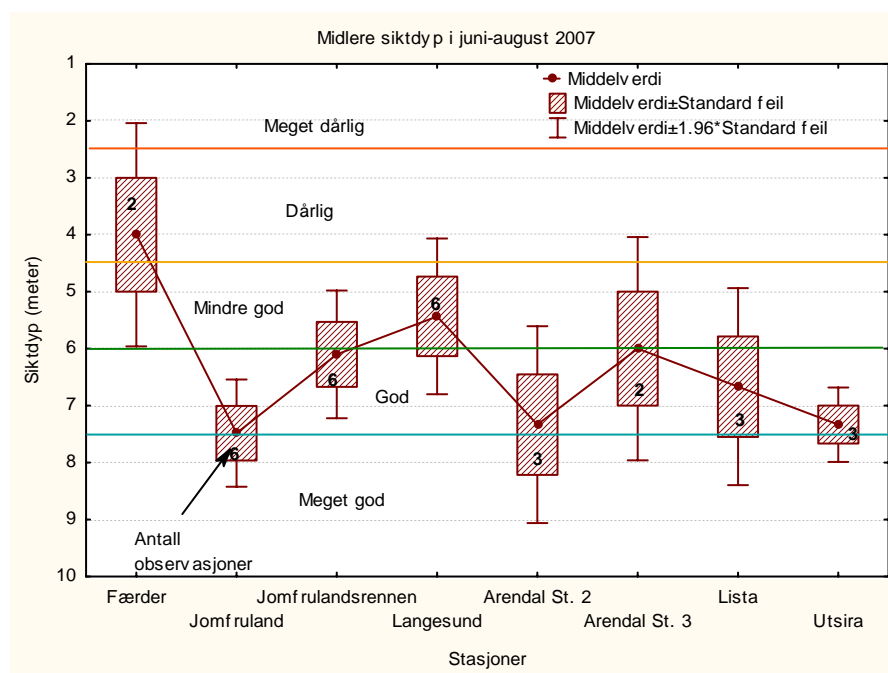


Figur 4.8 Siktdyp målt i kystvannet av Skagerrak i sommerperioden juni-august. a) Siktdypskvalitet ved Færder, b) - Jomfruland, c) - Arendal, d) - Lista. Siktdypskvaliteten er iht. SFTs kvalitetskriterier.

Tabell 4.1 Regresjonsanalyse av siktdypsmålinger ved Jomfruland, Arendal og Lista. Negativ trend betyr signifikant nedgang i siktdyp i perioden 1991-2007.

Periode 1991-2007	Stasjon	$r^2$	Signifikans P	Trend
Hele året	Jomfruland	0.03	0.48	Ingen
	Arendal St. 2	0.48	0.002	Negativ
	Lista	0.52	0.001	Negativ
Sommer-verdier juni-august	Jomfruland	0.16	0.11	Ingen (negativ tendens)
	Arendal St. 2	0.44	0.004	Negativ
	Lista	0.4	0.00	Negativ

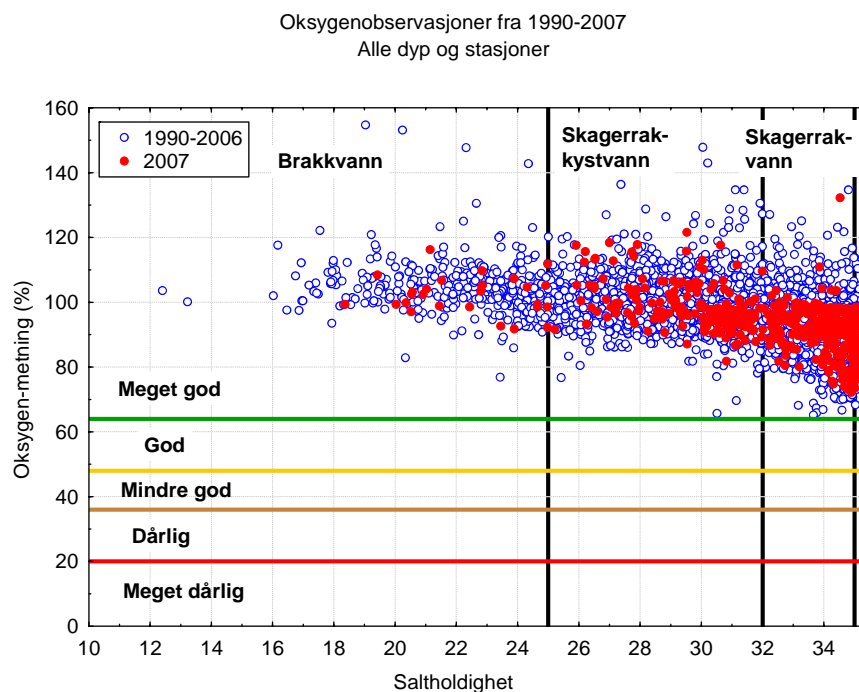
Figur 4.9 viser at siktdypet avtar fra meget god/god på stasjonene Jomfruland og Arendal st. 2 i kyststrømmen til god/mindre god på stasjonene Jomfrulandsrennen og Langesund som ligger inneskjærs innenfor Jomfruland og i Langesundsfjorden. Det dårligste siktdypet ble observert ved Færder (merk bare 2 observasjoner) og skyldes sannsynligvis store partikkeltilførsler fra Glomma i juni/juli. Siktdypet ved Lista og på Vestlandet tilfredsstilte tilstandsklasse god.



Figur 4.9 Midlere siktdyp juni-august 2007 fra samtlige stasjoner.

#### 4.4 Vannkvalitet i ulike vannmasser

Oksygenmetningen i de dypere vannmassene i kyststrømmen er i 2007 i tilstandsklasse ”meget god” i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 4.10).



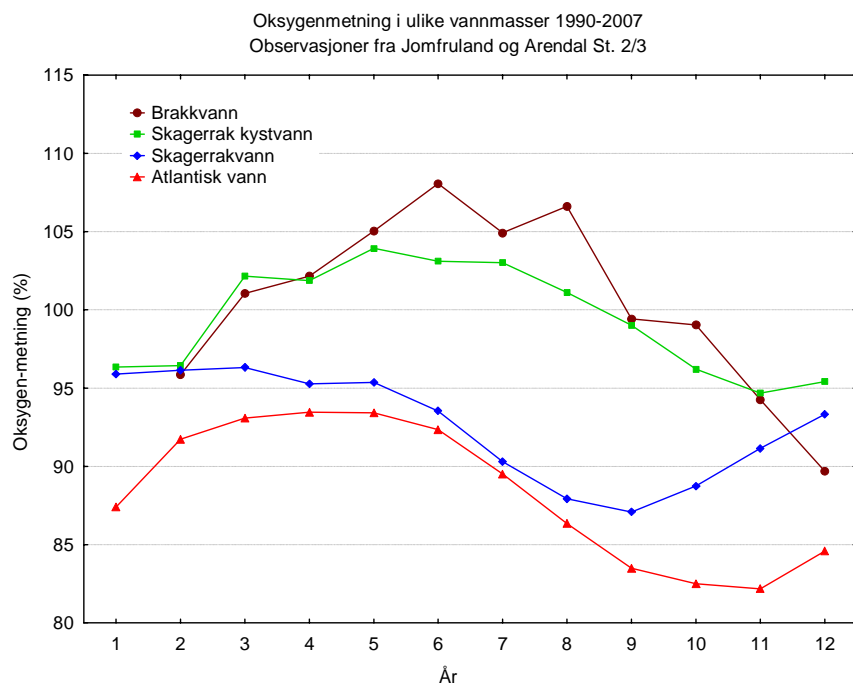
Figur 4.10 Oksygenmetning (%) i kystvannet målt over perioden 1991-2007. Observasjoner fra Færder, Jomfruland, og Arendal. Resultater fra 2007 er markert med røde punkter.

Kystvannets oksygeninnhold varierer gjennom året og mellom de ulike vannmassene i Skagerrak (Figur 4.11). 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 få målinger ligger til grunn for dette resultatet og det skal brukes med forsiktighet). Overmetning betyr at oksygenkonsentrasjonen overstiger 100% av det vannmassen etter temperatur og saltholdighet *normalt* klarer å holde på. I overflatelaget er overmetning ofte et resultat av høy planteplanktonproduksjon (som gir oksygen).

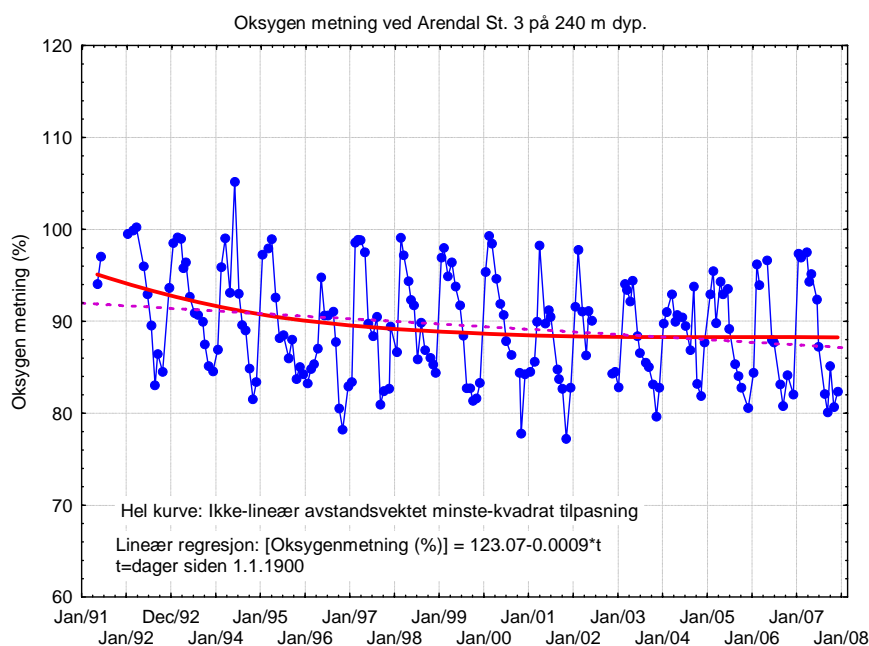
I Skagerrak-kystvann er det gode oksygenforhold gjennom hele året. I Skagerrakvann (vann fra 25 til 100-150 m dyp) er det lavest oksygeninnhold på sensommeren (august-september), mens det i Atlantisk vann (dypere enn 100 m, jfr. Figur 2.4) er lavest i oktober-november (Figur 4.11).

De gode oksygenforholdene i kyststrømmen er å forvente siden vannet har kort oppholdstid. Økt planteplanktonproduksjon og økt mengde organisk materiale som øker oksygenforbruket i dypere vannmasser, vil normalt ikke føre til kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i vannmasser med kort oppholdstid, noe som også observasjonene fra Kystovervåkingsprogrammet viser. Selv om oksygenforholdene er gode, er det en tendens til avtakende konsentrasjoner i de dypere vannmassene utenfor Arendal. Figur 4.12 viser at både maksimum- og minimumverdiene har samme tendens, dvs. avtar gjennom perioden, men at denne negative tendensen har bremsset opp de siste årene (2005-2007). Andre analyser har tidligere vist avtakende oksygenkonsentrasjoner i fjorder og kystvann langs Skagerrakkysten (Johannessen og Dahl 1996) samt ute i Skagerrak (Andersson 1996) og observasjonene fra Kystovervåkingsprogrammet synes å bekrefte at denne negative trenden har fortsatt.





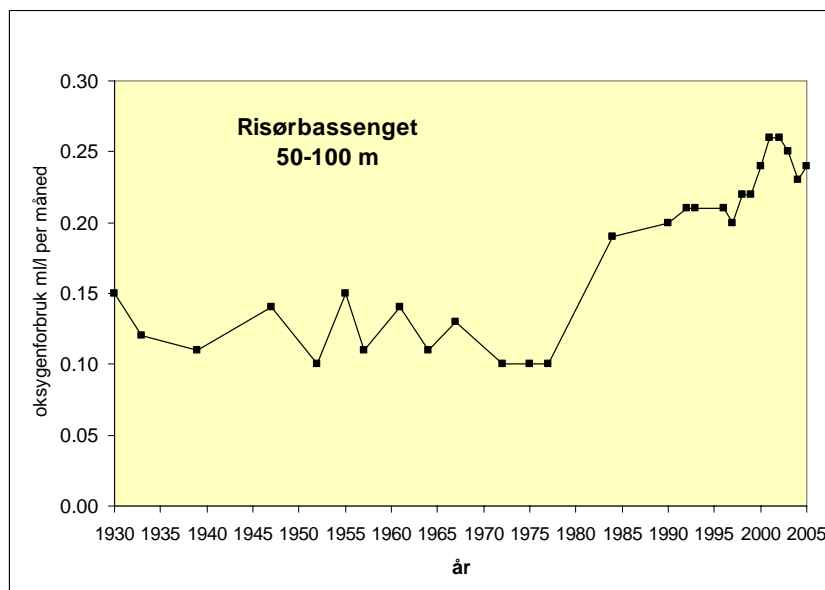
Figur 4.11. Oksygen i kystvannmasser plottet som oksygenmetning (%) pr. måned i 1990-2007. Vanntypene er definert i kap. 2.



Figur 4.12 Oksygenmetning (%) på 240 meters dyp på stasjon Arendal St. 3 i perioden 1991-2007.

Selv om oksygenforholdene i Kyststrømmen er gode, vil avtakende konsentrasjoner i Kyststrømmen ha betydning for fjorder og estuarier langs Skagerrakkysten siden disse områder stadig forsynes med og er avhengige av oksygenrikt vann fra Kyststrømmen. En moderat lavere oksygenkonsentrasjon i det innstrømmende vannet kan få alvorlige konsekvenser for oksygenkonsentrasjonen i fjordbassenget, avhengig av oppholdstiden på bassengvannet. Økt organisk belastning på fjorder og kystbasseng gir økt oksygenforbruk og til sammen fører det til dårlig vannkvalitet i dypvannet. Figur 4.13 illustrerer en klar økning i oksygenforbruket fra 1980 (omlag 70 % større i perioden 1984-2005 enn i 1930-77) til i dag. (Målingene er fra Risørbassenget utført av Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen.) Dette betyr at den organiske belastningen på Risørbassenget har økt tilsvarende. Det økte oksygenforbruket de siste 15 år har ført til dårligere oksygenforhold i en rekke fjord- og

kystbasseng langs Skagerrakkysten med klart negative konsekvenser for bl.a faunaen i bassengene (Buhl-Mortensen m.fl. 2006).



Figur 4.13  
Oksygenforbruket i  
Risørbassenget  
mellom 1930 og  
2005. (Kilde: HI).

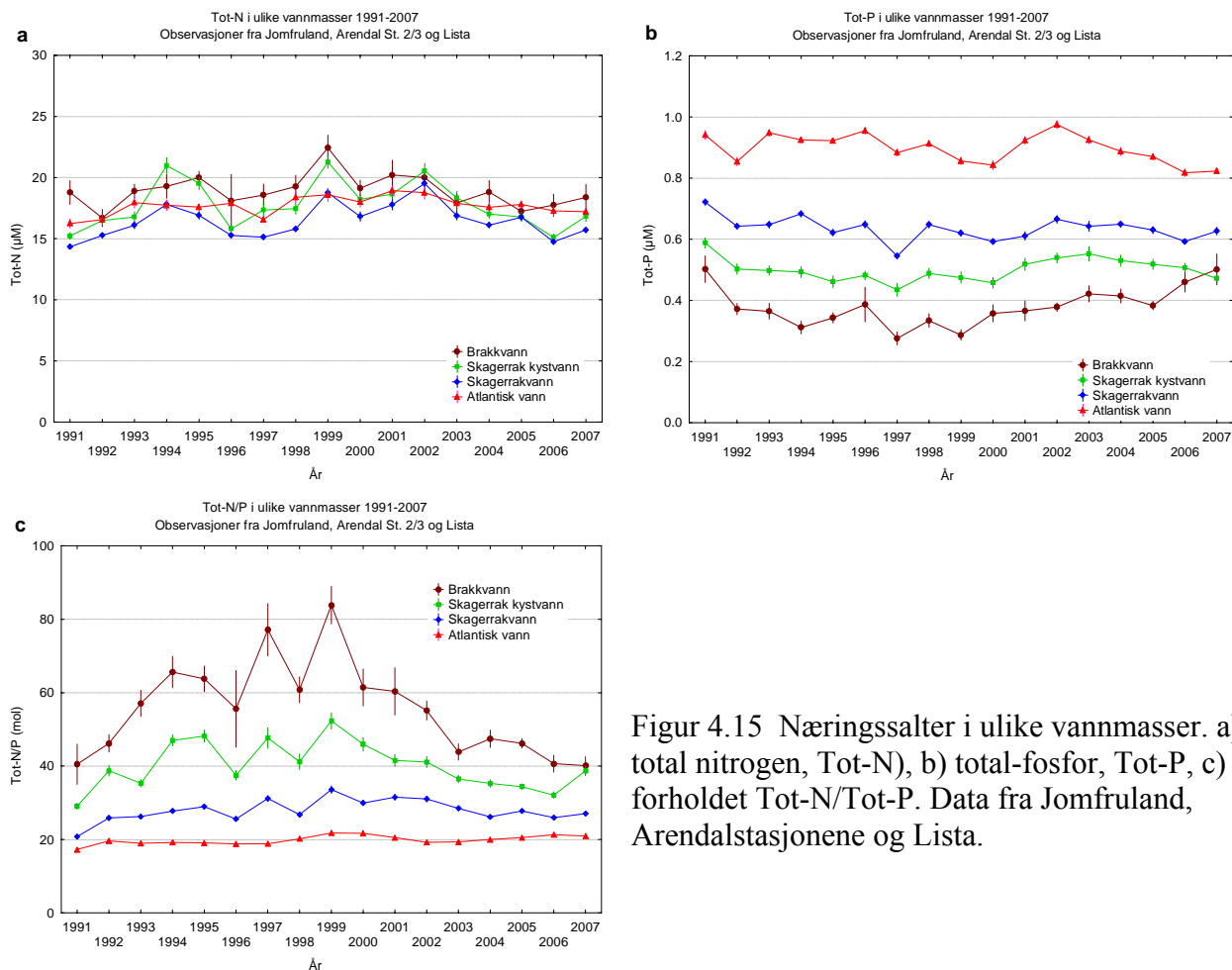
Årsmiddelverdiene av partikkelkonsentrasjonen (TSM) viser samme utvikling for de tre vannmassene Brakkvann, Kystvann og Skagerrakvann, oftest med den høyeste konsentrasjonen i brakkvannslaget og den laveste i Skagerrakvann (Figur 4.14 a, Tabell 4.2). Med resultatene fra 2007 er det nå bare i Skagerrak Kystvann det er en signifikant økning, men denne er avhengig av de lave konsentrasjonene i 1991 og 1992. Samme fordeling, med høyest konsentrasjon i brakkvann og lavest i Skagerrakvann, gjelder også for organisk materiale (jfr. POC, PON og POP, hhv. karbon, nitrogen og fosfor, i Figur 4.14 bcd).

Det er en signifikant økning av POC og PON i perioden 1990-2007 for brakkvann, kystvann og spesielt Skagerrakvann, men ikke i Atlantisk vann (Tabell 4.2). For POP er det ingen signifikant økning. PON/POP-forholdet (Figur 4.14 e) øker derfor i alle vannmasser (skyldes økende PON), unntatt i Atlantisk vann hvor det avtar gjennom observasjonsperioden (Figur 4.14 e og Tabell 4.2). POC/PON-forholdet ligger nær 7:1, dvs. det organiske materialet som måles er i all hovedsak marine organismer (planteplankton etc.). Imidlertid viser POC/PON-forholdet ved Jomfruland at det noen år er noe større innslag av terrestrisk materiale her. Det marine signalet avtar med dyppet når det brytes ned under sedimentasjon. (Terrestrisk materiale som lignin brytes svært langsom ned.)

Konsentrasjonen av total nitrogen (Tot-N, Figur 4.15a) er til vanlig størst i Brakkvann, deretter i Skagerrak kystvann. Atlantisk vann har ofte høyere konsentrasjoner enn Skagerrakvann. For total fosfor (Tot-P, Figur 4.15b) er konsentrasjonen gjennomgående høyere i de dypereliggende 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 4.15c. For Tot-P og Tot-N er det ikke noen signifikant utvikling i perioden (Tabell 4.2). Brakkvann og Kystvann synes å vise en variasjon, med økning fram til 1999 og reduksjon i etterfølgende periode. N/P-forholdet er signifikant økende i Atlantisk vann.



Figur 4.14 Partikulært materiale i ulike vannmasser. a) partikler TSM, b) partikulært organisk karbon, POC, c) –nitrogen, PON, d) –fosfor, POP, e) forholdet organisk nitrogen og f) fosfor PON/POP. For TSM er det brukt data fra Jomfruland og Arendal St. 2, for POC, PON og POP data fra Jomfruland og Arendal St 2 og 3



Figur 4.15 Næringsstoffer i ulike vannmasser. a) total nitrogen, Tot-N, b) total-fosfor, Tot-P, c) forholdet Tot-N/Tot-P. Data fra Jomfruland, Arendalstasjonene og Lista.

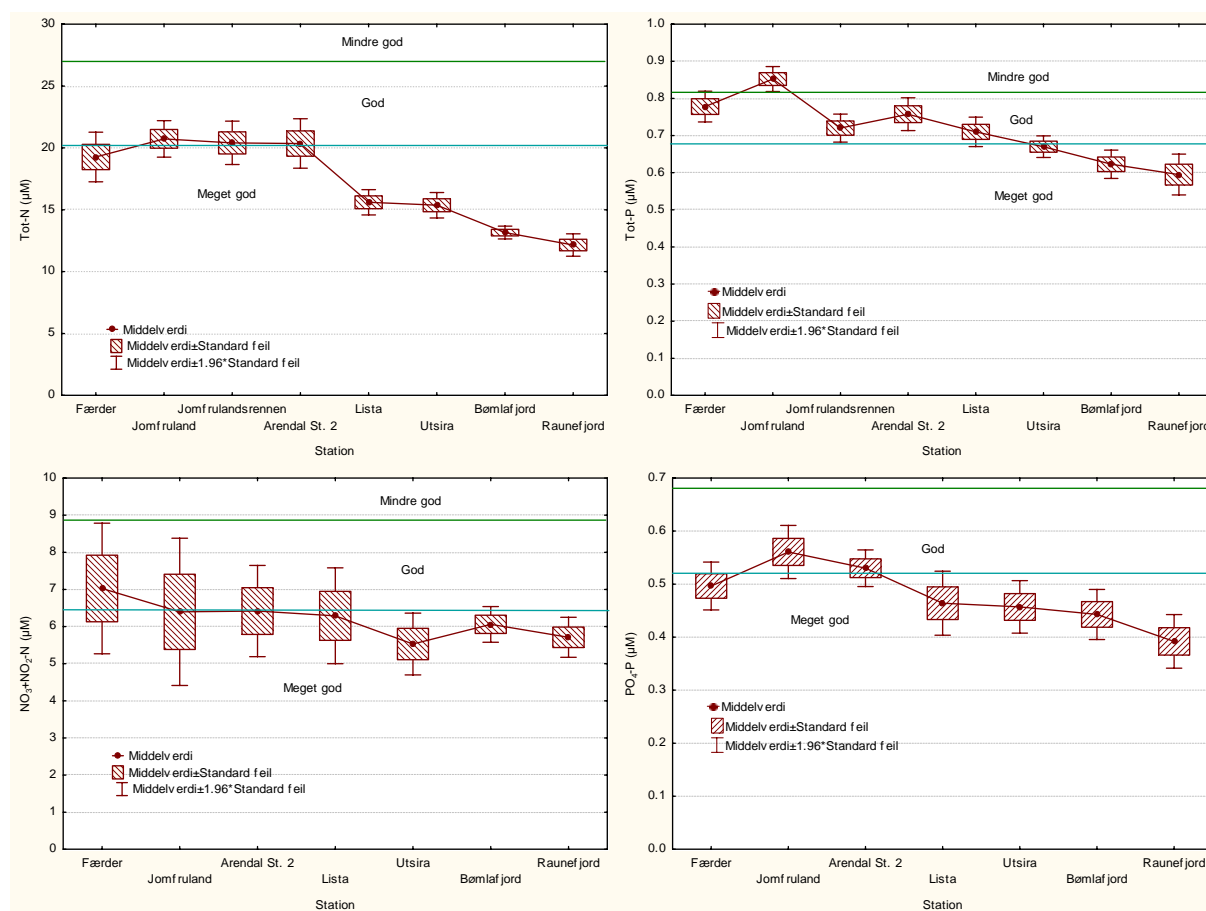
Tabell 4.2 Resultater av regresjonsanalyse på middelverdier. Trend = Positiv betyr signifikant økning i perioden. p gir signifikansnivået.

Periode	Stasjoner	Parameter	Vannmasse	r <sup>2</sup>	p	Trend
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2	TSM	BV	0.23	0.05	(Positiv)
		TSM	SK	0.30	0.02	Positiv
		TSM	SV	0.24	0.05	(Positiv)
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC	BV	0.34	0.014	Positiv
		POC	SK	0.51	0.001	Positiv
		POC	SV	0.67	0.000	Positiv
		POC	AV	0.00	0.99	-
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2/3.	PON	BV	0.45	0.03	Positiv
		PON	SK	0.53	0.001	Positiv
		PON	SV	0.55	0.000	Positiv
		PON	AV	0.08	0.27	-
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POP	BV	0.02	0.63	-
		POP	SK	0.08	0.27	-
		POP	SV	0.13	0.16	-
		POP	AV	0.01	0.68	-
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2/3	PON/POP	BV	0.47	0.003	Positiv
		PON/POP	SK	0.29	0.03	Positiv
		PON/POP	SV	0.40	0.006	Positiv
		PON/POP	AV	0.45	0.003	Negativ
1991-2007	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC/PON	BV	0.06	0.35	-
		POC/PON	SK	0.02	0.58	-
		POC/PON	SV	0.004	0.80	-
		POC/PON	AV	0.06	0.36	-
1991-2007	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-N, Tot-P	BV, SK, SV,AV	0.0-0.2	0.1-0.9	-
1991-2007	Jomfruland+Arendal+Lista	Tot-(N/P)	BV, SK, SV	0.0-0.1	0.2-0.6	-
		Tot-(N/P)	AV	0.42	0.01	Positiv

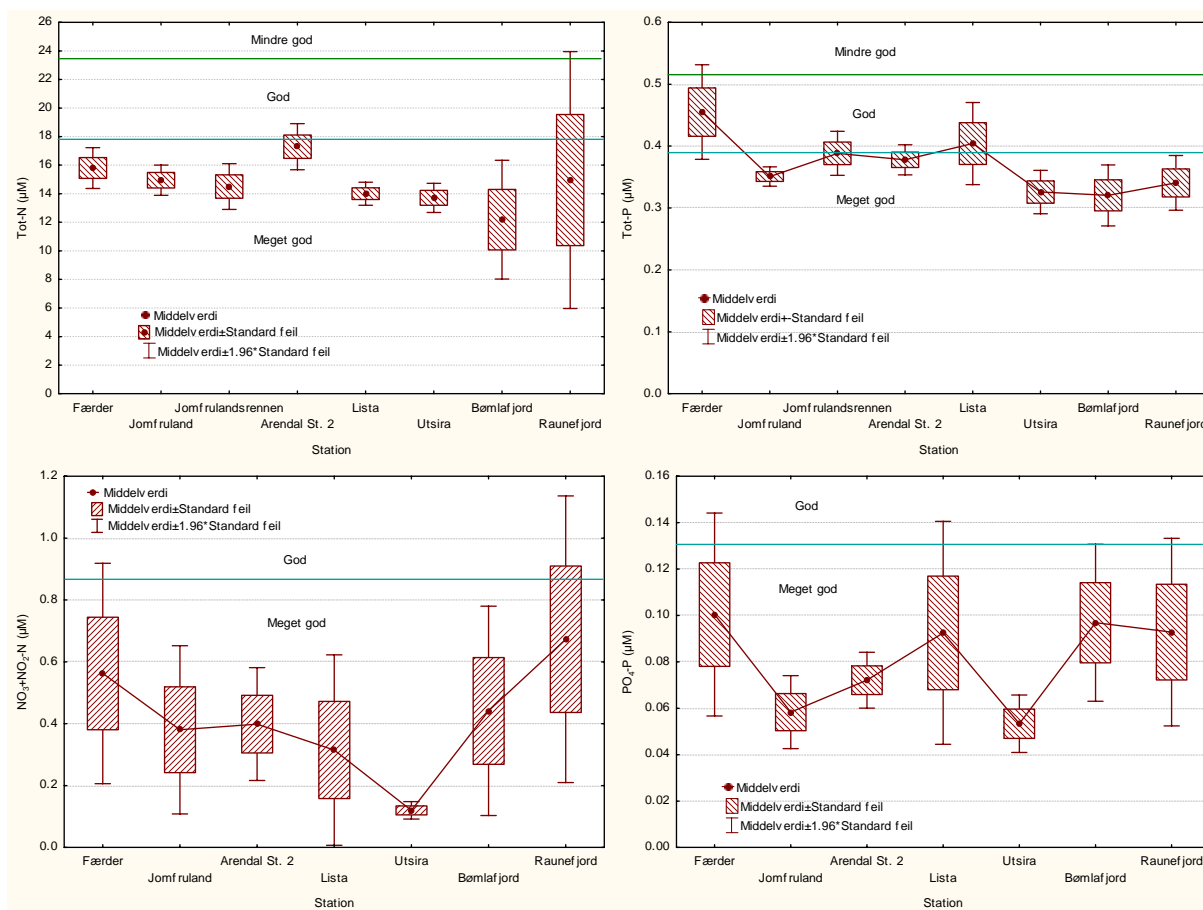
## 4.5 Geografiske gradienter i næringsalter

### Øst-vest

Vinterverdier av næringsalter i overflatevannet (0-5 m dyp) i 2006-2007 (år med målinger fra alle stasjonene) viser en klar geografisk trend fra Ytre Oslofjord til Bergen med de høyeste verdiene i østlige Skagerrak (Figur 4.16). Som vist i kap. 3 har det sammenheng med store langtransporterte tilførsler til kyststrømmen som starter i østre del av Skagerrak (Færder-Jomfruland). Men målinger sommerstid viser ingen slik trend (Figur 4.17). Konsentrasjonen av næringsalter i overflatevannet er da like store ved Færder i Skagerrak og i Raunefjorden ved Sotra utenfor Bergen. Merk at konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse I på alle stasjonene.



Figur 4.16 Vinterverdier av total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), nitrat (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) og fosfat (PO<sub>4</sub>) i overflatevann (0-5 m) i 2006-2007 på stasjonene Færder\*, Jomfruland, Arendal st 2, Lista, Utsira, Bømlafjorden\* og Raunefjorden\*. \* = FerryBox-målinger.



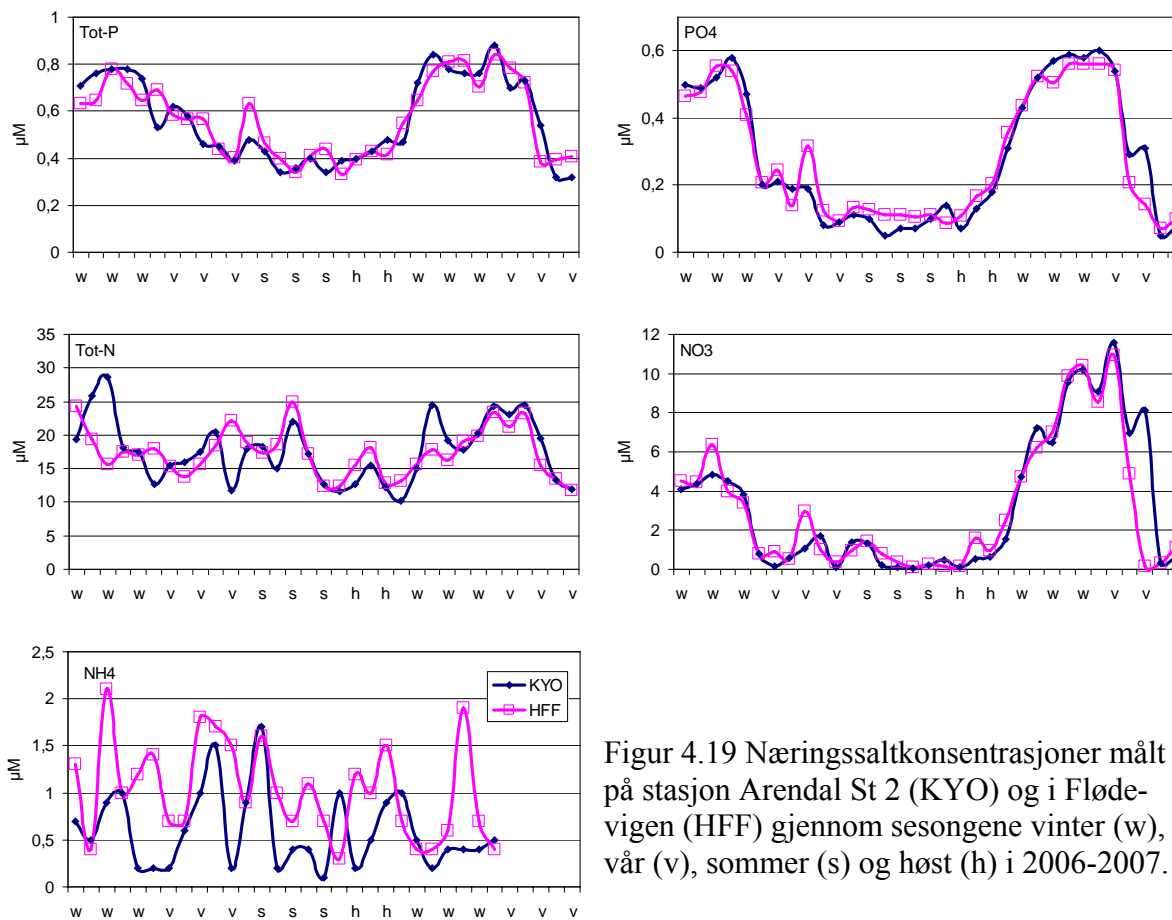
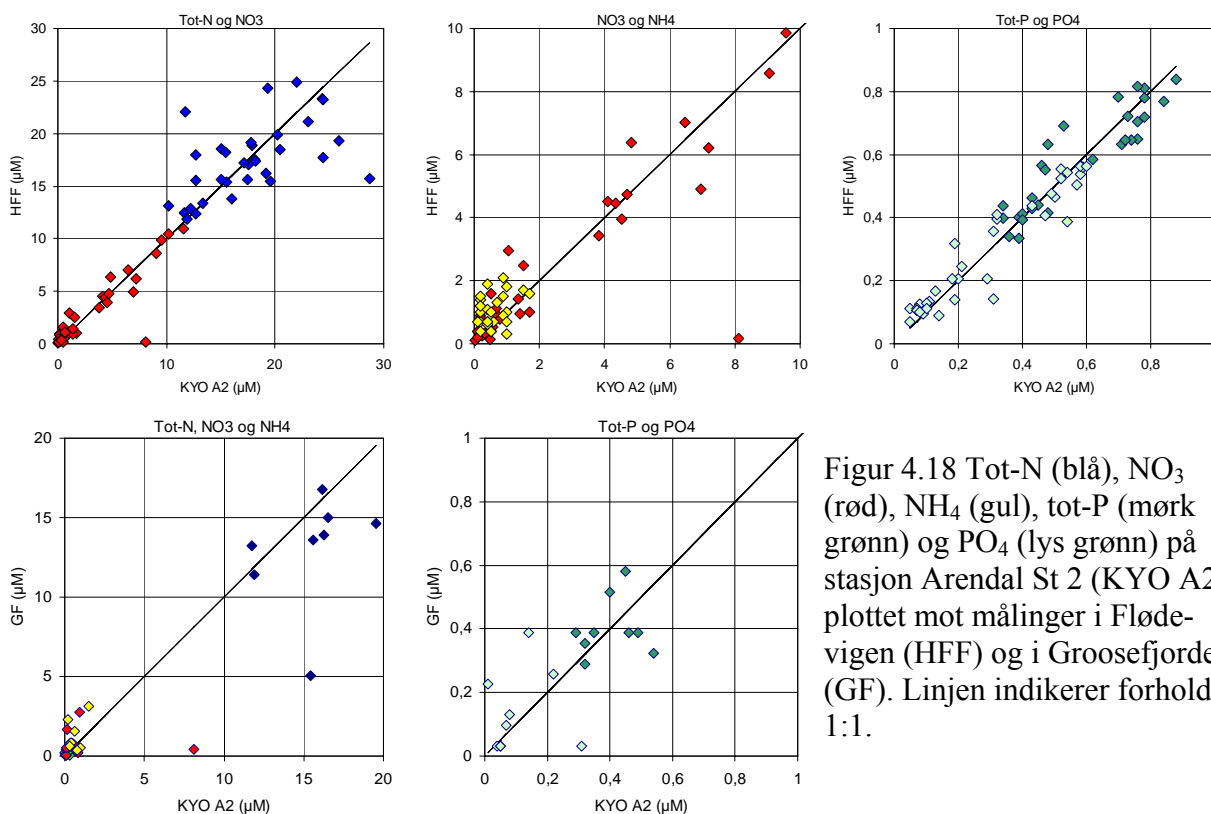
Figur 4.17 Sommerverdier av total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), nitrat (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) og fosfat (PO<sub>4</sub>) i overflatevann (0-5 m) i 2006-2007 på stasjonene Færder\*, Jomfruland, Arendal st 2, Lista, Utsira, Bømlafjorden\* og Raunefjorden\*. \* = FerryBox-målinger.

### Ytre – indre kyst

I forbindelse med problematikken knyttet til bortfall av sukkertare og dårlig tilstand på indre kyst av Skagerrak samtidig som tilstanden var god på ytre kyst av Skagerrak, ble det i en tidsavgrenset periode utført næringssaltmålinger på 2 ”fjordstasjoner” (brygga i Flødevigen, HI’s forskningsstasjon i Arendal og i Groosefjorden utenfor NIVAs Sørlandsavdeling i Grimstad). Resultatene er vist i figurene 4.18-4.20.

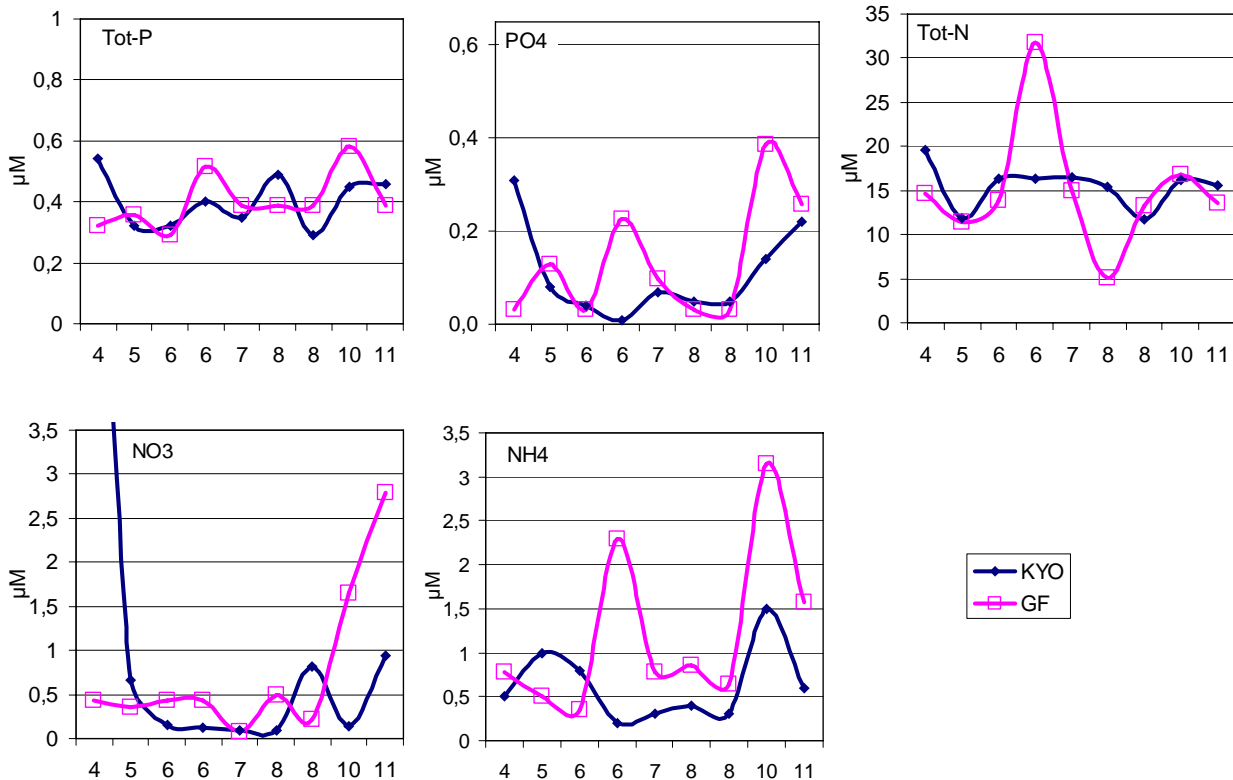
Analysene viser at det generelt er god overensstemmelse mellom næringssaltkonsentrasjoner målt på 5 m dyp ved overvåkingsstasjonen Arendal St 2 (i kyststrømmen 1 nautisk mil av land) og på 5 m dyp i Flødevigen og 5 m dyp i Groosefjorden (Figur 4.18). Målte konsentrasjoner av total fosfor og fosfat ved Arendal St 2 og Flødevigen samvarierer i høy grad (Figur 4.19), mens det er noe større variasjon mellom Kyststrømmen og Groosefjorden, spesielt for fosfat som generelt er høyere i Groosefjorden (Figur 4.20). Konsentrasjonstopper målt på fjordstasjonene tyder på lokale tilførsler som ikke reflekteres i målinger i kyststrømmen. Lokale tilførsler påvirker den lokale resipienten direkte.

Tilsvarende som for fosfor er det god samvariasjon mellom Arendal St 2 og Flødevigen for total nitrogen og nitrat, mens ammoniumkonsentrasjonene er høyere i den lokale resipienten. For Groosefjorden er det større variasjon som indikerer at det både er en større geografisk og tidsmessig avstand mellom Arendal St 2 og Groosefjorden enn Arendal St 2 og Flødevigen.



Målingene viser at fjordbassengene er påvirket av lokale hendelser som har betydning for den lokale vannkvaliteten, mens kyststrømmen legger ”lista” for den generelle vannkvaliteten.

Analysen viser at det er god sammenheng mellom næringssalter målt på Kystovervåkingsprogrammets overvåkingsstasjoner i kyststrømmen og næringssalter i fjorder og basseng innenfor kyststrømmen, men at disse bassengene også mottar lokale tilførsler som periodevis gir forhøyede verdier av næringssalter (spesielt ammonium  $\text{NH}_4$ ) og partikler.



Figur 4.20 Næringssaltkonsentrasjoner målt på stasjon Arendal St 2 (KYO) og i Groosefjorden (GF) gjennom månedene april til november i 2007.



## 5. Planktonsamfunn i Skagerrak

*Algebiomassen i 2007 var lav (21,0 g C/l/år) – noe som har vært tilfelle de 6 siste årene. Våroppblomstringen kom relativt sent i gang (slutten av mars) i 2007 sammenlignet med situasjonen de senere årene og var dominert av kiselalgen Skeletonema og med Chaetoceros diadema, C. socialis og Thalassiosira nordenskiöldii som viktige følgearter. En sommerblomstring av dinoflagellaten Karenia mikimotoi hadde sitt maksimum i august og ble etterfulgt av en høstoppblomstring i september-oktober dominert av kiselalgen Cerataulina pelagica, men også kiselalgene Dactyliosolen fragilissimus, Leptocylindrus danicus, Skeletonema og Pseudo-nitzschia var viktige arter i denne blomstringsperioden. Svært moderate og kortvarige blomstringer innen dinoflagellatslekten Ceratium ble registrert i juni og i begynnelsen av august. Ingen humantoksiske alger blomstret i 2007. I motsetning til observasjonene de senere årene ble bare ubetydelige mengder detritus registrert i vannprøvene i 2007. Selv om våroppblomstringen i 2007 startet seint, har trenden de senere årene vært at starttidspunktet for blomstringen har forskjøvet seg mot februar og resultert i at nitrat har blitt tappet ut av vannmassene tidligere enn på 1990-tallet. Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2007 var noe høyere enn året før, men på høyde med middelet for undersøkelsesperioden 1994-2006. En oppblomstring av Calanus ble registrert i etterkant av kiselalgeoppblomstringen i april-mai. Tettheten av små copepoder som Pseudocalanus/Paracalanus spp, Acartia spp, Temora longicornis og Oithona spp. har avtatt kraftig de siste fire årene, særlig i høstperioden og ført til en nedgang i dyreplanktonbiomassen. Små copepoder ansees å ha mindre næringsverdi for fisk sammenliknet med store copepoder. I forbindelse med høyere havtemperaturer er det observert flere varmekjære nykommere i planktonfaunaen de siste årene som den varmekjære vannloppen Penilia avirostris og den introduserte arten "amerikansk lobemanet" (Mnemiopsis leidyi) som i 2007 ble observert i store konsentrasjoner i kystvannet mellom Oslofjorden og Hardanger i perioden juli-oktober. Men endringer i temperatur vil også påvirke artssammensetning, størrelsesfordeling og produksjonssykluser som vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden. Forskyving i blomstrings- og gytetidspunkter for planktonarter vil gi et misforhold mellom forekomst av fiskelarver og deres byttedyr med konsekvenser for fiskens oppvekstmuligheter.*

-----

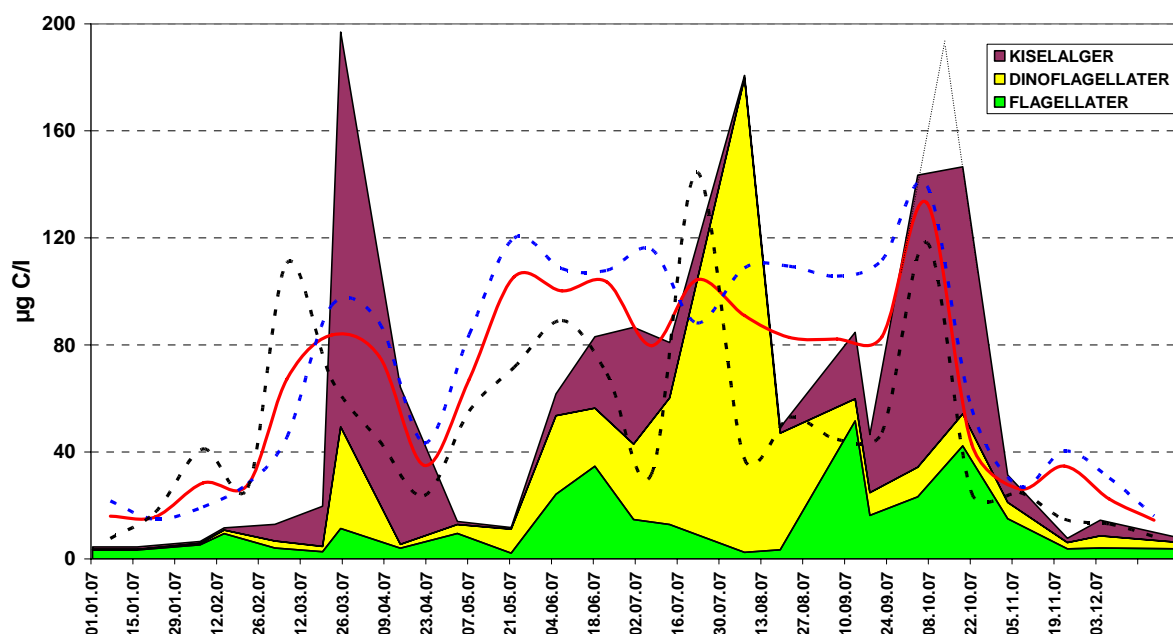
### 5.1 Planteplankton

#### 5.1.1 Algekarbon

I 2007 ble det registrert tre kiselalgeblomstringer med våroppblomstringen som den første i siste halvdel av mars, en sommerblomstring i juni og en høstblomstring i første halvdel av oktober (fig. 5.1). I tillegg var det en sommerblomstring av dinoflagellater som nådde sitt maksimum tidlig i august. Flagellater utgjorde en viktig del av algebiomassen i to perioder – fra midten av juni til midten av juli og fra midten av september til midten av oktober. Toppen i kiselalgenes høstblomstring ble ikke registrert, men den totale algebiomassen under kiselalgeblomstringene om våren og høsten og under sommerens dinoflagellatblomstring synes å ha vært omtrent på samme nivå (jfr. fig. 5.1).

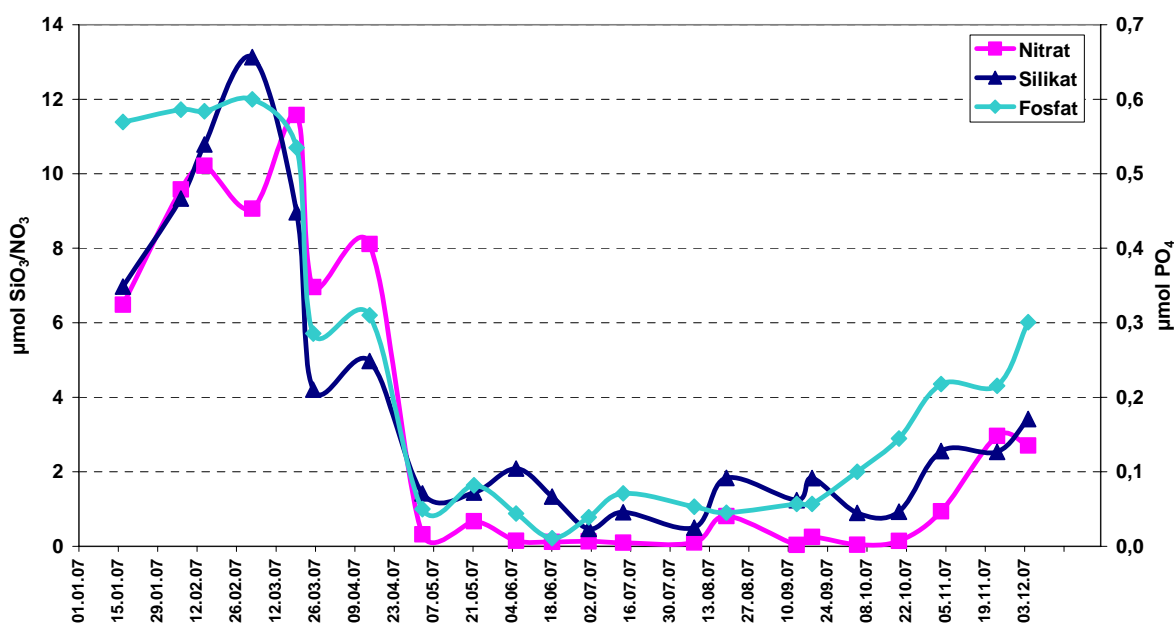
Biomassemaksima under blomstringene i 2007 var noe høyere enn året før med høyest registrerte algemengde på 197 µg C/l under våroppblomstringen. Næringssaltene utgangskonsentrasjon i 2007 (fig. 5.2) var betydelig høyere enn året før, og det synes å være en relativt god sammenheng mellom næringssaltene vinterkonsentrasjon og algebiomassen som dannes under våroppblomstringen.

## Beregnet cellekarbon, Arendal st.2, 2007



Figur 5.1 Biomassevariasjonen over året i form av beregnet cellekarbon ( $\mu\text{g C/l}$ ) for 2007. Den hvite toppen i oktober er estimert, da blomstringsmaksimum var mellom to prøvedatoer. Gjennomsnittlig beregnet algekarbon for hele perioden 1992-2006 er vist med rød strek. Gjennomsnittlig beregnet algekarbon for perioden 1992-2001 og 2002-2006 (periode med hhv. høy og lav biomasse, jfr. figur 5.6) er vist med hhv. blå og sort stiplet linje.

## 2007



Figur 5.2 Tidsutviklingen for næringssaltene silikat, nitrat og fosfat på 5 meters dyp ved Arendal (st. 2) gjennom året 2007.

Våroppblomstringen utviklet seg hurtig i perioden 19.-25. mars med *Skeletonema* som den biomassemessig dominerende arten, men med *Chaetoceros diadema*, *C. socialis* og *Thalassiosira nordenskiöldii* som viktige følgearter. 14. april hadde følgeartene i våroppblomstringen kulminert, men *Skeletonema* forekom fremdeles i samme antall som 25. mars. Mellom 25. mars og 14. april hadde overflatelaget blitt tilført mer næringsrikt vann der *Skeletonema* dominerte fullstendig. Blomstringen tappet vannmassene for næringsalter og ved neste måling i begynnelsen av mai var nitrat blitt vekstbegrensende (Figur 5.2).

I første halvdel av august var det en moderat blomstring av dinoflagellaten *Karenia mikimotoi*. Blomstringen kan ikke settes i sammenheng med næringsalttilførsler til overflatelaget, men 2007 var et år med mye nedbør og stor ferskvannsavrenning og blomstringer av *K. mikimotoi* har ofte forekommet under slike forhold (Dahl og Tangen 1993).

Høstoppblomstringen som nådde sitt maksimum i første halvdel av oktober, var biomassemessig dominert av kiselalgen *Cerataulina pelagica*. Denne kiselalgeblomstringen synes å ha sammenheng med tilførsler av silikat i forkant av blomstringen og en økning av fosfatkonsentrasjonen under blomstringsperioden. Til tross for økende næringssaltkonsentrasjoner kulminerte blomstringen tidlig i november som et resultat av sviktende lystilgang og manglende stabilitet i vannsøylen.

## DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)

### Potensielt toksiske dinoflagellater

*Alexandrium*, som er en slekt med flere potensielle PSP-produsenter, ble som i 2006 registrert med spredte forekomster i perioden fra februar til juli, men mengdene lå under faregrensenivå. Maksimumsregistrering (120 celler/l) ble gjort i slutten av mars. Faregrensenivå for *Alexandrium* ble i 2006 differensiert med en faregrense på 200 celler/l for *A. tamarense* og en faregrense på 1.000 celler/l for *A. ostenfeldii* som er langt mindre potent.

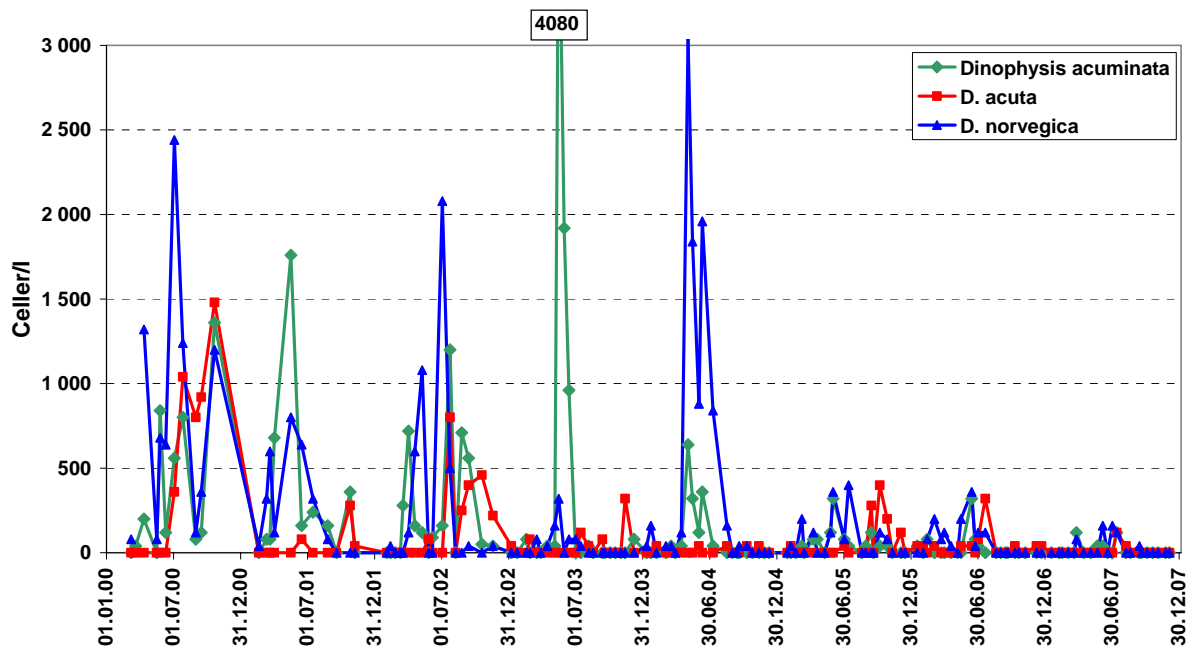
Slekten *Dinophysis*, som består av flere ulike arter som er potensielle produsenter av diarégift, forekom i lave konsentrasjoner under faregrensenivå fra mars til september (fig. 5.3). Den mest potente arten som er *Dinophysis acuta* og som har et faregrensenivå på 200 celler/l eller 100 celler/l i tre påfølgende uker, ble kun en gang i juli registrert i et antall på 120 celler/l.

*Karenia mikimotoi* som produserer eksotoksiner (toksiner som frigis til vannmassene) som medfører hemolyse (ødelegger røde blodlegemer) og er ichthyotoksiske (fisketoksiske), ble registrert i perioden juli-november og hadde en tallmessig moderat blomstring med 211.500 celler/l i august da den utgjorde 82,4 % av den totale algebiomassen. I resten av perioden forekom den i lave konsentrasjoner (<10.000 celler/l).

### Andre framtreddende dinoflagellater

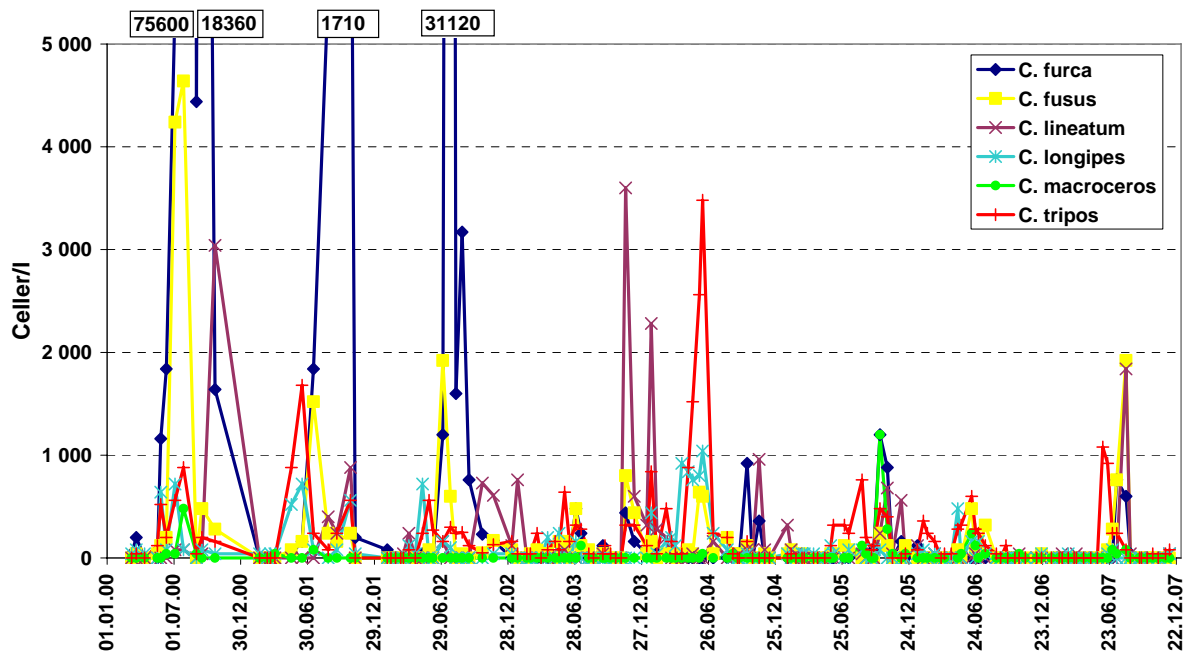
Også 2007 ble et år uten de store blomstringene av *Ceratium* (fig 5.4). *Ceratium* blomstrer normalt om sommer og høst og store blomstringer kan føre til sedimentasjon og stort oksygenforbruk under nedbrytningen. Blomstringskonsentrasjoner like over 1.000 celler/l ble registrert for *C. tripos* i begynnelsen av juni og opp mot 2.000 celler/l for *C. fusus* og *C. lineatum* i begynnelsen av august. Før og etter denne perioden var det bare sporadiske registreringer av *Ceratium*. På grunn av størrelsen var *C. tripos* også dette året den biomassemessig mest framtreddende arten og bidro i begynnelsen av juni til 36,8 % av den totale algebiomassen.

***Dinophysis acuminata/acuta/norvegica* 2000-2007**



Figur 5.3 Forekomstene av *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* i perioden 2000-2007.

***Ceratium* 2000-2007**



Figur 5.4 Forekomstene av ulike *Ceratium*-arter i perioden 2000-2007.

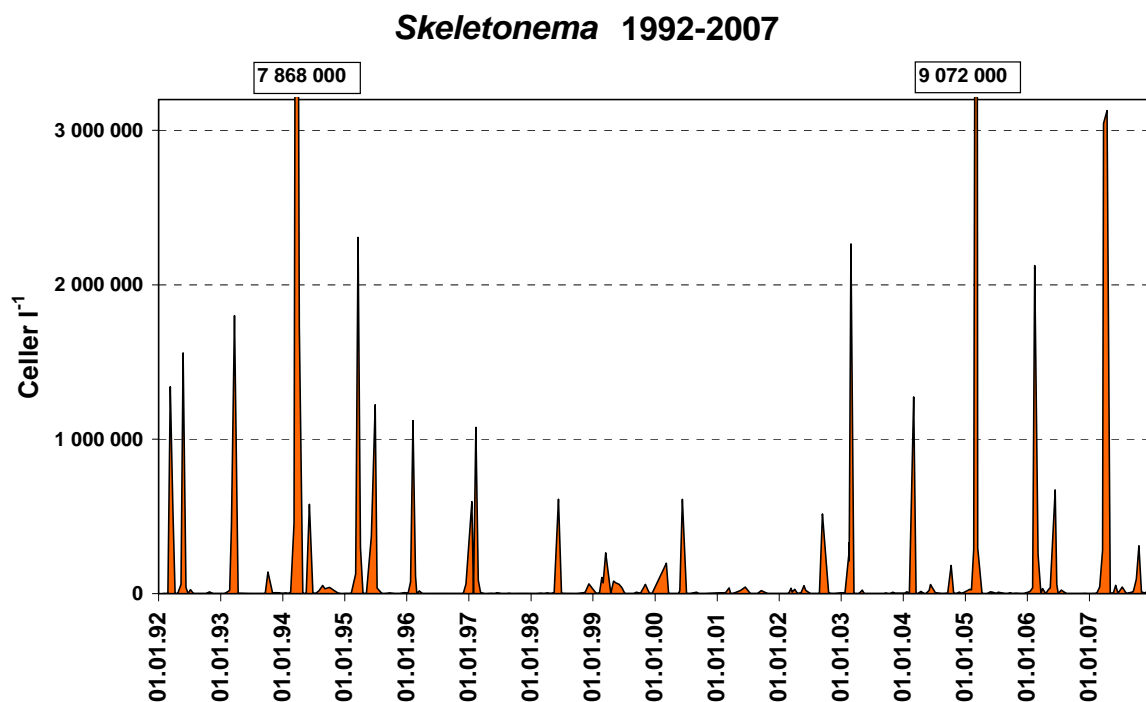
En annen framtreddende bidragsyter til algebiomassen sommerstid var *Heterocapsa rotundata* som hadde maksimumsregistrering (89.300 celler/l) i juli og bidro til 18,7 % av den totale algebiomassen. *H. rotundata* ble registrert store deler av året (fra mars til desember), men registreringene var generelt sett lave.

Andre dinoflagellater av en viss biomassemessig betydning i 2007, var store (>80 µm) nakne dinoflagellater av typen *Gyrodinium/Gymnodinium* (maks. 1.150 celler/l). Disse var mest framtreddende i mars under våroppblomstringen og beitet sannsynligvis på autotrofe alger. Sommerstid var *Scrippsiella trochoidea* (7.800 celler/l) og *Prorocentrum micans* (2.480 celler/l) framtreddende, mens *Prorocentrum minimum* (183.300 celler/l) var mest framtreddende på sensommeren og høsten.

Små nakne dinoflagellater, som ofte bidrar mye til algebiomassen, var i 2007 ikke særlig framtreddende.

### KISELALGER (Bacillariophyceae)

Kiselalgeforekomstene var i 2007 lave fram til mars da våroppblomstringen startet og hadde sitt maksimum i slutten av mars. *Skeletonema* (3 mill. celler/l) dominerte biomassemessig med 27,1 %, men også *Thalassiosira nordenskiöldii* (0,11 mill. celler/l), *Chaetoceros socialis* (0,9 mill. celler/l) og *C. diadema* (46.200 celler/l) var framtreddende bidragsytere til algebiomassen. I midten av april var våroppblomstringen betydelig redusert, selv om forekomsten av *Skeletonema* var uforandret (fig. 5.5), og den bidro da til 85,6 % av den totale algebiomassen. Andre framtreddende følgearter under våroppblomstringen var *Chaetoceros lacinosus*, *Pseudo-nitzschia* og *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*. Kiselalgeforekomstene var etter dette lave fram til begynnelsen av juli da en moderat sommerblomstring av kiselalger ble registrert med *Proboscia alata* (18.000 celler/l) som den biomassemessig mest framtreddende arten med et bidrag på 16,5 % til den totale algebiomassen. I tillegg forekom *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* og *Leptocylindrus danicus* – alle med celletall rundt 0,1 mill. celler/l.



Figur 5.5 Forekomst av kiselalgen *Skeletonema* i perioden 1992-2007.

En høstblomstring av kiselalger startet i september med maksimum i oktober. I begynnelsen av denne perioden var *Dactyliosolen fragilissimus* framtreddende med maksimum (0,31 mill. celler/l) i september da den bidro til 12 % av den totale algebiomassen. I september-oktober ble *Ceretaulina pelagica* biomassemessig dominerende med maksimum (0,16 mill. celler/l) i oktober, noe som ga et bidrag på 63,1 % til den totale algebiomassen. Andre framtreddende arter i oktober var *Leptocylindrus danicus* (0,14 mill. celler/l), *Skeletonema* (0,31 mill. celler/l) og *Pseudo-nitzschia* (0,1 mill. celler/l).

## **FLAGELLATER**

Det var gjennomgående lite flagellater i 2007. De mest framtreddene algeklassene var Prymnesiophyceae og Cryptophyceae.

### **Kalkflagellater (Coccolithophyceae-Prymnesiophyceae)**

Kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* forekom hele året. En svært moderat blomstringsperiode ble registrert fra tidlig i juni til midten av juli med maksimum (0,76 mill. celler/l) i begynnelsen av juni da den bidro til 15,2 % av den totale algebiomassen. Også *Chrysochromulina* spp. hadde maksimum (0,81 mill. celler/l) i juni og gav et bidrag på 14,1 % til den totale algebiomassen..

### **Svelgflagellater (Cryptophyceae)**

Cryptomonader var framtreddende kun i mai da *Teleaulax acuta* (0,16 mill. celler/l) hadde sitt årsmaksimum og bidro til 23,3 % av algebiomassen.

### **Nåleflagellater (Raphidophyceae)**

Det ble i år bare registrert lave forekomster av de fisketoksiske flagellatene *Verrucophora farcimen* (syn. *Chattonella* aff. *verruculosa*) og *Heterosigma akashiwo*. Med ett unntak ble alle registreringene av disse artene gjort i perioden september-desember.

### **Ubestemte flagellater/monader**

Generelt var forekomsten av ubestemte nakne flagellater/monader lave fram til begynnelsen av mars, selv om det relative bidraget til celletallet var betydelig (60-70 %). De høyeste forekomstene av denne gruppen ble registrert i midten av juni, men det relative bidraget til den totale algebiomassen var da bare 12,4 %.

## **DETRITUS**

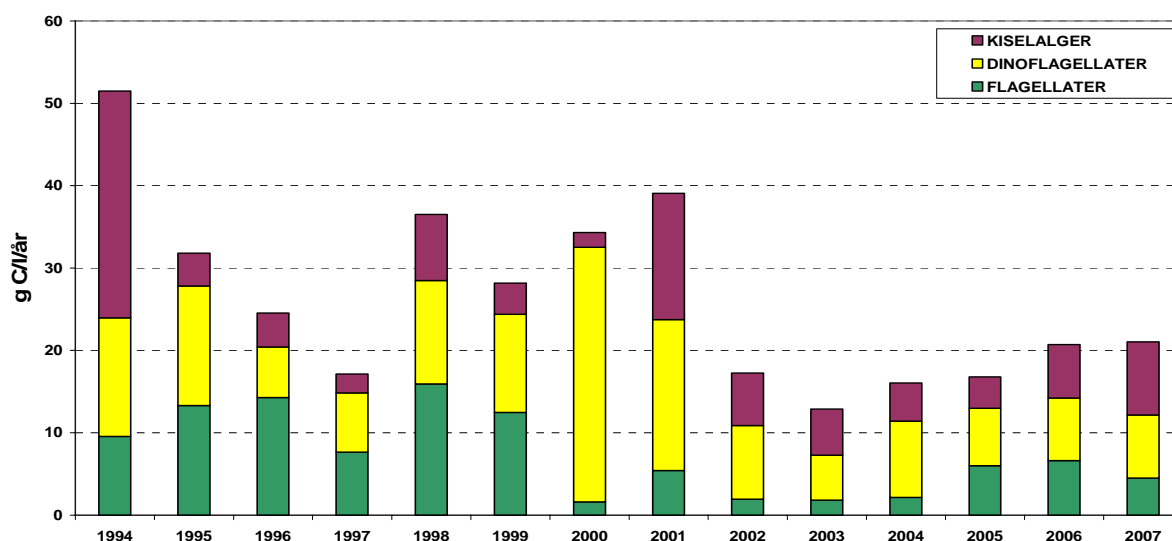
I 2007 inneholdt vannprøvene bare unntaksvis detritus og da i ubetydelige mengder. Dette var svært forskjellig fra 2006 da vannprøvene inneholdt store mengder detritus i lengre perioder både om våren, sommeren og høsten – noe som tidvis skapte store problemer med identifisering og kvantifisering av de planktoniske algene.

### 5.1.2 Utvikling i planteplanktonsamfunn over tid

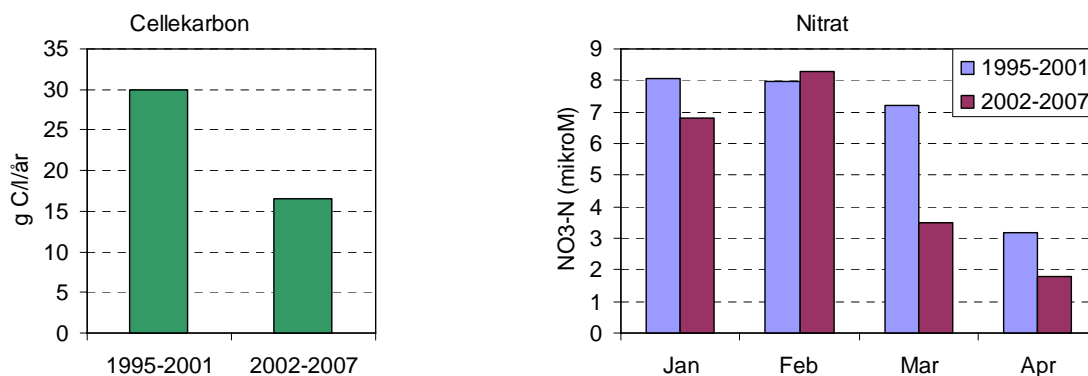
Den totale algekarbonmengden integrert over hele året 2007 ble beregnet til 21,0 g C/l/år (figur 5.6), og det er sjette året på rad med relativt lav algebiomasse. Algebiomassen var på samme nivå som i 2006, og ca. 34 % høyere enn snittet for perioden 2002-2005. Gjennomsnittlig mengde cellekarbon integrert over året for periodene 1995-2001 og 2002-2007 viser at gjennomsnittet for siste periode er 42% lavere enn for 1995-2001 (fig. 5.7). Reduksjonen er et resultat av en nedgang i algebiomassen etter våroppblomstringen og spesielt i perioden august-september har algebiomassen vært betydelig lavere enn på 1990-tallet (jfr. fig.5.1).

I 2007 utgjorde kiselalgene største andelen av algekarbonet (42%), mens dinoflagellatens bidrag var noe lavere (36%). Flagellatene utgjorde den minste andelen (21%) som er betydelig lavere enn i 2006.

Næringssaltmålingene har vist at det vanligvis er nitrat som først blir vekstbegrensende næringssalt for planteplanktonet. Figur 5.8 viser den gjennomsnittlige nitratkonsentrasjonen hver måned januar – april for periodene 1995-2001 og 2002-2007. Figuren viser at de siste seks årene har nitrat blitt fjernet tidligere fra vannmassene enn i perioden 1995-2001. Dette er et resultat av at våroppblomstringen gjennomsnittlig har startet nesten 3 uker tidligere de siste seks årene sammenlignet med det som var vanlig blomstringstidspunkt på 1990-tallet (jfr. fig.5.1). Årets våroppblomstring fant imidlertid ikke sted før i slutten av mars.



Figur 5.6 Total planteplanktonbiomasse ( $\mu\text{g C/l/år}$ ) integrert over året for perioden 1994-2007.



Figur 5.7 Gjennomsnittlig integrert mengde cellekarbon over året for periodene 1995-2001 og 2002-2007 på Arendal st.2.

Figur 5.8 Nitratutviklingen for hver enkelt av månedene januar-april for periodene 1995-2001 og 2002-2007.

## 5.2 Dyreplankton

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). Forekomsten av dyreplankton i de øvre 50 m på Arendal St. 2 har vært overvåket siden 1994, ca. hver 14. dag.

### 5.2.1 Artssammensetting

Artssammensettingen av dyreplanktonet ved Arendal St. 2 i 2007 viste lignende sesongvariasjon 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).

#### *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.

Tettheten av *Calanus* var noe høyere i 2007 sammenlignet med året før, men på nivå med gjennomsnittet for 1994-2006. De høyeste tetthetene av *Calanus* (34 000 ind./m<sup>2</sup>) ble observert i slutten av mars, og sammenfalt med maksimal forekomst av copepode nauplier. Den noe lavere, sekundære toppen av *Calanus* i figuren er sannsynligvis dominert av *C. helgolandicus*. Dette er en varmekjær art som advekteres fra sørlige Nordsjøen inn mot kysten senere på sesongen.

#### Andre copepoder

*Pseudocalanus/Paracalanus* var som normalt tallmessig den dominerende gruppen av calanoide copepoder ved Arendal St2 med maksimalforekomst i slutten av juni. (93 000 ind/m<sup>2</sup> Figur 5.9b). På sensommeren 2007 (august-september) var imidlertid tetthetene lavere enn året før.

De calanoide copepodene *Temora longicornis* og *Centropages* spp. forekom i noe lavere tettheter i 2007 sammenlignet med året før. *T. longicornis* hadde sin maksimale forekomst i juni, og *Centropages* spp i august og oktober (Figur 5.9b). Dette er nerittiske (kystnære) arter og indikerer tilstedeværelse av kystvann og liten innvirkning fra atlantisk innstrømming.

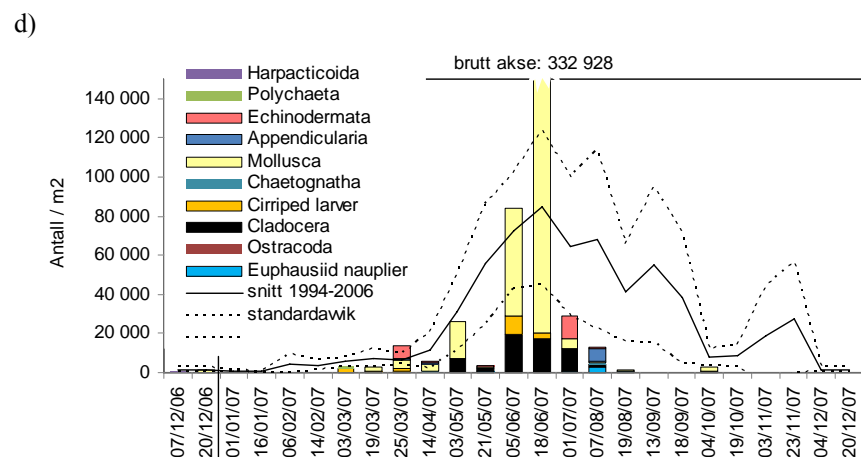
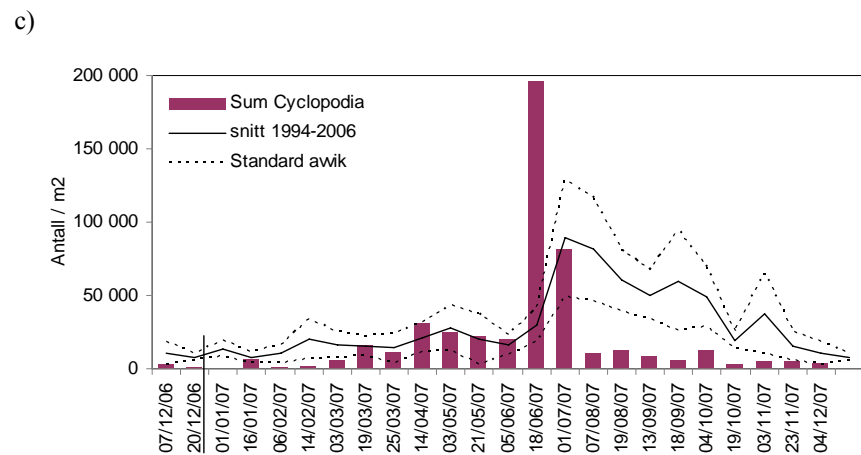
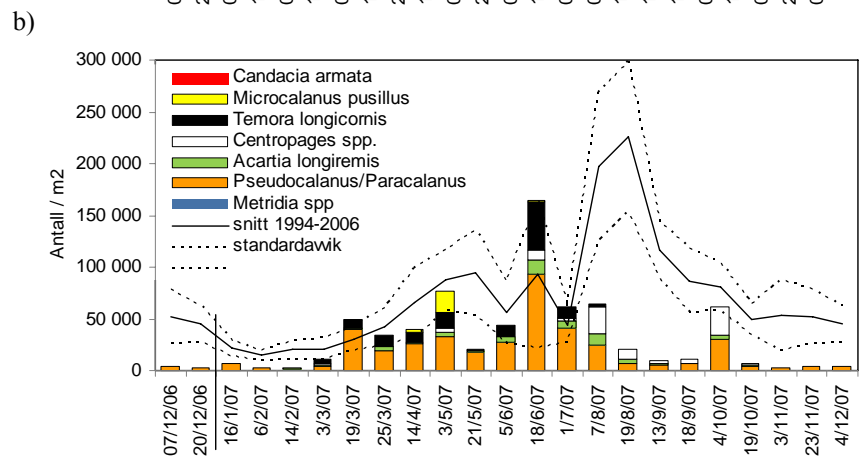
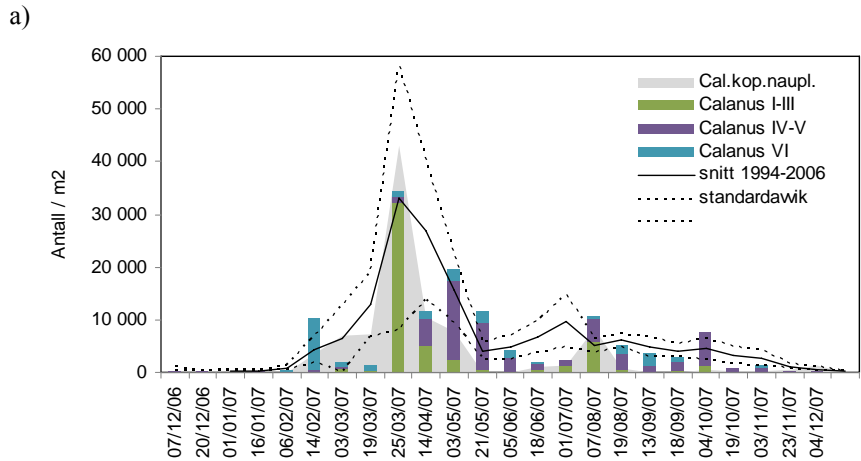
Blant cyclopoide copepoder dominerte *Oithona helgolandicus/O. similis*. Med unntak fra en kraftig topp i juni (196 000 pr. m<sup>2</sup>; Figur 5.9c) var tetthetene av *Oithona* sp i 2007 lavere enn året før.

#### Annet dyreplankton

*Cladocera* er knyttet til vann med høy temperatur og lav saltholdighet og denne gruppen var mest tallrik i mai-juli (Figur 5.9d), da overflatelageret holdt lave saltholdigheter (jfr. Figur 2.5). Planktoniske mollusker (*Pteropoda*) forekom i størst mengde i juni. Disse organismene har et kalkskall og vil gi et uforholdsmessig stort bidrag til tørrvekten. Andre grupper av dyreplankton, f.eks muslingekreps (*Ostracoda*), børstemark (*Polychaeta*), krill-larver (*Euphausiacea*) og pilorm (*Chaetognatha*) ble observert periodevis i lave tettheter

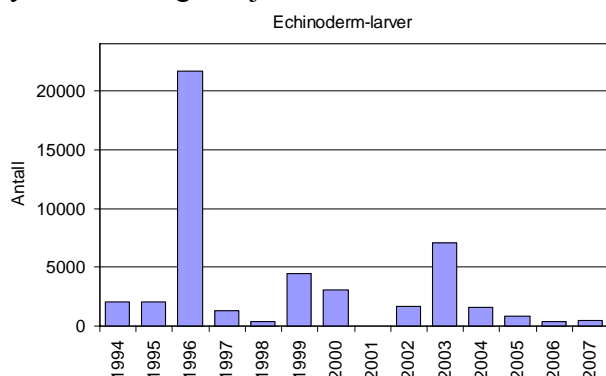


Forekomst av larveplankton karakteriseres ofte av en eller få arter som dominerer i korte perioder og raskt avløses av nye arter. Planktoniske larver av rur ("Cirriped-larver") ble registrert på våren (januar-juni), mens larver av pigghuder (*Echinodermata*) var mest tallrik i juli (Figur 5.9d).



Figur 5.9 Fordeling av dyreplankton i de øvre 50 m i 2007 på Arendal St. 2 fordelt på ulike grupper og på enkelte arter. a) *Calanus*-stadier, b,c,d) enkeltarter. Gjennomsnitt og standard avvik er vist for perioden 1994-2006 .

På bløtbunnsstasjonen A05 ved Færder i ytre Oslofjord ble det i 2007 funnet et stort antall små, juvenile kråkeboller (se kap. 7.1), men dette reflekteres ikke i zooplanktonmaterialet fra kyststrømmen utenfor Arendal (Figur 5.10). Det kan bety at den lokale rekrutteringen ikke er koblet til endringer i kyststrømmen. De siste 20 årene er det observert en økning i mengden pigghudlarver i Nordsjøen, samt en forskyving av forekomst mot et tidligere tidspunkt på året (CPR-kontinuerlig planktonrecorder, Kriby 2007, Edwards et al 2008). Dette kan gi andre dyreplanktonarter i Nordsjøen økt konkurranse om føden samt påvirke koblingen mellom pelagialen og benthos. Det er ikke funnet lignende trender i forekomst av pigghudlarver på Kystovervåkingsstasjonen.

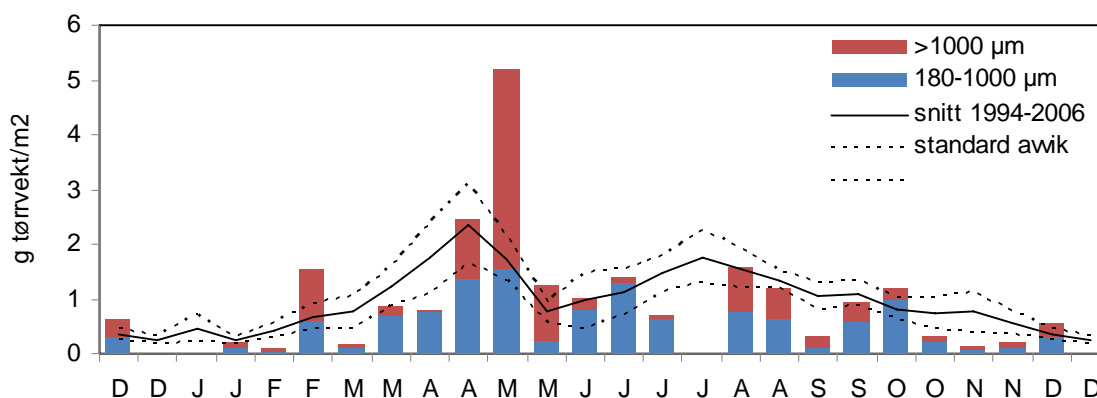


Figur 5.10 Gjennomsnittlig antall pigghudlarver (*Echinodermata*) i de øvre 50 m i perioden 1994-2007 på Arendal St. 2. Larver av pigghuder er svært like og inkluderer sjøstjerner, slangestjerner og kråkeboller m.fl. Endringer i forekomst av larver er derfor ikke spesielt knyttet til kråkeboller.

### 5.2.2 Biomasse

Dyreplanktonbiomassen som tørrvekt ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) ble målt for to størrelsesfraksjoner: 180-1000  $\mu\text{m}$  og større enn 1000  $\mu\text{m}$  (Figur 5.11). *Calanus* spp. stadiet IV-VI bidrar mest til biomassen i den største størrelsesgruppen ( $> 1000 \mu\text{m}$ ). Den minste størrelsesfraksjonen (180-1000  $\mu\text{m}$ ) utgjøres hovedsakelig av små stadier av *Calanus* spp, andre calanoide copepoder (*Pseudocalanus/Paracalanus*, *Acartia* sp.), cyclopoide copepoder (*Oithona* sp) og larveplankton

Total biomasse i 2007 varierte mellom 0,2 og 5,2  $\text{g}$  tørrvekt/ $\text{m}^2$ , med de største verdiene i april-mai (Figur 5.11). Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2007 var 1,1  $\text{g}/\text{m}^2$ , som er noe høyere enn i 2006. (Figur 5.12). Som normalt var biomassen dominert av små copepoder (fraksjonen 180-1000  $\mu\text{m}$ ) unntatt i mai da andelen av store dyr ( $> 1000 \mu\text{m}$ ) tilsvarte 70-80% av den totale biomassen (Figur 5.11). Dette skyldes sannsynligvis et større innslag av store stadier (IV-VI) av *C. finmarchicus* og *Metridia* sp.

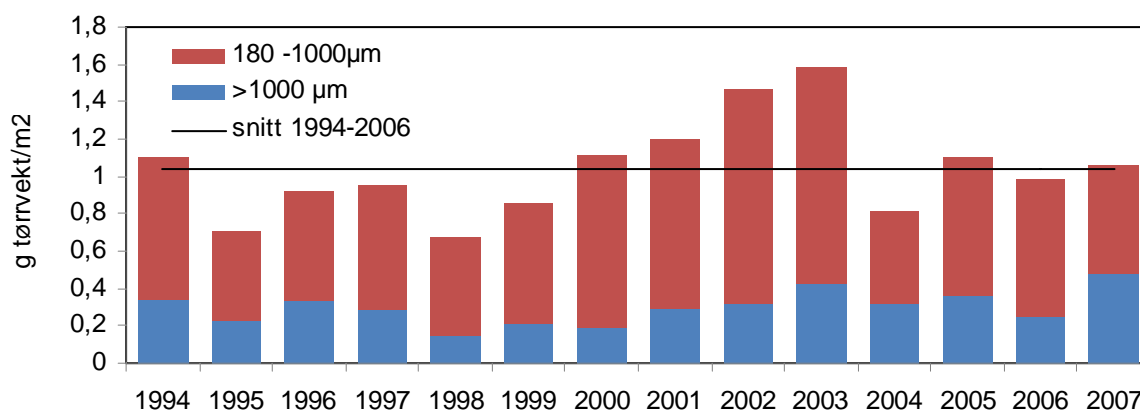


Figur 5.11 Dyreplankton; biomasse som tørrvekt ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000  $\mu\text{m}$  og  $>1000 \mu\text{m}$ , i 2007 på Arendal St.2. Gjennomsnitt og standardavvik er vist for perioden 1994-2006.

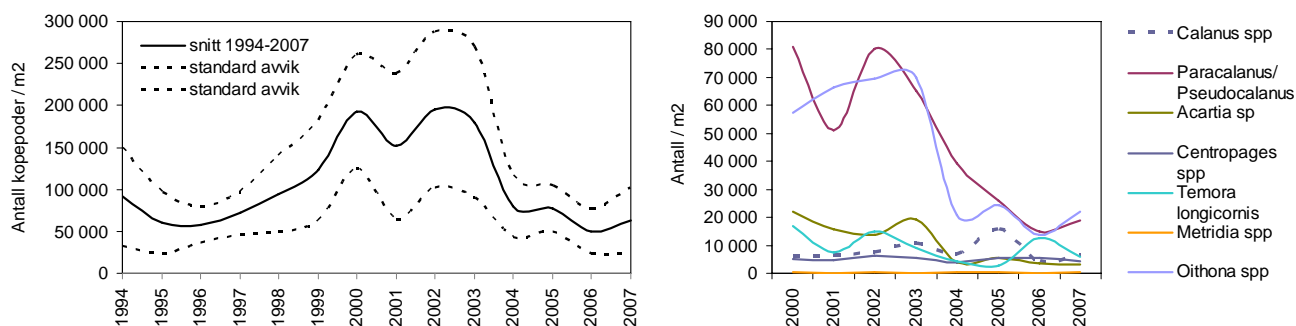
### 5.2.3 Endring i dyreplanktonet over tid

Årlig gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt/m<sup>2</sup>) for årene 1994 til 2007 har variert fra 0,68 – 1,58 g/m<sup>2</sup> (Figur 5.12, Tabell 5.1). 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 g/m<sup>2</sup>, tilsvarende 147 % økning i løpet av 4 år. Etter en nedgang i 2004, er gjennomsnittsverdien for 2007 på høyde med middelet for perioden 1994-2006.

Nedgangen i biomasse skyldes nedgang i tettheten av copepoder de siste 4 årene (Figur 5.13a). Gruppen av små copepoder som *Pseudocalanus/Paracalanus spp*, *Acartia spp*, *Temora longicornis* og *Oithona spp* har dominert i antall gjennom hele undersøkelsesperioden. Fra høye tettheter i 2003, har mengden av disse små copepodene avtatt med 80% frem til 2007 (Figur 5.13b og Tabell 5.1).



Figur 5.12 Årlig gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt/m<sup>2</sup>) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000 µm og 1000 µm, 1994-2007 på Arendal St.2. Horizontal linje viser gjennomsnitt for perioden 1994-2006.



a

b

Figur 5.13 Variasjon i tetthet av copepoder på Arendal St.2, 1994-2007. a) Totalt antall copepoder. Gjennomsnitt og standardavvik er vist for perioden 1994-2007. b) Dominerende arter 1994-2007.

Tabell 5.1 a) Antall individer (årgjennomsnitt antall\*10<sup>4</sup>/m<sup>2</sup>) og prosentfordeling av dyreplanktongrupper og b) dyreplanktonbiomasse (gjennomsnitt g tørrvekt/m<sup>2</sup>) og prosentfordeling mellom størrelsesfraksjoner for årene 1994 til 2007 på Arendal St. 2 (0-50m dyp).

a)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Gj.snitt 1994-2006
Gj.snitt pr. år (ant/m <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup> )															
<i>Calanus</i> spp	0,40	0,63	1,09	0,50	0,32	0,36	0,57	0,64	0,75	1,08	0,65	1,55	0,42	0,63	0,69
Andre calanoide cop. (< 1,5mm)	7,76	4,43	3,17	4,10	6,18	8,68	13,04	7,86	11,72	9,89	5,20	3,68	3,20	3,32	6,84
Cyclopoide copepoder	0,94	1,24	1,55	2,57	2,97	3,23	6,09	6,64	6,96	6,99	2,08	2,45	1,40	2,32	3,47
Annet dyreplankton	0,73	2,56	3,61	2,26	1,63	6,00	8,34	3,02	7,80	3,19	1,24	1,26	0,86	2,48	3,27
<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>21,15</b>	<b>9,17</b>	<b>8,94</b>	<b>5,88</b>	<b>8,76</b>	<b>14,27</b>
% av ant. dyr i gruppene.															
<i>Calanus</i> spp	4	7	12	5	3	2	2	4	3	5	7	17	7	7	6
Andre calanoide cop. (< 1,5mm)	79	50	34	43	56	48	47	43	43	47	57	41	54	38	49
Cyclopoide copepoder	10	14	16	27	27	18	22	37	26	33	23	27	24	27	23
Annet dyreplankton	7	29	38	24	15	33	30	17	29	15	13	14	15	28	21
% <i>Calanus helgolandicus</i> av total <i>Calanus</i>															
% <i>C. helgolandicus</i> vår	28	6	2	6	47		31	25	16	37		15	20		
% <i>C. helgolandicus</i> høst	50	76	34	94	85		97	94	90	92		89	94		

b)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Gj.snitt 1994-2006
Gj.snitt pr. år i 0-50m (g/m <sup>2</sup> )															
dyr >1000µm	0,34	0,22	0,33	0,29	0,15	0,21	0,19	0,29	0,32	0,43	0,32	0,34	0,24	0,48	0,28
180µm< dyr <1000µm	0,76	0,49	0,59	0,66	0,53	0,65	0,92	0,91	1,15	1,16	0,49	0,74	0,74	0,57	0,75
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	1,08	0,99	1,06	1,04
dyr >1000µm (%)	31	31	36	31	22	24	17	24	22	27	40	31	25	46	28
180µm< dyr <1000µm (%)	69	69	64	69	78	76	83	76	78	73	60	69	75	54	72
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	12,1	16,8	12,2	8,6

Nedgangen hos de små copepodene er spesielt fremtredende på høsten, dvs. at den vanlige sekundære "oppblomstringen" i august-september er kraftig redusert de siste årene. Disse copepodene er omnivore, har stor tåleevne i forhold til forurensning (overgjødning) og fluktuasjoner i hydrografi, og er karakteristiske for kystnære områder. Årsaken til nedgangen er ikke kjent, men en lignende nedgang i algekarbon er registrert i samme periode på stasjonen etter 2002 (Figur 5.1). Man har dessuten observert reduksjon i høstoppblomstring av dinoflagellater på både dansk og norsk side av Skagerrak (Skogen et al. 2007). Det er derfor nærliggende å tro at nedgangen av små copepoder er forårsaket av lavere fødetilgang (planteplankton) for disse artene.

Forekomsten av *Calanus* spp er delvis knyttet til innstrømming av atlantiske vannmasser til området. Etter rekordhøye forekomster i 2005 er årets gjennomsnittsverdi på høyde med gjennomsnittet for hele perioden 1994-2006. (Tabell 5.1).

I løpet av de siste 20 årene har vi observert en rekke endringer i både mengde og artssammensetting av dyreplanktonet i Nordsjøen. I forbindelse med høyere havtemperaturer har overlevelsesnivåen til mer varmekjære planktonorganismer økt i våre farvann. Den introduserte arten "Amerikansk lobemanet" (*Mnemiopsis leidyi*) ble første gang observert i norske kystvann høsten 2006 (Oslofjord-Bergen). I 2007 ble store konsentrasjoner observert i

kystvannet mellom Oslofjord og Hardanger i perioden juli-oktober. Forekomst av larver indikerte at arten reproduserte i kystvannet i denne perioden. I november var forekomstene av *Mnemiopsis* sunket til meget lave tettheter. Maneten ser ut til å kunne overvintre i sørlige Østersjøen/Kattegatt og transporteres til norskekysten med kyststrømmen. Arten vil sannsynligvis danne tette oppblomstringer i norske kystnære farvann hver sommer.

Den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* er også en nykommer i Nordsjøen. Etter 1999 har artens utbredelse og tettheter økt i sør. Også i Skagerrak har vi registrert *P. avirostris* de siste fem årene, alltid i prøver fra slutten av august. Etter 1988 har forekomsten av raudåte (*C. finmarchicus*) avtatt i Nordsjøen, mens *C. helgolandicus* har økt. En tilsvarende endring i artforholdet er også konstatert ved St 2. Andelen *C. helgolandicus* har økt gjennom hele undersøkelsesperioden. Imidlertid er det særlig utover sensommer/høst (august-oktober) at *C. helgolandicus* dominerer (Tabell 5.1).

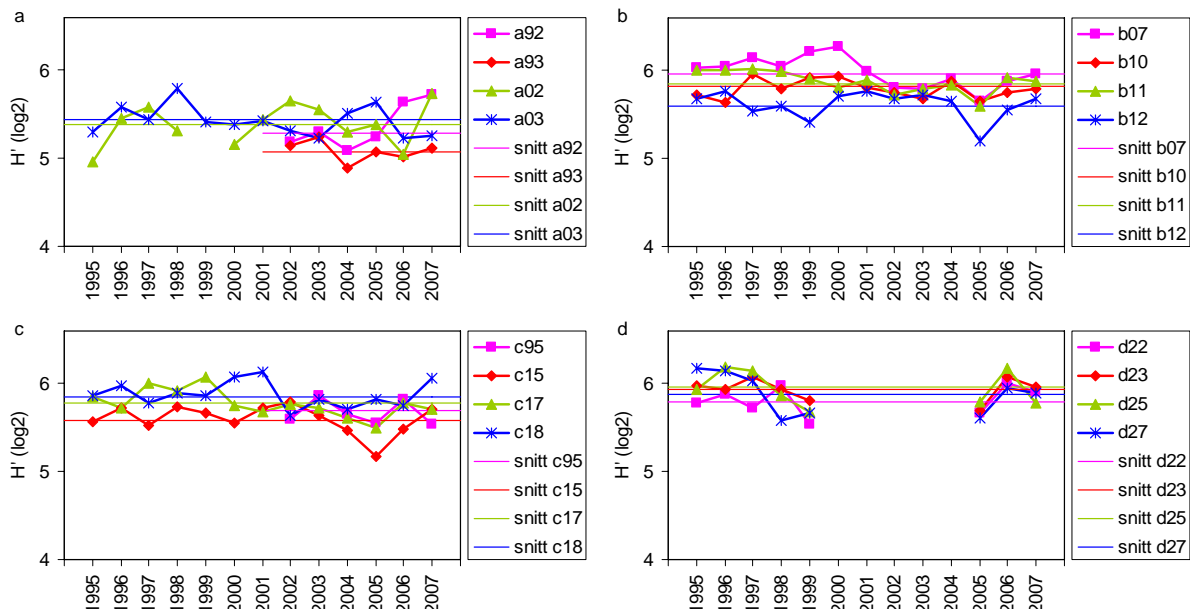
Slike endringer i artssammensetting, størrelsesfordeling og produksjonssykluser i dyreplanktonet vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden. Raudåte gyter tidlig vår slik at maksimumstettheten av kopepoder sammenfaller med tidspunktet for forekomsten av pelagiske fiskelarver, som beiter på disse. En økning i dyreplanktonarter med senere gytetidspunkt (f.eks. *C. helgolandicus*) kan gi et misforhold mellom fiskelarver og deres byttedyr.

## 6. Hardbunnssamfunn

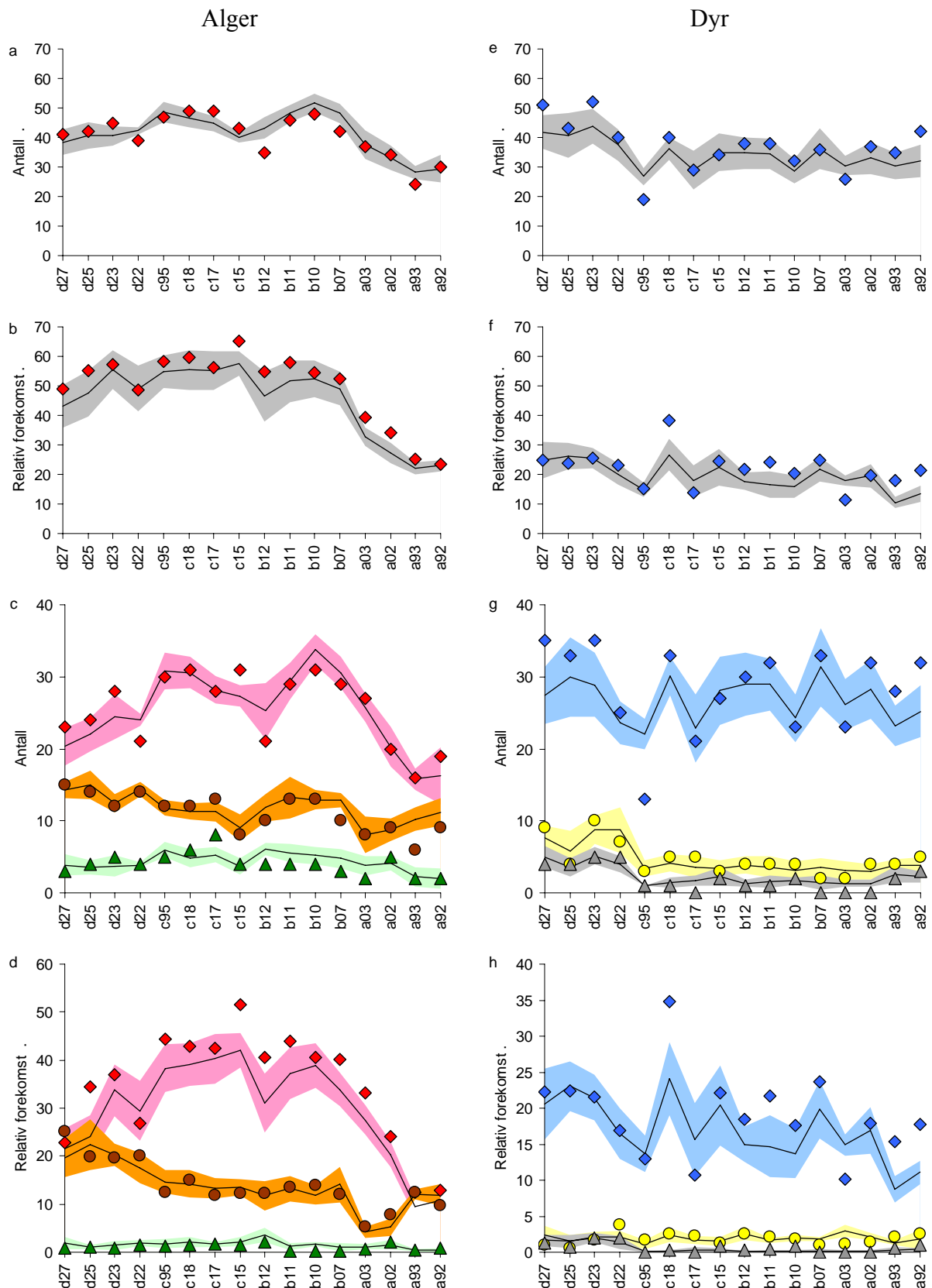
Tilstanden i hardbunnssamfunnene langs kysten av Sør-Norge var god i 2007. Generelt var artsantall og forekomst som gjennomsnittet for perioden 1995-2006 eller høyere, og både artsantall og forekomst viser en stigende trend fra 2004-05. Artsmangfoldet av makroalger har generelt vært høyt og stabilt og det har vært god tilvekst av både stortare og sukkertare på ytre kyst, med unntak av C-området hvor sukkertaren har gått tilbake. Hardbunnssfaunaen har vist en oppadgående trend særlig av vannfiltrerende dyr som svamper, børsteormer og sjøpunger, men også for andre dyregrupper som snegl og sjøstjerner, etter flere dårlige år med nedadgående trend i perioden 2000-2004. Nedre voksegrense for fagerving var bra og indikerte god klarhet i vannet, med unntak av stasjon Færder hvor voksedypet var markert redusert, trolig som følge av influens fra Glommavann. Generelt tyder artssammensetningen i hardbunnssamfunnet på god vannkvalitet på ytre kyst de siste årene, spesielt i 2007 hvor det var lave tilførsler fra både lokale og langtransporterte kilder i første halvår.

### 6.1 Tilstand

Artsmangfoldet var generelt høyt i 2007 på alle overvåkingsstasjonene langs kysten fra Færder i Ytre Oslofjord til Fedje nord i Hordaland. Stasjonenes diversitetsindeks var generelt lik med gjennomsnittet for de siste 10 år med unntak av noen få stasjoner (Figur 6.1). Indeksen viser en generell oppgang etter lave verdier i 2005. Antall og forekomst av makroalger og fastsittende og lite mobile dyr i 2007 var også generelt som gjennomsnittet eller noe over dette (Figur 6.2). Det tyder på at miljøforholdene i ytre kystområder de siste årene generelt har vært gode for hardbunnstypene. I ytre Oslofjord, A-området, var mangfoldet på den bølgeeksponerte stasjonen a03 (Lyngholmen) som i fjor noe lavere enn gjennomsnittet (Figur 6.1a). Dette skyldes lav forekomst av dyr, spesielt av vannfiltrerende dyr (Figur 6.2h). Derimot var mangfoldet på a02 (Færder, også bølgeeksponert) og a92 (Kongsholmen, beskyttet) godt over snittet.



Figur 6.1. Biologisk mangfold i hardbunnssamfunn på gruntvann langs kysten av Sør-Norge i region A, B, C og D. Biomangfold er basert på Shannon indeks  $H'$ (log2) og forekomst av alger og dyr er gitt som sum over dyppet av  $e^x$  hvor x er: 1=enkeltpunkt, 2=sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995 (2002)-2006.



Figur 6.2. Antall arter og forekomst av makroalger og dyr i 2007 i dybdeintervallet 4-22 m. Punkter = 2007-observasjoner. Linje m/farget felt = gjennomsnitt og standardavvik (1995-2006). a) antall arter og b) forekomst alger, c) antall arter og d) forekomst av rødalger (rød), brunalger (brun) og grønnalger (grønn), e) antall arter og f) forekomst dyr, g) antall arter og h) forekomst av vannfiltrerere (blå), rovdyr/altetende (gul) og beitere (grå).

På Færder hadde mengden av makroalger økt noe, mens det på Kongsholmen ble funnet en økning i både antall og forekomst av dyr. På Sørlandet, B-området, var diversitetsindeksen for alle stasjonene lik med gjennomsnittet for 1995-2006. Også tilstanden på b12 (Meholmen) var igjen omtrent som normal etter lav diversitet i 2005 (Figur 6.1b). På Sør-Vestlandet, C-området, var diversiteten høyere på de bølgeeksponerte enn de moderat eksponerte stasjonene c15 (Revø) og c18 (Rossøy). Dette skyldes økt forekomst av henholdsvis rødalger og vannfiltrerende dyr (Figur 6.2d,h). I likhet med b12 var artsmangfold på c15 igjen som normalt etter lav diversitet i 2005 (Figur 6.1c). På fjordstasjonen c95 (Launes) var diversiteten lavere enn årsgjennomsnittet 1995-2006 som følge av færre dyr i 2007 (Figur 6.1c og Figur 6.2e). På Vestlandet, D-området, lå diversiteten i 2007 omtrent likt med gjennomsnittet for alle stasjonene (Figur 6.1d) og antall og forekomst av makroalger og dyr var omtrent som normalt med unntak av d23 (Ylvesøy) og d27 (Mågeøy) hvor antall arter av dyr var noe høyere enn gjennomsnittet. (Stasjonene i D-området ble ikke undersøkt i 2000-2004.)

I Figur 6.2 vises årets observasjoner som punkter mot gjennomsnittet (linje) og standardavvik (farget felt) for perioden 1995-2006. I figuren er artene gruppert til slekt eller taxagrupper av morfologisk like arter slik at antall arter som vises er lavere enn det virkelige antallet arter som er registrert på hver stasjon (mellom 100 og 200), enten direkte i felt eller under opparbeidelse av prøver i lupe og mikroskop. Grupperingen er gjort for å sikre et mer robust datagrunnlag til sammenlikning og vurdering av tilstand og utvikling over tid. Av samme grunn er datagrunnlaget avgrenset til dybdeintervallet 4-22m. I de øverste meterne av sublittoral- og i litoralsonen er det naturlig store variasjoner i det fysiske overflatemiljøet (bl.a. på grunn av store svingninger i temperatur og mengde ferskvann) som fører til store naturlige variasjoner i benthossamfunnet. For å unngå ”støy” i analysene fra denne naturlige variasjonen er ikke registreringer over 4 m tatt med. Nedre dyp er satt til 22 m dyp for å unngå sammenlikningsproblemer fra de to grunne stasjonene som ikke går dypere enn 23-24 m. Disse avgrensningene gjelder i tillegg for datagrunnlaget til samfunnsanalyser og vurdering av utvikling over tid. (Dog ikke for datasettet til diversitetsberegningene vist i Figur 6.1.)

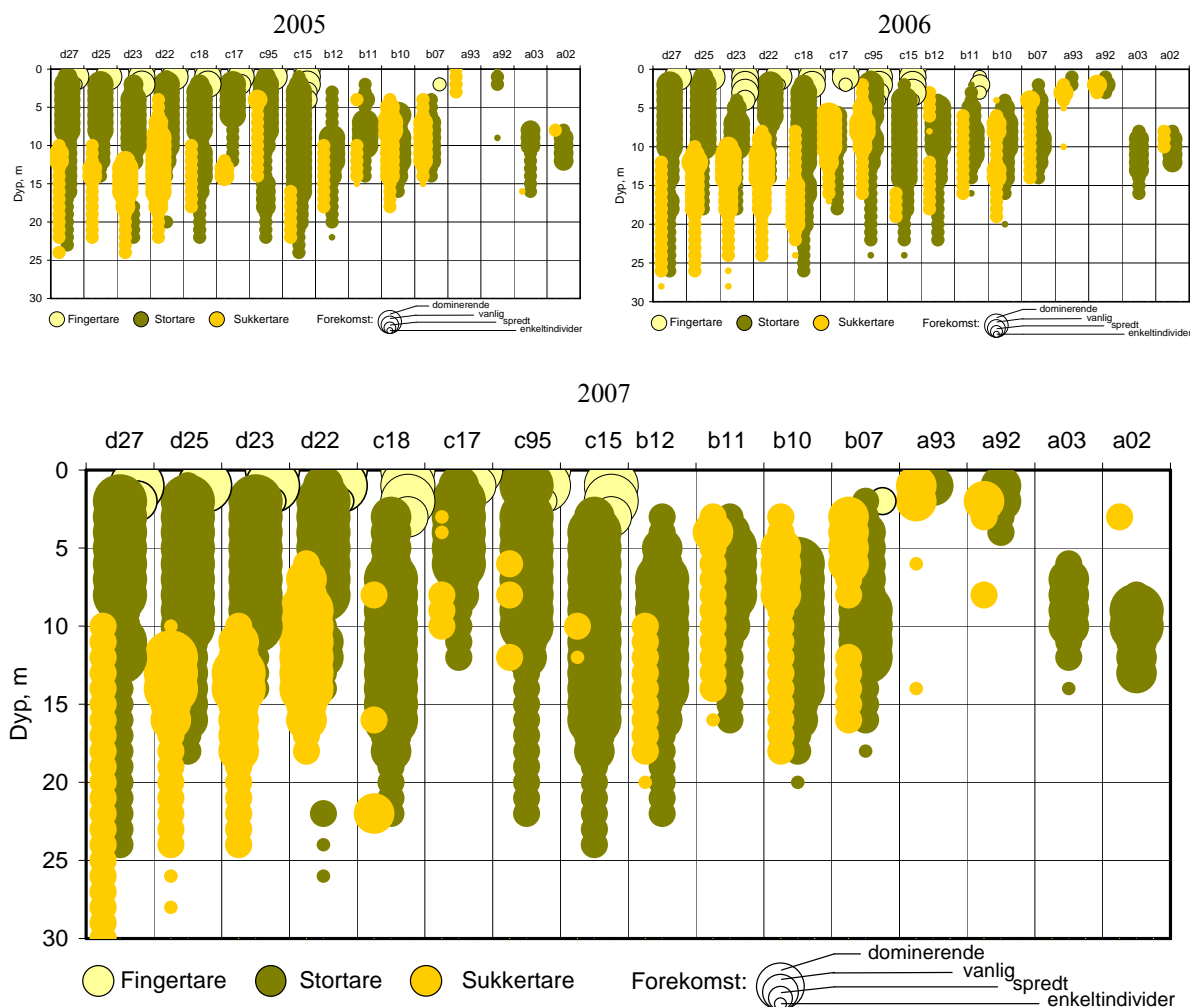
### Tareskogvegetasjon

Tilstanden i tareskogen på Kystovervåkingsstasjonene var generelt god i 2007 (Figur 6.3). Sammenliknet med de siste to årene er tilstanden blitt bedre på strekningen vest for Ytre Oslofjord. I ytre Oslofjord (område A) ble det ikke registrert noen forbedring (målt som forekomst og nedre voksegrense) for tare sammenlignet med 2005 og 2006, mens i område B, C og D viste 2007-registreringene en økning i forekomst og vertikalutbredelse. Spesielt god var tilstanden i område D. På d27 Mågeøy, nord i Hordaland, ble det funnet sukkertare ned til mer enn 30 m dyp (dykkeregistreringer stopper på 30 m dyp) og det er bare registrert tare på 30 m dyp noen få ganger tidligere i Kystovervåkingsprogrammet (Tabell 6.1). I C og D-området var det også god forekomst av fingertare.

Tabell 6.1 Forekomster av tare på 30 m dyp på Kystovervåkingsstasjoner.

St	Stasjon	Sted	År	Art	Forekomst
c19	Oddefløy	Moiviga, Egersund	1996	Unge, små tareplanter	spredt
			1997	Unge, små tareplanter	enkeltfunn
d23	Ylvesøy	Brandasund, Bømlo	1992	Unge, små tareplanter	spredt
			1995	Stortare	spredt
d25	Årebrot	Solsvik, Sotra	1992	Unge, små tareplanter	spredt
			1997	Stortare	enkeltfunn
d27	Mågeøy	Fedje	1993	Sukkertare	spredt
			2007	Sukkertare	spredt





Figur 6.3. Forekomst og vertikalutbredelse av fingertare, stortare og sukkertare de tre siste år. Bredden på søylene indikerer mengden av tare (enkeltpunn, sjelden, vanlig, dominerende).

I A-området (Ytre Oslofjord) er stortare vanlig på grunt vann (5-15m), men kun på de bølgeeksponerte stasjonene a02 (Færder) og a03 (Lyngholmen). På Færder forekommer det også spredte forekomster av sukkertare. På de bølgebeskyttede stasjonene a92 og 93 på Tjømelandet er tareskogen en blanding av sukkertare og stortare/fingertare, og finnes bare på grunt vann. Forekomstene er lave og det registreres stor variasjon fra år til år. Tilstanden her er generelt lik med situasjonen som er beskrevet fra bølgebeskyttet kyst i Skagerrak i rapporter fra Sukkertareprosjektet. I 2007 var tilstanden i A-området omtrent som i foregående år.

Det er vanskelig å skille mellom stortare og fingertare i både A- og B-området, da begge artene kan få en svært atypisk form i Skagerrak. Begge tareartene, sammen med sukkertare, foretrekker salt og kaldt vann og er følsom for høy vanntemperatur og lav salinitet. Sammen med butare, lever disse tareartene på grensen av sitt naturlige utbredelsesområde i Skagerrak. Derfor vil det naturlig være store endringer i tares utbredelse med variasjoner i hydrografiske forhold. Variasjonene har vært spesielt store de siste 10-år, pga unormale klimatiske forhold.

I B-området er de fysiske forhold bedre egnet for tare enn i A-området og det gjenspeiles i større tetthet og større dybdeutbredelse av stortare. Dypest ble tare registrert på b12, Meholmen utenfor Kristiansand, her ble det funnet spredt vegetasjon av tare ned til 22 m dyp. Nedre voksegrense på de 3 andre stasjonene lenger øst var 16 til 18 m dyp. Til sammen viser

nedre voksegrense en liten forbedring sammenliknet med 2005 og 2006. Det indikerer god miljøtilstand på disse relativt eksponerte kyststasjonene. Til sammenlikning viste undersøkelser av Skagerrakkyst i områder som er beskyttet for bølgeeksponering (Sukkertareprosjektet) fortsatt dårlig tilstand for sukkertaren i 2007. Høsten 2007 ble det imidlertid observert tilvekst av små kimplanter flere steder i indre områder som indikerer at sukkertaren har potensiale til gjenvekst og tarevegetasjonen kan komme tilbake om miljøforholdene blir akseptable (Moy m.fl. 2008).

I C- og D-området var det god forekomst av stortare som året før, men forekomsten av sukkertare hadde gått markert tilbake og arten var nesten fraværende på stasjonene i C-området (Sør-Vestlandet). Også på d22 Marholmen, Espevær, var forekomsten av sukkertare gått tilbake, mens det var ingen endring eller en økning på de øvrige stasjonene i område D. Det foregår naturlig en konkurranse mellom sukkertare og stortare. Sukkertare vokser raskt og vinner hurtig dominans, mens stortaren vokser langsommere og utkonkurrerer sukkertaren over tid. Derfor kan endringer i dominans mellom stortare og sukkertare være naturlige svingninger og det er samlet forekomst og den nedre voksegrensen for tare som best gjenspeiler tilstanden.

Økt forekomst av makrofauna i 2006 og 2007 på kystovervåkingsstasjonene har sannsynlig sammenheng med økt forekomst og vertikalutbredelse av tareskogene. Stortaren med sin lange stilk og store blad på toppen, skaper et variert leveområde som gir grunnlag for et rikt alge- og dyreliv (Christie 1995). Tarestilkene øker også tilgjengelig levestratur for fastsittende dyr og alger og festeorganene (hapterene) skaper et rikt tilbud av gjemmesteder (habitater) for små dyr. Det rikholdige utvalget, spesielt av små dyr som hydroider, bryozoer, børstemark 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 taren en viktig primærprodusent med stort opptak av næringssalter og CO<sub>2</sub>, og er også en viktig produsent av organisk karbon til næringskjedene (Birkett et al. 1998). Ut fra forekomst og utbredelse av tare vurderes miljøtilstanden på ytre kyst som god i 2007.

## 6.2 Utvikling over tid

Hardbunnssamfunnene i Skagerrak var de første fem årene av overvåkingsprogrammet (1990-94) preget av effekter av den store *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988. Registreringer fra programmets første periode (1990-1994) viste et samfunn i en reetableringsfase med økende artsantall og stor variasjon i artsforekomst (Moy et al. 2002). 'Normalsamfunnet' er derfor beregnet ut fra et gjennomsnitt av perioden fra 1995 og fram til foregående år for å ikke inkludere den dårlige tilstanden i den tidlige perioden.

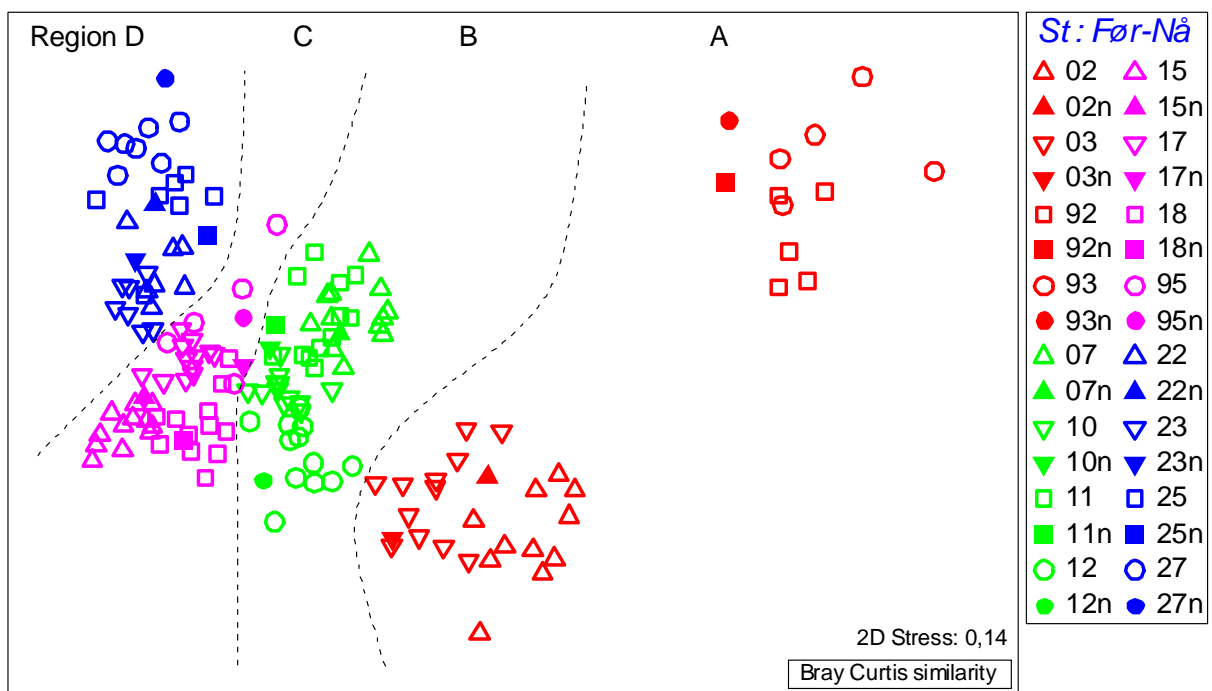
I kapittel 6.2.1-6.2.4 belyses utvikling over tid; først på samfunnsnivå og så på arts-/gruppennivå for utvalgte indikatorarter og funksjonelle grupper. Utvikling på samfunnsnivå over tid er basert på likhet i artssammensetning mellom stasjoner og områder av kysten beregnet ved multivariate analysemetoder spesielt utviklet for slike samfunnsvurderinger (Multi Dimensional Scaling MDS, i PRIMER, Clarke & Warwick 1994). Disse analysene lager en likhetsmatrise basert på artssammensetning og artsforekomst. Ut fra likhetsmatrisen plottes resultatet slik at avstanden mellom punktene i plottet (der hvert punkt representerer en transektregistrering) gjenspeiler graden av likhet mellom observasjonene. Den grafiske fremstillingen i et todimensjonalt plan er en forenklet framstilling for likheter mellom punkter

i en mange-dimensjonal sammenheng. Gjennom prosessen med å vise samfunnslikheter i et to-dimensjonalt plott (som Figur 6.4) beregnes en såkalt stressverdi som viser graden av feil denne forenklingen medfører. En stressverdi på under 0,2 ansees som akseptabel.

### 6.2.1 Endringer på samfunnsnivå

Likhet mellom hardbunnssamfunnene i 2007 og tidligere år (1995-2006) er vist i Figur 6.4. Resultatene fra denne analysen viser en klar geografisk rangering av områdene A, B, C og D fra høyre til venstre som gjenspeiler biogeografiske regioner langs kysten av Sør-Norge fra øst til vest. 2007-observasjonene er markert med lukkede symboler og deres plassering i forhold til åpne symboler forteller hvor lik artsammensetningen i 2007 er med tidligere år.

Av Figur 6.4 kan en se at alle årets stasjoner (fylt symbol) ligger sammen med tidligere år (åpne symboler) og at det totalt sett ikke er store forskjeller i artssammensetning mellom årene. De bølgebeskyttede stasjonene a92 og a93 ved Tjøme i ytre Oslofjord avviker markert i artssammensetning fra øvrige stasjoner (punktene ligger langt til høyre i plottet). Det skyldes først og fremst lavere artsantall og lav samlet forekomst blant annet på grunn av redusert voksedyp for mange arter, men også ulik artssammensetning i forhold til øvrige stasjoner. De bølgeeksponerte stasjonene a02 og a03 har relativt sett stor likhet med stasjonene i B-området.



Figur 6.4. Likhet mellom hardbunnssasjoner basert på artssammensetning (tilstedeværelse og mengde av makroalger og dyr). Liten avstand mellom punkter betyr stor likhet.

2007-stasjoner er markert med fylte symboler og n (nå) i symbolforklaringen, mens stasjoner fra perioden 1995-2006 er vist med åpne symboler. Områdene A (røde symboler), B (grønn), C (rosa/lilla) og D (blå) er markert med stiplede hjelpelinjer. Sammenlikningen er basert på forekomst av taxagrupper i dybdeintervallet 4-22m. Stressverdien er 0,14 og indikerer at figuren gir en god framstilling av likheter mellom stasjoner og år.

2007-observasjonene i B-, C- og D-området ligger godt samlet med tidligere observasjoner med unntak av 27n Mågeøy på Fedje (Figur 6.4) som ligger utenfor sin klynge, og til dels også stasjon 22n, Marholmen på Espevær. På d22 hadde forekomsten av sukkertare og antall arter og mengde av rødalger gått litt tilbake, mens på d27 var forekomsten av brunalger (inkludert sukkertare) og antall arter av vannfiltrerende dyr høyere enn normalt. Dette ansees for å være innenfor naturlige variasjoner. Stasjon c95 Launes i Grønsfjorden hadde i 2006 en noe avvikende artssammensetning med mye alger og lite dyr, men i 2007 var artssammensetningen mer normal selv om artsantallet av dyr fremdeles er lavere enn gjennomsnittet 1995-2006. Slike variasjoner gir utslag i samfunnsanalysen.

Gjennomsnittlig utvikling innen hvert av områdene A, B, C og D fra 1995 til 2007, er vist i Figur 6.5. Tidsutviklingen i områdene er basert på de stasjonene som har vært undersøkt i hele den aktuelle perioden dvs. at stasjonene a02 og a03 representerer A-området, stasjonene c15, c17 og c18 representerer C-området, mens alle 4 stasjoner inngår i materialet for B- og D-området. For hvert område vises en samfunnsanalyse og kurver for antall arter (taxagrupper), forekomst (relativ mengde) og artsmangfold.

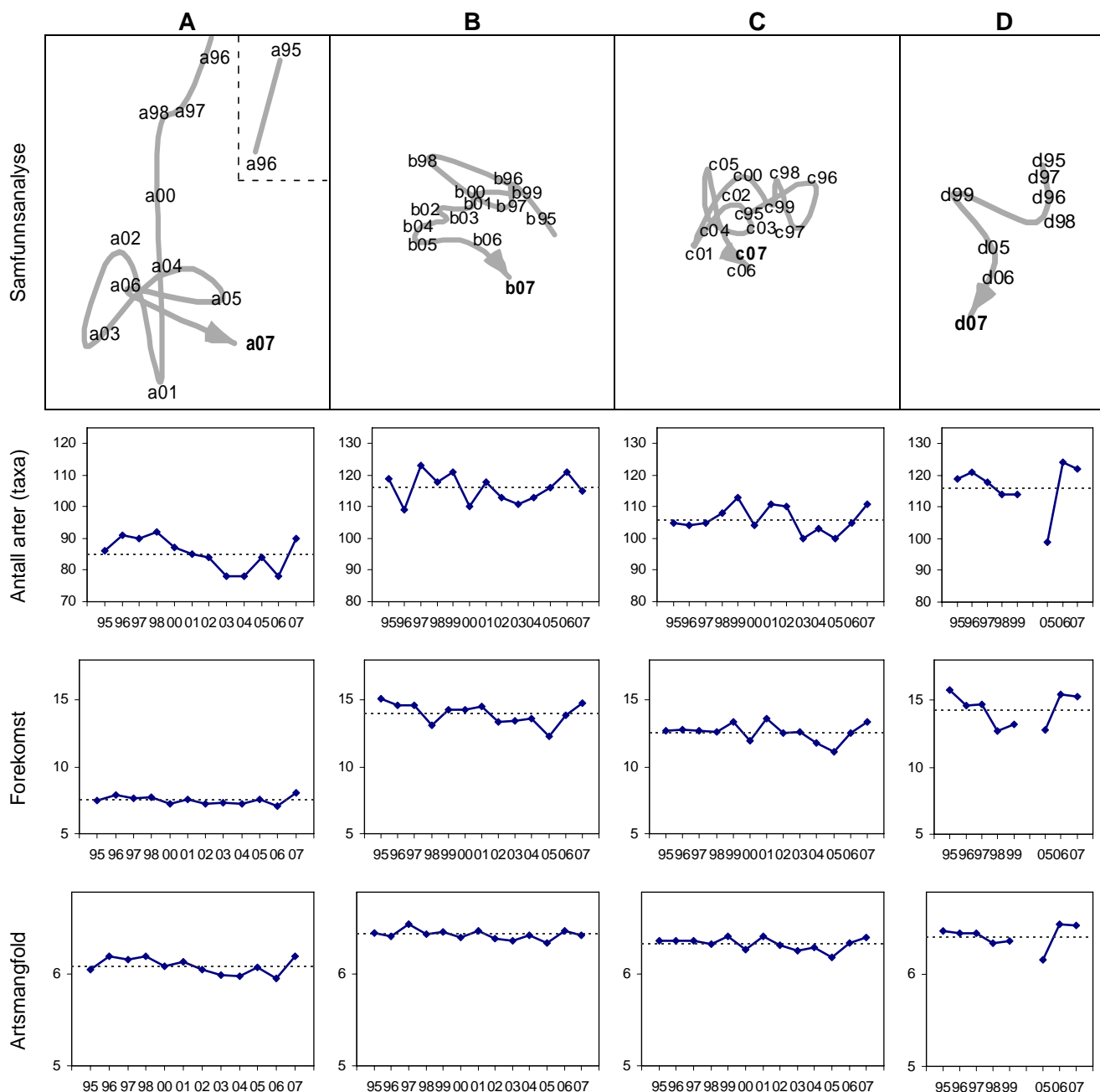
Samfunnsanalysen viser, som i tidligere år, stor endring i artssammensetning i A-området på de bølgeeksponerte stasjonene a02 Færder og a03 Lyngholmen, som har sammenheng med variasjon i antall arter og forekomst (mengden) av arter. I 2007 er artsantallet igjen over gjennomsnittet og 2007-samfunnet har likhet med de siste årene (året 2007 er merket med a07 i figuren). I B-, C- og D-området har endringer i artssammensetningen vært langt mindre sammenliknet med område A, visualisert ved at punktene ligger tettere i plottene (De 4 diagrammene er plukket fra en felles analyse). Samfunnsanalysen for disse områdene viser en svak endring i 2007 som kan ha sammenheng med økt forekomst av hardbunnsarter siste årene. Samfunnsanalysen indikerer også at det har vært endringer i artssammensetning som ikke gjenspeiles av indekser basert på antall arter eller summert mengde av arter.

Antall arter (taxa) og summert forekomst av disse innen hvert område varierer gjennom perioden med noen likhetstrekk. Antall taxa i A-, B- og C-området har vært lavt flere år etter år 2000. Spesielt årene 2000, 2003, 2004 og 2005 viser lavt antall taxa i ett eller flere av områdene, mens i A-området er antallet lavt i 2006 og ikke i 2005. Summert forekomst av hardbunnsorganismer er spesielt lavt i 2005. Et viktig fellestrekk er at situasjonen i 2006-2007 er bedre (mht. forekomst av arter) enn forutgående år slik at den negative utviklingen etter år 2000 synes snudd til positiv utvikling.

Det er nærliggende å vurdere sammenhenger med klimatiske endringer det siste 10-året, hvor økt sjøtemperatur sammen med nedbør og stor avrenning fra land i vinterhalvåret er blant flere sannsynlige årsaker. Artenes følsomhet for ulike belastninger er forskjellig samtidig som intern konkurranse mellom artene fører til innfløkte årsakssammenhenger som ligger til grunn for den faktiske artssammensetning som registreres hvert år. Den totale endringen i et samfunn fanges opp og vises i en slik multi-dimensjonal analyse selv om vi vanskelig kan forklare eller se direkte sammenhenger år for år.

Hardbunnssamfunnene undersøkes hver sommer i juni slik at det er endring i miljøfaktorer siden forrige sommer som (sammen med en akkumulert samfunnsbelastning) har påvirket samfunnets artssammensetning. Eksempelvis har de varme somrene 1997, 2002-03 og 2006 først innvirkning på registreringene av artssammensetning i 1998, 2003-04 og 2007 eller tidsforskjøvet flere år. Varme somre i 2002-03 i Skagerrak er en sannsynlig viktig årsak til endring i artssammensetning i A- og B-området i 2003-05. Milde vintre og varm vår har også

betydning for utviklingen (vekst) og artssammensetningen i hardbunnssamfunnene som registreres samme sommer. Variasjonene i vinterklima uttrykket ved vinter-NOA-indeksen er vist i Figur 2.1. Den var sterkt positiv i 1995 (varm vinter), 2000 og 2007.



Figur 6.5. Utvikling over tid (1995-2007) i områdene A, B C og D vist ved en samfunnsanalyse (MDS-plott), gjennomsnittlig antall arter (merk ulik skala på y-aksen), artsmengde (relativ forekomst) og artsmangfold (Shannon-Wiener's  $H' \log_2$ ), basert på makroalger og dyr i dybdeintervallet 4-22m.

Stress i MDS-plott=0,06. Stiplet linje viser gjennomsnitt for perioden 1995-2006 (siste år er ikke medregnet i gjennomsnittet). Område A = st. 02 og 03, B = st. 07, 10, 11 og 12, C = st. 15, 17 og 18 og D = st. 22, 23, 25, 27. I A-området er året 1999 utelatt i pga manglende data for samfunnsanalyse dette året. D-området ikke undersøkt i 2000-04.

Partikkelinnholdet i vannmassene varierer også med klimatiske forhold, og mye regn om høsten og vinteren har ført til stor partikkelavrenning fra land til kystvannet. Partikkelinnholdet i kystvannet økte betraktelig fram til 2004 og hadde sannsynlig negativ innvirkning på både artsantall og artsforekomst i hardbunnssamfunnene, spesielt i Skagerrak. Lavere partikkelkonsentrasjoner de siste 3 år har sannsynligvis bidratt til tilvekst i hardbunnssfaunaen og ført til økt vertikalutbredelse for makroalgene. Tilførsler av næringsrikt vann fra Tyskebukta og sørlige Nordsjøen til kysten av Sør-Norge (Figur 3.2) varierer fra år til år, men påvirker i stor grad algevegetasjonen i B-området, fordi havstrømmen treffer vår kyst mellom Ytre Oslofjord og Jomfruland og utgjør den dominerende vannmassen i Kyststrømmen i B-området. Innstrømmingen av Tyskebukt vann var særlig sterk i flomårene 1994 og 1995 og siden i 1999, 2002 og 2003. Tilførselen av næringsrikt vann var liten i både 2006 og 2007.

Siden kystovervåkingsstasjonene er lokalisert i ytre kystområder er det sannsynlig at utviklingen først og fremst reflekterer endringer i klima og langtransporterte tilførsler og i mindre grad endringer i lokale norske forhold, med unntak av Ytre Oslofjord hvor Glomma har stor influens.

### 6.2.2 Endringer på artsnivå

Endringer på samfunnsnivå er resultat av mange små endringer på artsnivå. I det følgende presenteres noen av de viktigste endringene på artsnivå.

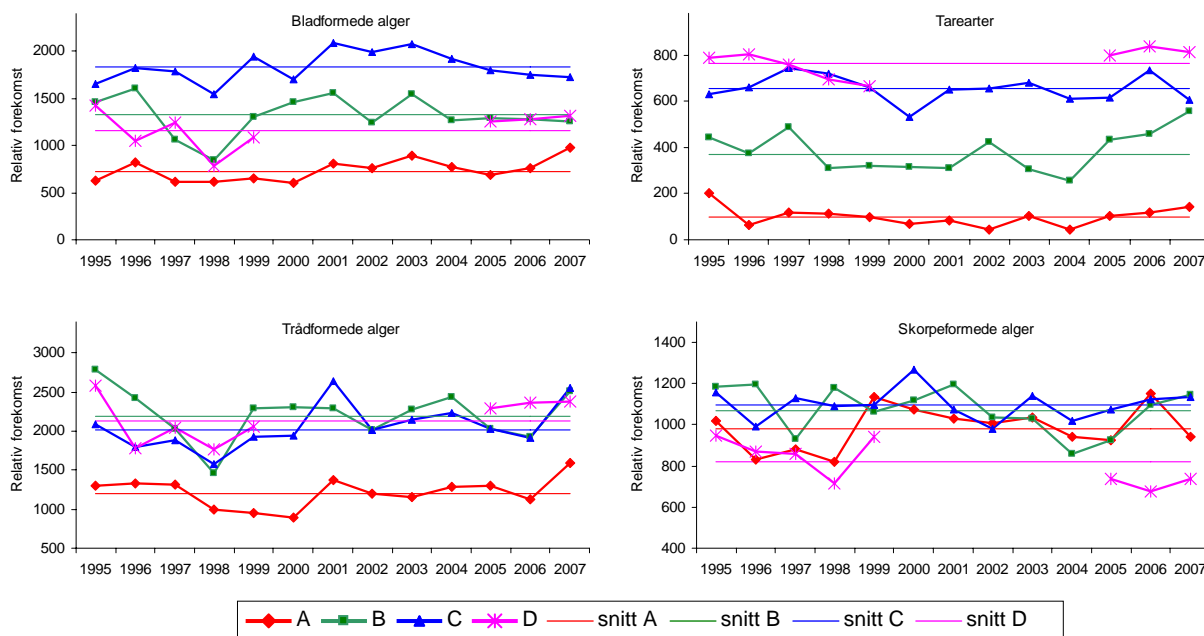
#### Makroalger

Som nevnt i kap. 6.1 var forekomsten av rød-, grønn- og brunalger generelt som gjennomsnittet for perioden 1995-2006, både med hensyn til antall arter og total forekomst av arter, dog med enkelte registreringer utenfor en normal variasjon (standard avvik). Figur 6.6 viser at det i 2007 også ble registrert enkelte endringer i makroalgensamfunnet på overordnet region- og funksjonelt nivå sammenliknet med tidligere år. I A-området har forekomsten av blad- og trådformede alger økt. Blant disse finnes de hurtigvoksende, opportunistiske artene som har erstattet sukkertare og nå dominerer på indre kyst. Men på ytre kyst er det først og fremst flerårige rødalger som krus- og hummerblekke, rød stilkdokka og krasing som har økt i sin forekomst. Disse artene har for øvrig også økt sin forekomst i de trådalgedominerte mattene på indre kyst. I B-området har både mengden av trådformede rødalger og tare økt siste år, mens de andre gruppene er omtrent som gjennomsnittet. Her er det mange av de samme artene som i A-området, men størst økning i forekomsten er registrert for rødlo, fagerving, asparagusalge og fagerdokka. I C-området ble det også registrert sterk tilvekst av trådformede alger, men samtidig en nedgang i tarevegetasjonen. Trådalgene var først og fremst fra rødalgeselektene havdun og havpyrd, men også rødalgen rødlo og brunalgen stivt kjerringhår hadde økt i sine forekomster. Blant tareartene var det en markert nedgang i forekomsten av sukkertare i hele C-området (Figur 6.3). I D-området ble det ikke funnet endring av betydning de tre siste år på artsnivå.

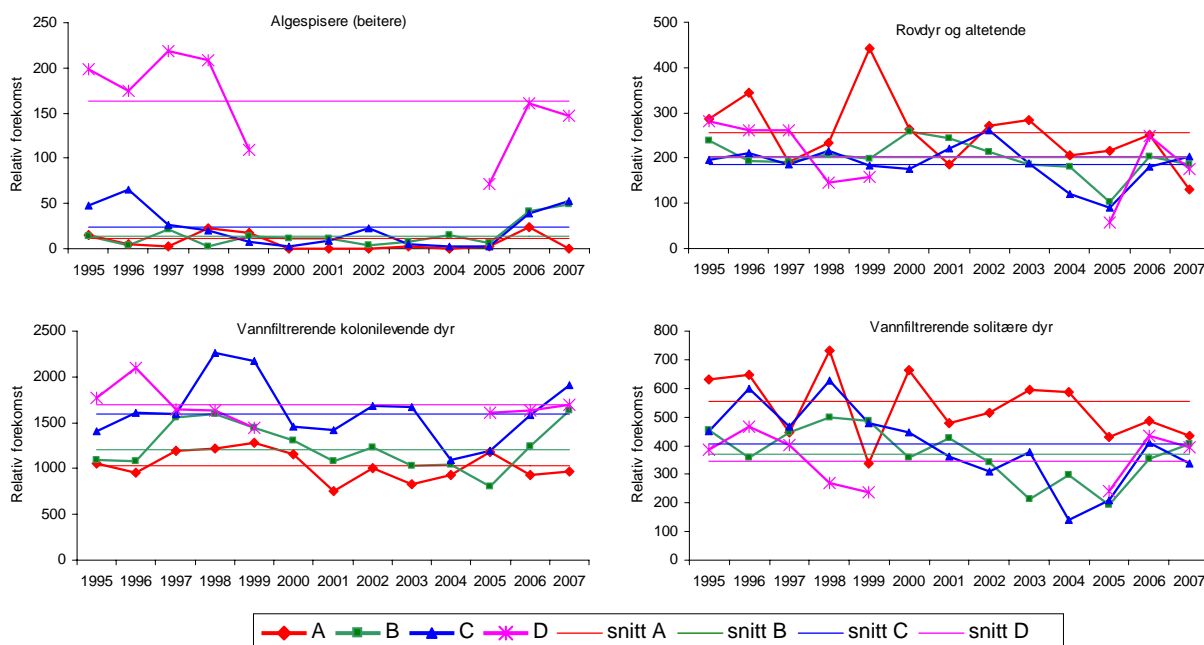
#### Makrofauna

Vannfiltrerende dyr (svamper, hydroider, mosdyr, sjøpunger m.fl) er den klart dominerende kategorien av fastsittende dyr på samtlige Kystovervåkingsstasjoner (jfr. Figur 6.2) og det er en viktig gruppe som kan utgjøre brorparten av biomassen. Forekomsten av disse, av alge-spisere (som snegl og kråkeboller) og av altetende/rovdyr har økt betydelig etter flere år med redusert forekomst, unntatt i A-området (Figur 6.7). I A-området er det registrert en markert nedgang i forekomsten av gul sjøpung, snegl og sjøstjerner. Flere av disse har kanskje hatt unormalt høy forekomst slik at nedgangen ikke trenger å være negativ for samfunnet. De vannfiltrerende dyrene domineres av gruppene sjøpunger og mosdyr. Disse har vist nedad-

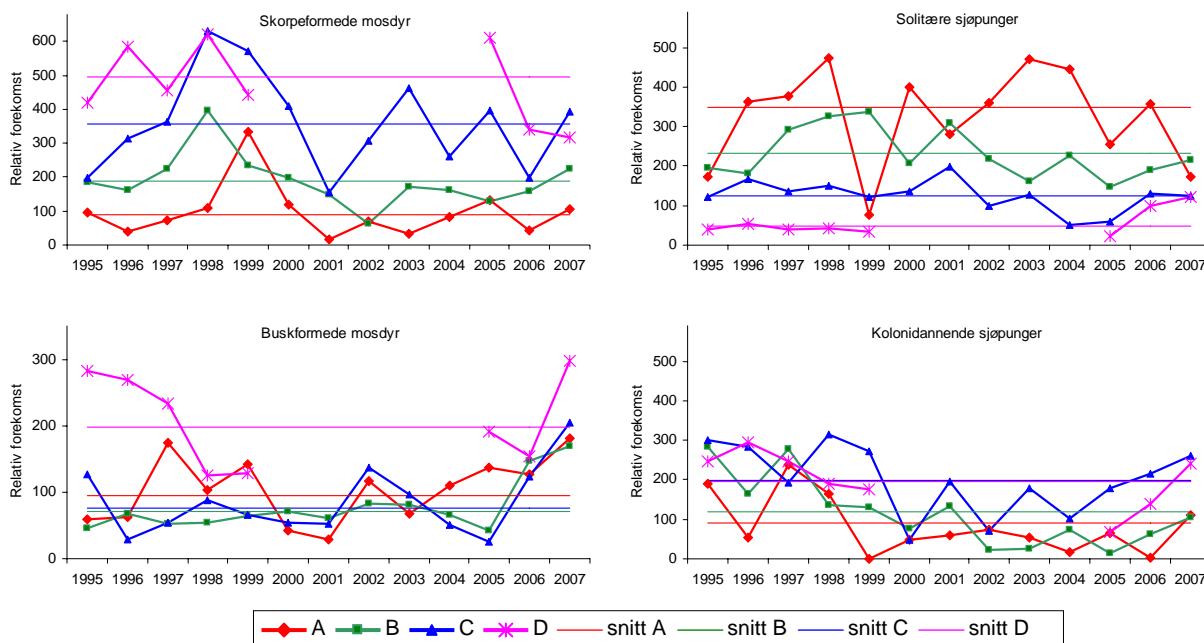
gående forekomst og/eller store svingninger i sin forekomst i overvåkingsperioden og det har vært spekulert på en mulig sammenheng mellom redusert forekomst og økt nedslamming. Økte forekomster fra 2005 til (Figur 6.8) i dag er en utvikling som i så fall indikerer en mulig forbedret miljøtilstand. Men, som vist i kap. 4, sammenfaller ikke dette med utvikling i partikkelkonsentrasjon eller siktdyp, slik at det er flere faktorer som spiller inn.



Figur 6.6. Endringer over tid i (relativ) forekomst av makroalgekatogrier i regionene A-D. Snittverdi er over perioden 1995-2006. (Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004)



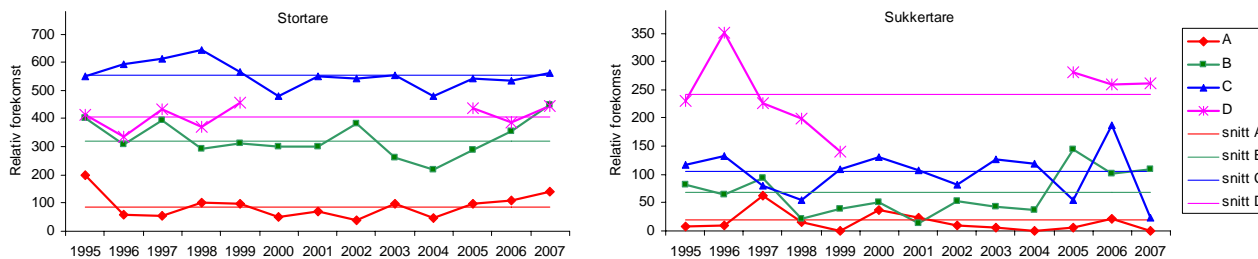
Figur 6.7. Endringer over tid i (relativ) forekomst av dyr på overordnet artsnivå (funksjonelle grupper) for områdene A, B, C og D. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995-2006. (Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004)



Figur 6.8 Forekomst av mosdyr (skorpeformede og opprette mosdyr) og sjøpunger (solitære og kolonilevende). (Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004)

### 6.2.3 Endringer i tareskog

Regional endring over tid i forekomst av alle tarearter er vist i Figur 6.6, mens Figur 6.9 viser endringer i de dominerende artene stortare og sukkertare. Tareskogen i ytre Oslofjord (område A) er marginal, men har vært stabil med små år-til-år variasjoner (unntatt stasjonene a92 og a93). I 2006 og 2007 økte forekomsten av stortare i alle regioner, men bare marginalt i region C, hvor det er stor forekomst stortare. Forekomsten av stortare på ytre kyst i Skagerrak (A og B) er nå over gjennomsnittet for perioden 1995-2006 etter flere år med lave registrerte forekomster og indikerer en forbedring på ytre kyst. For sukkertare ble det stedvis funnet god tilvekst på ytre kyst i 2005 og 2006, etter en periode med lav forekomst. I B- og D-området er samlet forekomst av sukkertare uendret fra 2006, mens sukkertare har gått markert ned i A- og C-området. I C-området kan det blant annet ha sammenheng med økt forekomst av stortare som tar plassen fra sukkertaren. En slik korrelasjon er naturlig og kan også sees for årene 1997-99. I A-området er det en tilsvarende sammenheng, men her er det først og fremst dårlige miljøbetingelser for tare som begrenser den totale forekomsten av tare. Observasjonene indikerer at miljøforholdene på ytre kyst generelt er god til forskjell fra fjorder og skjærgårdsområder hvor det fortsatt observeres dårlig økologisk tilstand (jfr. Sukkertareprosjektet).



Figur 6.9. Årlig og gjennomsnittlig forekomst (relativ mengde) av stortare og sukkertare over perioden 1995-2007. (Stasjon a92, a93 og c95 er utelatt. Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004).



#### 6.2.4 Endringer i nedre voksegrense for alger

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



Fagerving (*Delesseria sanguinea*) er en flerårig, bladformet alge godt egnet som indikatoralge for nedre voksegrense. Den vokser på alle kystovervåkingsstasjonene og har et typisk utseende som gjør den lett å identifisere i felt. Algens verdi som økologisk indikator er imidlertid mer usikker. Flere forslag til biologiske kvalitetsevalueringssystem kategoriserer den som en indikator på god økologisk tilstand fordi fagerving er en bladformet rødalge. Men samtidig er økt forekomst av fagerving blitt knyttet til

eutrofiering (Johansson m. fl. 1998), noe vi også har observert på bølgebeskyttet i næringsbelastede områder. Svak eutrofiering gir en gjødslingseffekt som mange alger responderer positivt på, men sterkere grad av eutrofiering fører til nedslamming og dårlig lystilgang til bunnfloraen. Det har negativ innvirkning på mange makroalger, deriblant fagerving.

I Kystovervåkingsprogrammet måles nedre voksegrense i juni måned mens den nedre voksegrensen vil være bestemt av vannkvaliteten og andre påvirkningsfaktorer i en lengre periode før registreringer finner sted (vår, vinter og høst og sommer året før, dette varierer for ulike arter etter bl.a. livslengde). Vi har i Kystovervåkingsprogrammet definert nedre voksegrense til det dypeste dyp hvor fagerving minimum har spredt forekomst. Enkeltindivider av fagerving vokser under denne beregnede voksegrensen, men spredte enkeltindivider som kan variere i nedre utbredelse fra år til år, samt at det kan variere når en dykker vil oppdage og registrere forekomst av enkeltindivider. Til sammenlikning har vi derfor valgt det dyp hvor dykkeren registrerer spredt forekomst av arten.

Gjennomsnittlig nedre voksegrense for fagerving i hvert av områdene A, B, C og D er vist i Figur 6.10 som søyler for hvert år i perioden 1995-2007. Til hjelp for sammenlikning er gjennomsnittet for perioden 1995-2006 markert med en rød horisontal linje.

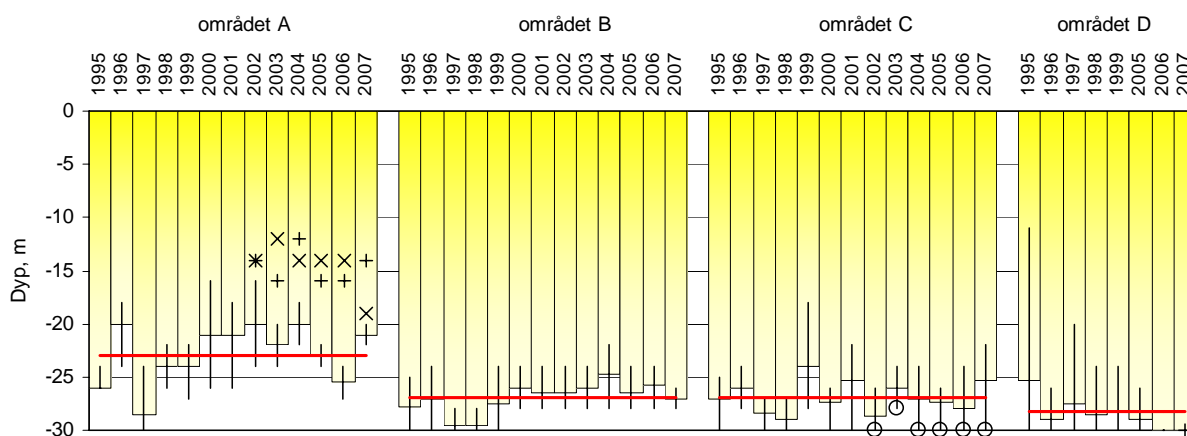
Nedre voksedyp i 2007 var redusert i ytre Oslofjord (A-området) og indikerer dårligere vannkvalitet, som også gjenspeiles i dårligere siktdyp (figur 4.8 a). Spesielt ble det registrert redusert voksedyp på stasjon a02 Færder (fra 27 m i 2006 til 20 m i 2007), men også på a03 Lyngholmen (fra 24 m i 2006 til 22 m i 2007). Voksegrensen i A-området varierer mye fra år til år og reflekterer de store variasjoner i vannkvalitet i ytre Oslofjord. Største voksedyp i A-området ble målt til 30 m i 1997 og da etter året 1996 med lite nedbør og lav avrenning fra land som ga lave næringssaltkonsentrasjoner i kystvannet, lite partikler og liten planktonbiomasse.

Nedre voksegrense på de beskyttede skjærgårdsstasjonene a92 og a93 er plottet med egne symboler og er ikke tatt med i gjennomsnittet siden målingene startet i 2002. Voksegrensen på disse to stasjonene er klart grunnere enn de to bølgeeksponerte stasjonene. I 2007 ble det registrert en henholdsvis økt og redusert dybdeutbredelse på vest- (a93) og østsiden (a92) av Tjøme.

I B-området har nedre voksegrense for fagerving vært nokså stabilt rundt 26-28 m dyp, men med enkelte gode år (1997-98) og dårlige år (2004). I 2007 var nedre voksegrense dypere enn i 2006 og tilstanden var igjen på gjennomsnittet for perioden 1995-2006.

I C-området ligger gjennomsnittlig voksedyp på 26-28 m dyp, men i 2007 var det en markert reduksjon som skyldes redusert voksedyp for fagerving på fjordstasjonen c17 Stolen i Flekkefjordsfjorden (fra 30 m i 2006 til 20 m i 2007). Nedre voksedyp varierer stort på denne stasjonen, mens den er relativt stabil på de andre stasjonene i C-området. Store variasjoner i voksedypet på c17 Stolen kan være resultat av ras i den ustabile steinura som utgjør det meste av bunnsstratet på stasjonen, og behøver ikke reflektere variasjoner i vannkvalitet. Men tidvis sterke planktonalgeoppblomstring med blakking av vannet, kan også være årsak til store endringer i voksedypet. (Bruken av denne parameteren på c17 er til vurdering.) Med unntak fra c17 indikerte nedre voksedyp god vannkvalitet i 2007.

Stasjonene i D-området har ikke vært undersøkt i perioden 2000-2004, men resultatene fra 2005 til 2007 tyder på samme eller bedre kvalitet på stasjonene sammenliknet med perioden forut. Siden nedre voksegrense i 2006 og 2007 ble funnet å være dypere enn nedre grense for dykkeundersøkelser, kan vi ikke med denne metoden måle hva som er nedre voksedyp for fagerving. For fastsettelse av vannkvalitet er det likevel tilstrekkelig å vite at nedre voksedyp er 30 m eller dypere. Det indikerer at vannkvaliteten her er meget god.



Figur 6.10. Nedre voksegrense for rødalgens fagerving. Søyler viser gjennomsnittlig nedre voksedyp med spredt forekomst av fagerving hvert år for områdene A til D. Vertikal linje som viser årsvariasjon mellom stasjonene. Røde, horisontale linjer viser gjennomsnittlig dyp for perioden 1995-2006. Utfasede stasjoner er ikke tatt med i snittberegninger og c15 er utelatt fordi den er grunnere enn 25 m. Nedre voksegrense på de nye stasjonene i A- og C-området er vist med egne symboler: + = a92, × = a93 og o = c95, men er ikke med i beregningen av søyler eller snittverdier.

## 7. Bløtbunnssamfunn

I undersøkelsesperioden 1990-2007 har det vært en svak reduksjon i eutrofipåvirkning av bløtbunnssfaunasamfunnene på stasjonene ute i havet i det østlige Skagerrak (A-område og ytre B-område), spesielt etter år 2000. I indre B-område og i indre og ytre område ved Lista (C-området) har det vært en svak økning i eutrofipåvirkningen.

Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak i 1990-2007 og på Vestlandet i 2005-2007 har stort sett vært meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier) med høyt artsmangfold, bortsett fra på stasjon A36 i ytre Oslofjord og B35 utenfor Arendal, der artsmangfoldet i årene før 2000 viste mindre god tilstand. Artsmangfoldet har imidlertid vært signifikant stigende på disse stasjonene ute i havet (A36 og B35) og på den grunne kystnære stasjonen i ytre Oslofjord (A05). På den kystnære stasjonen B05 på Sørlandskysten og C16 på Lista var det ingen økning i artsmangfoldet. På C16 var artsmangfoldet i 2007 tydelig lavere enn det har vært i de foregående årene. Også på den dype stasjonen utenfor Lista (C38) var artsmangfoldet gått ned, men tilstanden er fremdeles meget god. På stasjonene på Vestlandet var artsmangfoldet høyt, særlig på stasjonen i åpent hav vest for Sotra (D20).

Forekomst av indikatorarter for gode miljøforhold, viste høyest indeks (viste best tilstand) på stasjon C38 i havet utenfor Lista og D20 i havet utenfor Sotra. Lavest indikatorartsindeks i hele perioden viste skjærgårdsstasjonen B05 på Sørlandskysten. På C16 (Lista) viste indeksen tydelig lavere verdi i 2007 enn i de foregående årene.

På A05 ble det i 2007 registrert uvanlig høye forekomster av små, juvenile kråkeboller.

Individtetthetene var generelt høyere på de dype enn på de grunne stasjonene i Skagerrak. På A36 og B35 har individtetthetene gått ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel der.

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 fra 1990 til 2003 og enkelte prøver viste dårlig tilstand. Men økningen i TOC har ikke ført til noen forverring i faunatilstanden.

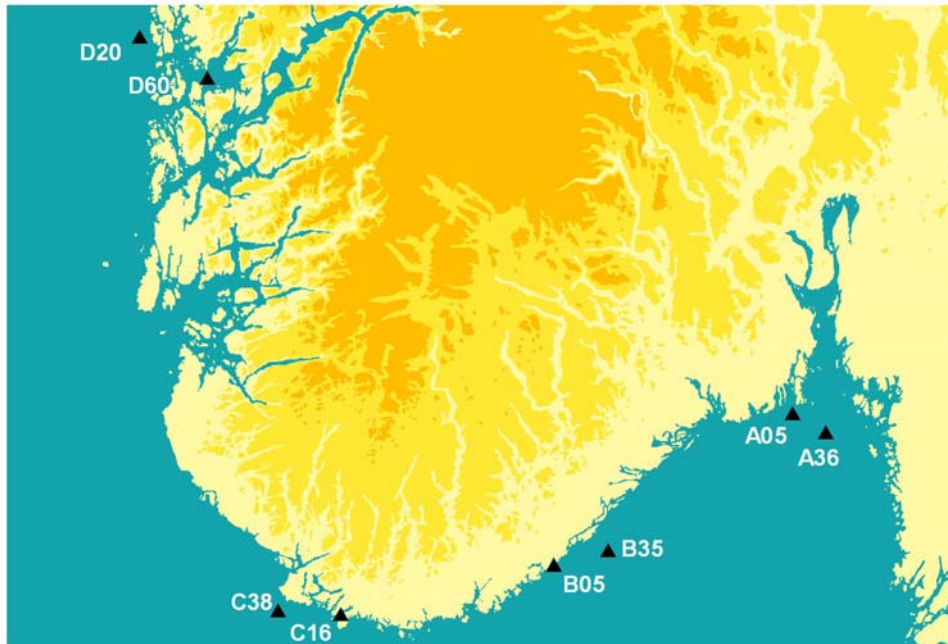
### 7.1 Bunnfauna

Det er lagt vekt på å beskrive de karaktertrekk ved faunaen som antas å kunne bli påvirket av endringer i næringssalter 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. Spesielt for 2007 var et stort antall små juveniler av sjøpinnsvin (*Echinodea*) på stasjon A05 i Ytre Oslofjord (Tabell 7.1). Det er aldri funnet noe tilsvarende på noen av de andre stasjonene. I henhold til norsk standard (NS 9423) er disse holdt utenom ved beregningene av indekser. Det ble ikke funnet noe i zooplanktonmaterialet (stasjon Arendal st 2, område B) som kan forklare dette.

Tabell 7.1 Antall individer av pigghuder funnet på stasjon A05 i ytre Oslofjord (0,8 m<sup>2</sup>).

Pigghuder	Vår	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Echinoidea</i> indet										1								51	623
<i>Brissopsis lyrifera</i>			1	4	1	8	6	2	4	2	3	5	2	5	5	3	3	2	6
<i>Echinocardium</i> sp		1	10		1					12			2	1		1	1	1	5

Stasjonskart for 2007 er vist i Figur 7.1. Tidsplott for perioden 1990-2007 av parametre i faunasamfunnet og individtetteter av enkeltarter er vist i Figur 7.2-Figur 7.9. Signifikante trender er vist i Tabell 7.2.

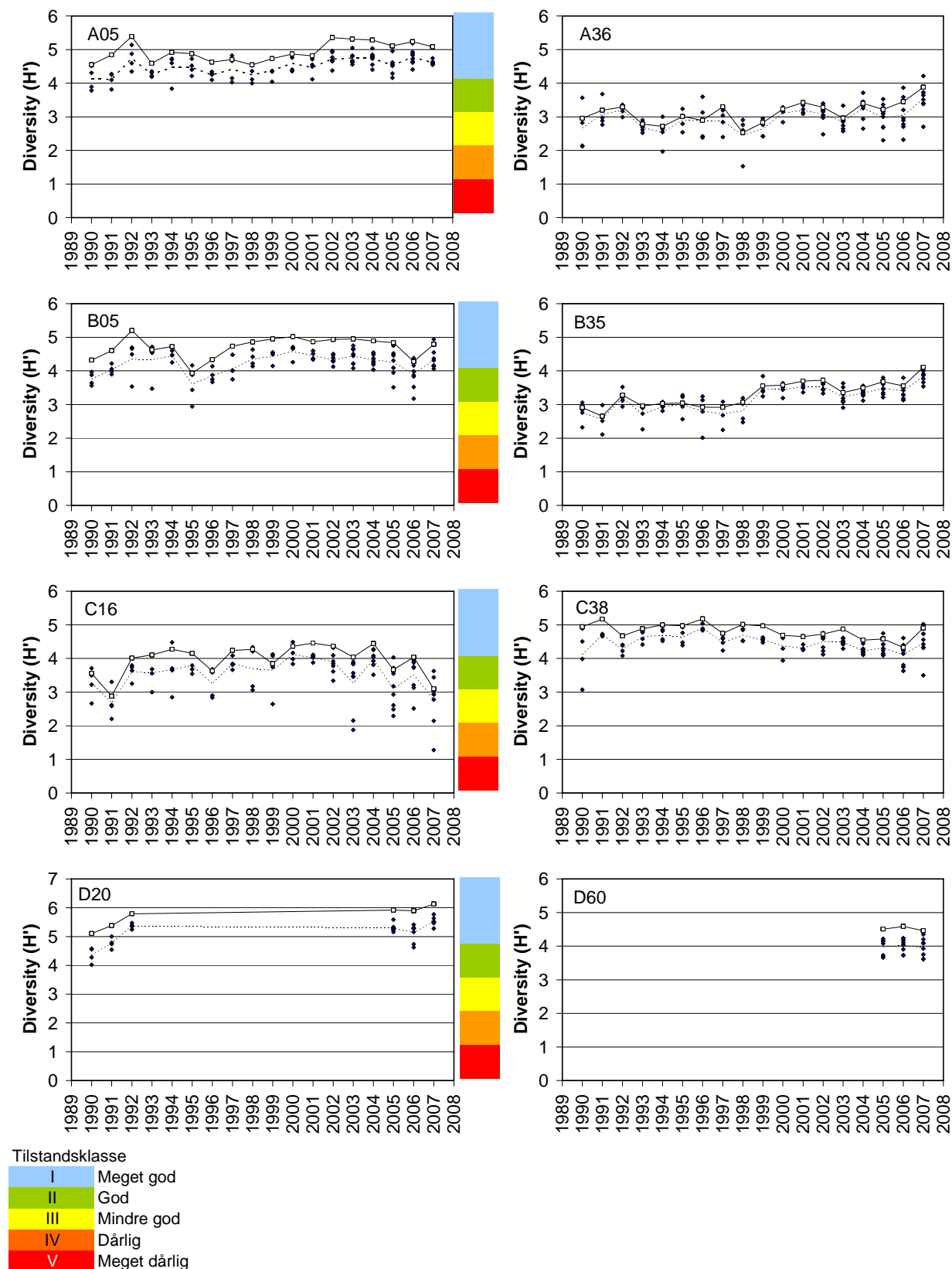


Figur 7.1 Kart over bløtbunnsstasjonene i 2007. (Med å legge til en 0 til stasjonskodene indikerer tallkoden dypet på stasjonen, for eksempel er A05 og A36 hhv. 50 og 360 m)

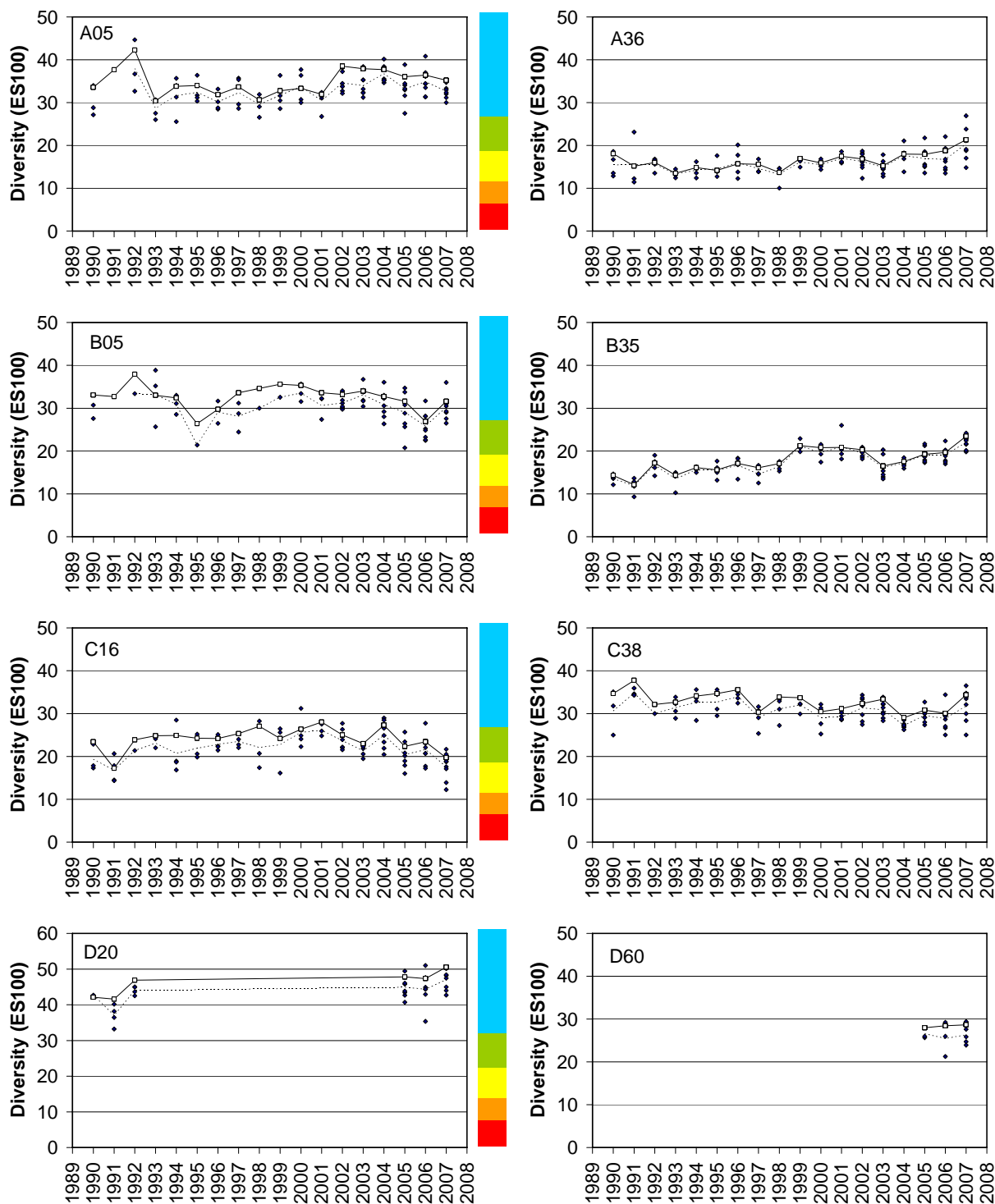
### Artsmangfold

Artsmangfoldet i bløtbunnsamfunnene er beregnet ved indeksene  $H'$  (Shannon-Weaver, 1963) og  $ES_{100}$  (Hurlbert, 1971). Begge indikerer tilstand i organismesamfunn (jfr. SFT, 1997), men de har en litt forskjellig vektlegging av artstall, individtall og jevnhet av individtall blant arter. I de fleste årene lå artsamangfoldet på alle stasjonene, med unntak for de dype stasjonene i ytre Oslofjord (A36) og utenfor Arendal (B35), i tilstandsklasse I eller II (meget god eller god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 7.2; Figur 7.3). På de dype stasjonene (A36 og B35) lå artsamangfoldet i noen av årene før 2000 i klasse III (mindre god tilstand), men i de siste årene har artsamangfoldet steget og tilstanden er i dag i klasse god (II). Bedringen skyldes hovedsakelig en bedre jevnhet mellom artene (dvs. redusert individtettethet av noen dominerende arter). På den grunne stasjonen i ytre Oslofjord (A05) har artsamangfoldet vært spesielt høyt i de siste fem årene, noe som indikerer forbedret tilstand. (Merk det høye innslaget av juvenile kråkeboller (Tabell 7.1) som utgår fra indeksene.) På den grunne stasjonen på Sørlandet (B05) var tilstanden i 2007 meget god (klasse I). Av de dype stasjonene viste D20 utenfor Sotra på Vestlandet og C38 i havet utenfor Lista høyest artsamangfold, men på C38 ved Lista har det vært en svak, men signifikant nedgang i perioden.

Artstall pr. 100 individer ( $ES_{100}$ ) var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge. Verdier av  $ES_{100}$  over 18 kan betraktes som høye (god eller meget god tilstand). Lavest  $ES_{100}$  ble funnet på de dype stasjonene A36 og B35 (Figur 7.3) tilsvarende som for  $H'$ , men indeksen er imidlertid stigende. På den kystnære stasjonen i Lista-området (C16) har både  $H'$  og  $ES_{100}$  avtatt markert (ned mot mindre god) de siste årene og utviklingen her skiller seg fra de andre bløtbunnsområdene.



Figur 7.2. Artsmangfold ( $H'$ ) for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2007. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber) (Klassifisering etter SFT 1997). Merk ulik skala på D20 pga. meget høy diversitet. Alle er i klasse meget god.



Figur 7.3. Artstall pr. 100 individer (ES<sub>100</sub>) i 1990-2007. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

### Artstetthet

Artstetthet på bløtbunnsstasjonene er uttrykt ved artstall pr. 0.1 og 0.4 m<sup>2</sup> (hhv. pr. grabb og for 4 grabber til sammen, Figur 7.4). På alle stasjonene i Skagerrak, bortsett fra den dype stasjonen på Sørlandet (B35), var det en økning i artstetthet i undersøkelsesperioden (Figur 7.4). Lavest antall arter ble funnet på den dype Vestlandsstasjonen i Bjørnafjorden (D60). Denne ble første gang prøvetatt i 2005 og tiden vil vise hvordan denne stasjonen utvikler seg. På Vestlandsstasjonen D20 på utsiden av Sotra ble det funnet spesielt høyt antall arter. (Det doblete av D60).

### Indikatorarter (ISI)

Forekomst av indikatorarter (arter som indikerer god eller dårlig miljøtilstand) viste lite endring i perioden på de fleste av stasjonene (Figur 7.5) og de fleste stasjonene tilfredstilte kriteriene til tilstandsklasse meget god (klasse I). Dette tyder på at endringene i påvirkning ikke har vært så store at det har ført til noen betydelig utskiftning av arter. Høyest indikatorartsindeks (best tilstand) viste stasjon D20 på utsiden av Sotra og C38 på utsiden av Lista (ISI = 10-11). Lavest indikatorartsindeksverdi og avtagende de siste årene, ble funnet på den dype stasjonen i ytre Oslofjord (A36). Det er i motsetning til indekser for artsdiversitet som har vist tilstandsbedring de siste årene. Artsdiversitetsindeksene tar ikke hensyn til sensitive arter slik ISI-indeksen gjør. På den kystnære Lista-stasjonen C16 avtok ISI-indeksen betydelig i 2007 og dette samsvarer også med nedgang registrert i artsdiversitet.

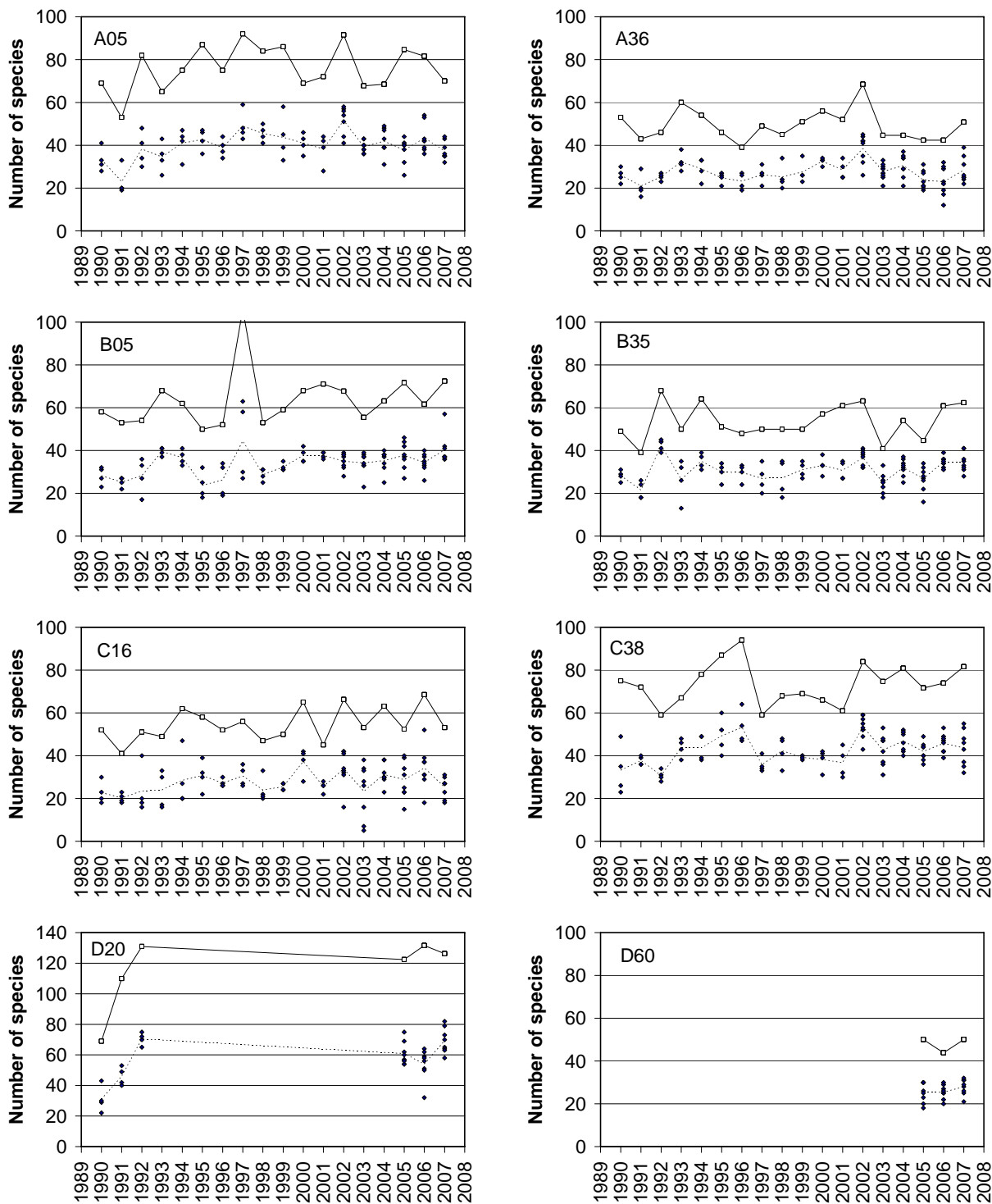
### Individtetthet

Individtetthetene var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge, men var høyere på de dype enn på de grunne stasjonene i Skagerrak (Figur 7.6). 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. (Det synes også å være tilfellet på Vestlandet, men foreløpig er det for få observasjoner til å gi en vurdering). Individmengden på de dype havstasjonene A36 (ytre Oslofjord) og B35 (Sørlandskysten) har gått tydelig ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene (*Heteromastus*, jfr. Figur 7.8). På B35 var forbedringen signifikant (Tabell 7.2). Nedgangen kan tyde på redusert næringstilførsel. Dette er en bedring som også vises i indekser for artsmangfoldet. På de grunne, kystnære stasjonene B05 på Sørlandskysten og C16 på Lista, var det en økende individtetthet (signifikant) og spesielt av den opportunistiske *Heteromastus*. Også for den dype Lista-stasjonen ble det funnet en signifikant dårligere (stigende) individtetthet over perioden 1990-2007. Også på den grunne, kystnære stasjonen A05 i ytre Oslofjord har individtallet økt de siste årene, men periodiske variasjoner gjør at det ikke er noen signifikant langtidstrend. På Vestlandsstasjonene er individtallet lavt på stasjonen i Bjørnafjorden og høyt på stasjonen i havet utenfor Sotra, akkurat som artsantallet.

### De vanligste artene

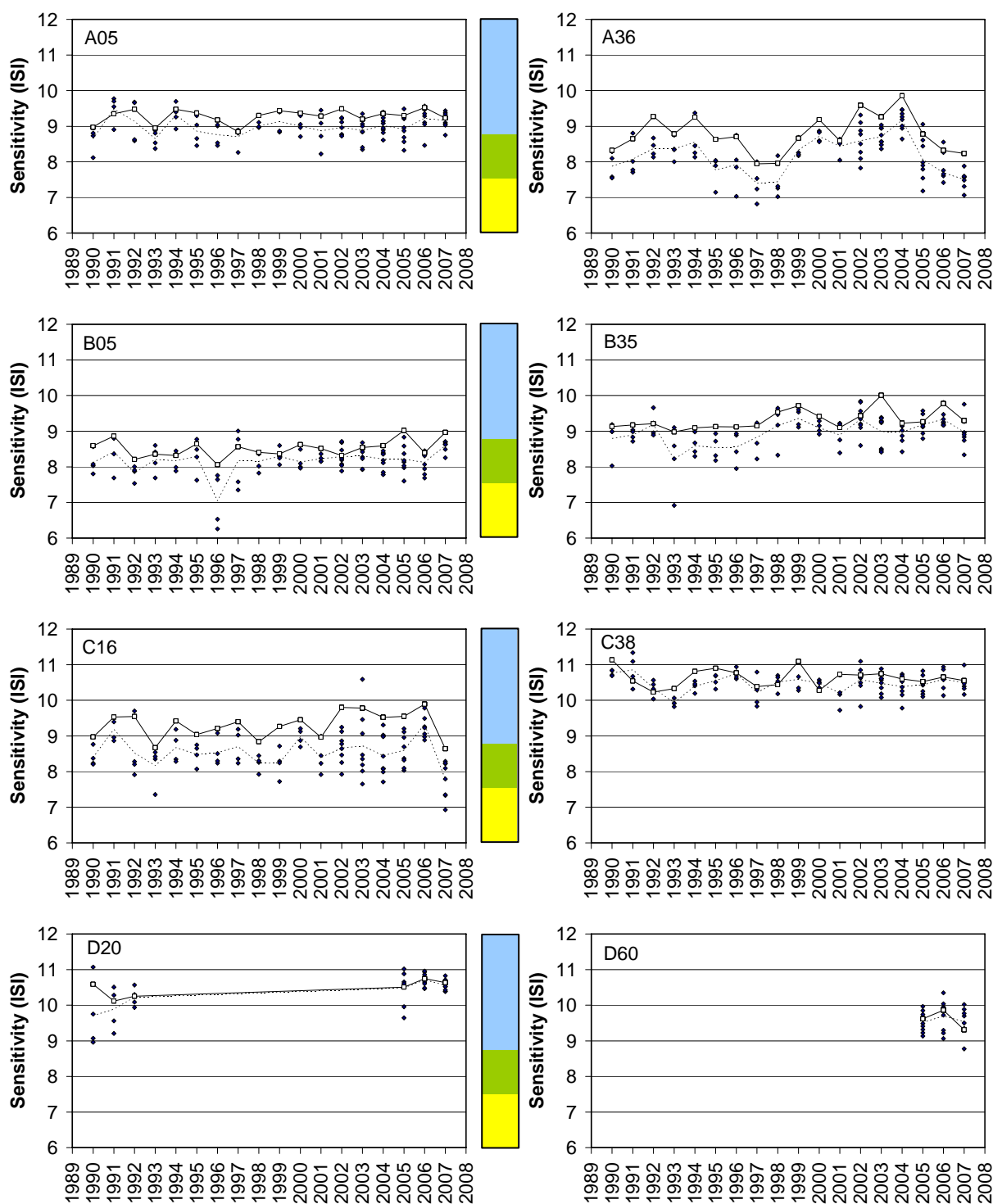
Individttall for de vanligste artene på grunne, kystnære stasjoner i Skagerrak er vist i Figur 7.7 og for dype stasjoner i Skagerrak i Figur 7.8. Figur 7.9 viser individtallet for de vanligste artene på Vestlandsstasjonene. Individtettheten av de enkelte vanligste slektene viste svært høy variasjon fra 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 7.7 og Figur 7.8 er det særlig mangebørstemarkene *Chaetozone*, *Heteromastus* og *Paramphinome* som er kjent for å være opportunistiske og tolerante arter (Rygg, 1995), ofte dominerende på organisk belastete lokaliteter. Muslingen *Abra*, mangebørstemarken *Prionospio* og i noen grad *Tharyx/Caulleriella* kan også være vanlige på organisk belastete lokaliteter (NIVA database). Men alle disse artene kan også

være vanlige på uforurensete lokaliteter. Det er derfor ikke bare forekomsten, men først og fremst endringer over tid i individtettheten av artene, som kan indikere økt eller minsket næringstilgang. På stasjon A36 og B35 var det en tilbakegang av børstemarken *Heteromastus*, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel. På fjordstasjonen C16 ved Lista er antallet av *Heteromastus* høyt og økende, noe som kan tyde på økt næringstilførsel.

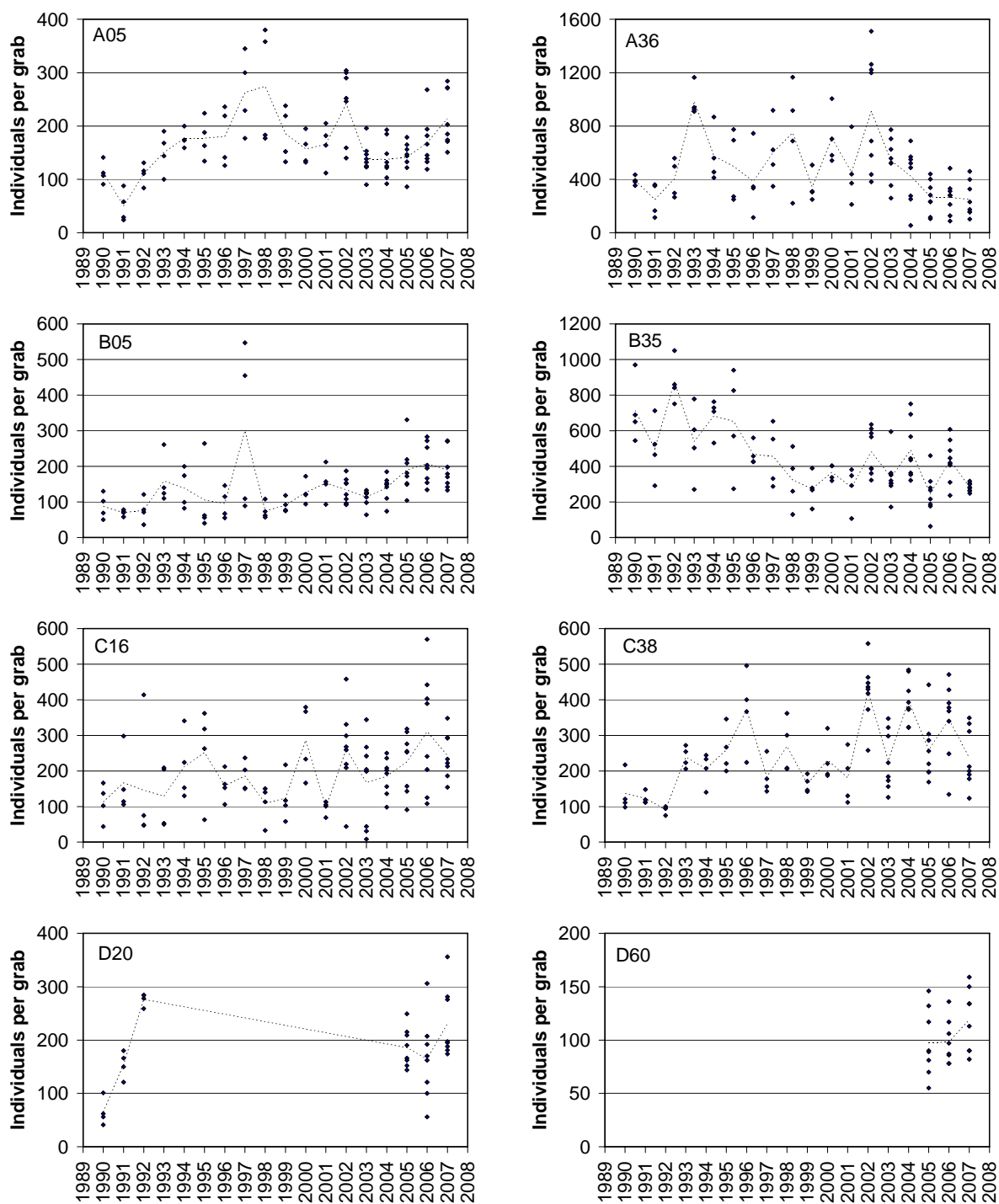


Figur 7.4. Artstetthet i 1990-2007. (Merk utvidet skala for stasjon D20.) Punkter og prikkete linjer: Verdier pr. grabb (0.1 m<sup>2</sup>) og gjennomsnitt. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber, 0.4 m<sup>2</sup>).

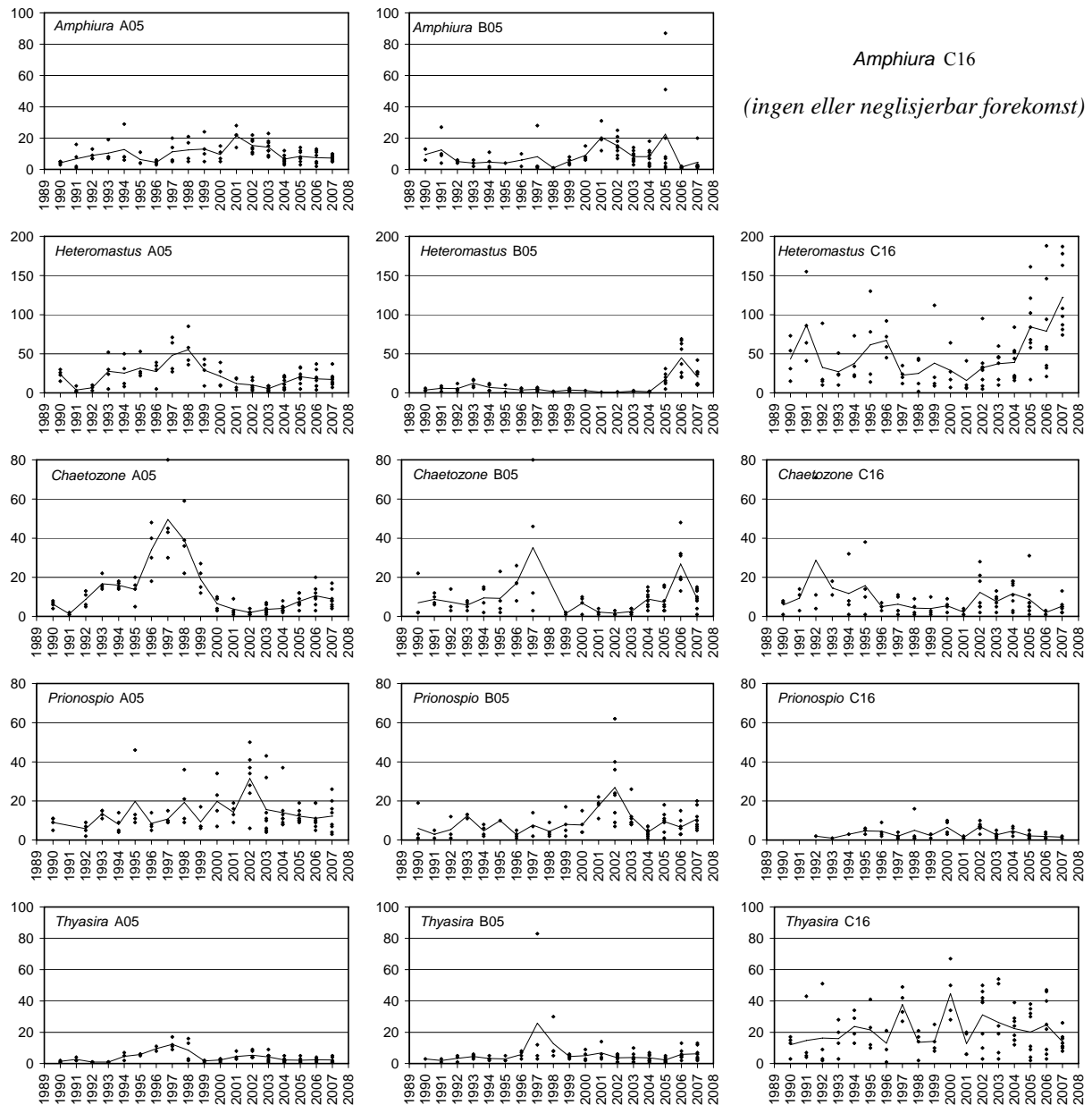




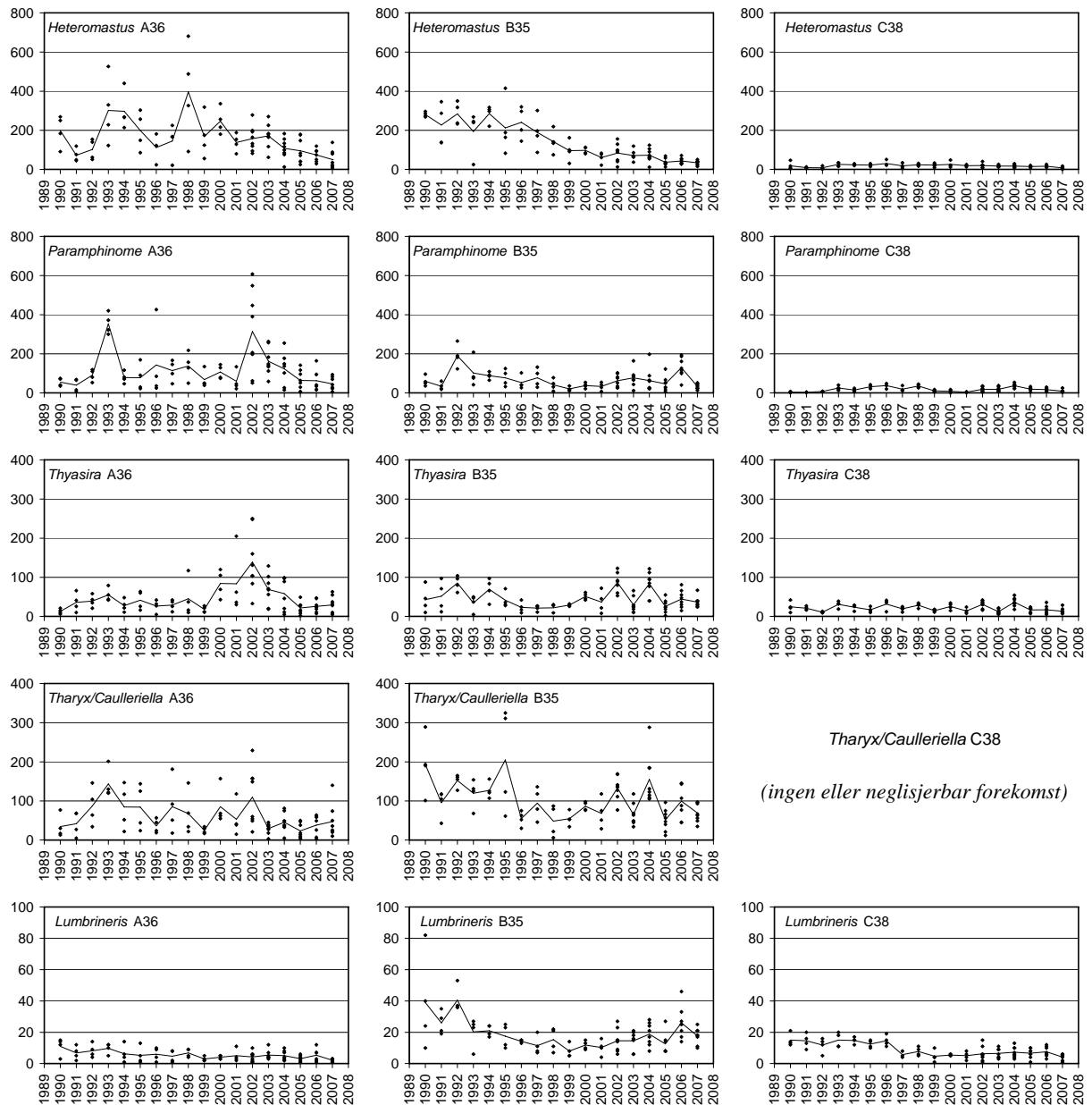
Figur 7.5. Indikatorartsindeks (ISI) for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2007. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2). (Klassifisering: Rygg 2002.)



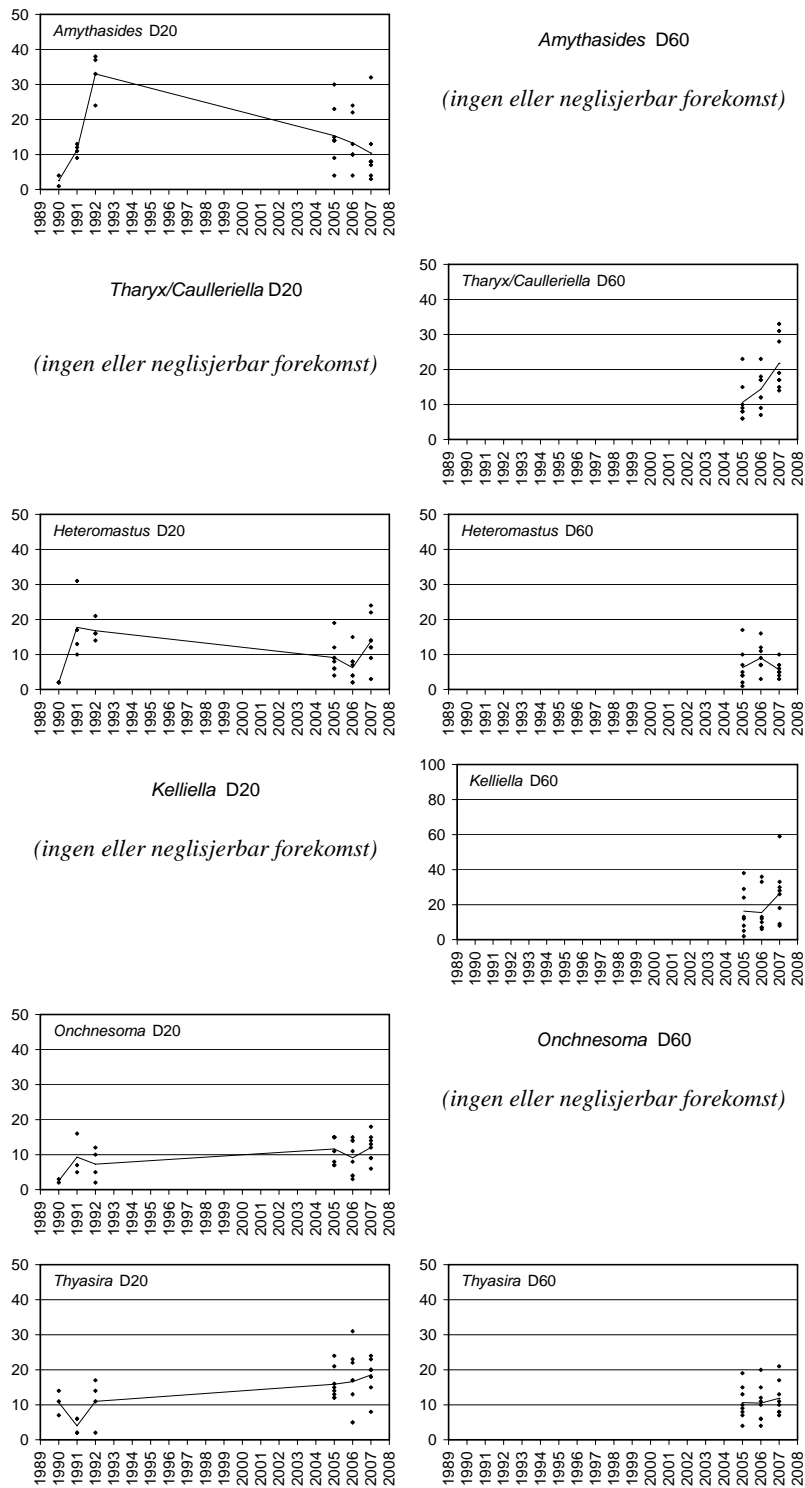
Figur 7.6. Individantall for bløtbunnsfauna pr. grabb ( $0.1 \text{ m}^2$ ) (punkter) og gjennomsnitt pr. år (linjer) i 1990-2007. Etter 2001 er det tatt åtte grabber pr. stasjon, mot fire grabber pr. stasjon 1990-2001. Merk ulik skala i plottene.



Figur 7.7. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de grunne stasjonene A05 (ytre Oslofjord, 50m), B05 (Arendal, 50m) og den middels dype fjordstasjonen C16 (Grønsfjord ved Farsund, 160m). Merk ulik skala for forskjellige slekter.



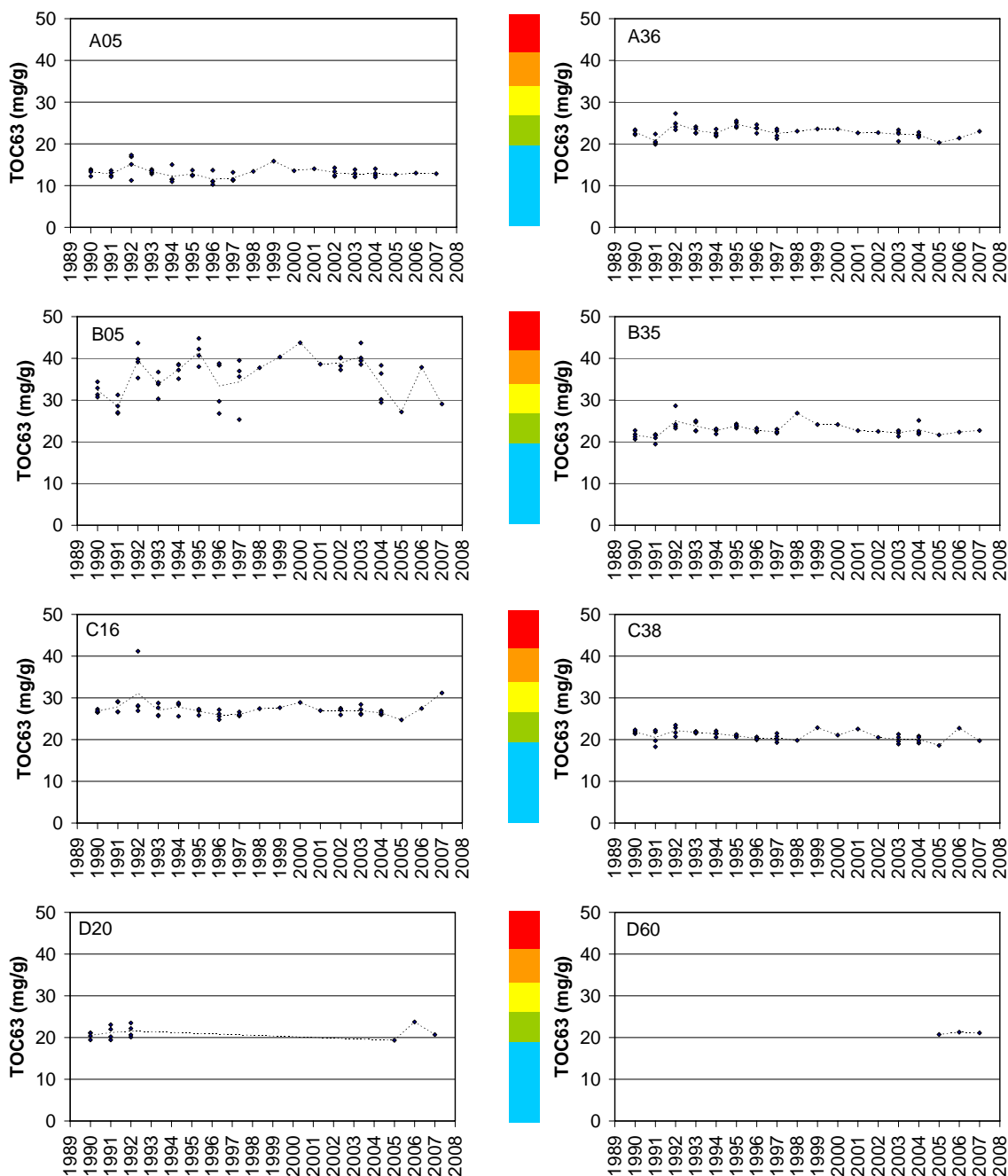
Figur 7.8. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene A36 (ytre Oslofjord, 360m), B35 (Arendal, 350m) og C38 (Lista, 380m). Merk ulik skala for forskjellige slekter.



Figur 7.9. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene på Vestlandet, D20 (i havet utenfor Sotra, 200m) og D60 (Bjørnafjorden, 600m).

## 7.2 Bunnsedimenter

Tidsserier for totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på stasjonene er vist i Figur 7.10. Det ble ikke påvist noen tydelige 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.



Figur 7.10. Innhold av totalt organisk karbon (TOC<sub>63</sub>, mg/g), korrigert for sedimentets innhold av silt og leire i enkeltprøver (punkter) og som gjennomsnitt (linjer) pr. år 1990-2007. Fargekodene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

Organisk innhold (TOC) var lavt til moderat, og var høyest i de mest finpartikulære sedimentene. Gjennomsnittlig TOC<sub>63</sub>-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.

Stasjon B05 hadde i 2007 forhøyet 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 en nedgang i TOC etter 2003 på B05. Fjordstasjonen C16 viste stort sett klasse III (mindre god) i hele perioden.

### 7.3 Tidstrender

I Tabell 7.2 vises resultater fra en trendanalyse av de enkelte parametrene for hver stasjon (lineær trend 1990-2007). + eller - betyr signifikant stigende eller synkende verdier, mens fargen grønn eller rød indikerer en positiv eller negativ utvikling på de 6 stasjonene. Hovedkonklusjonen er at tilstanden har blitt bedre på de to stasjonene A05 og A36 i ytre Oslofjord (A-området) og på den dype havstasjonen B35 på Sørlandskysten (B-området). Nedgang i antall individer og spesielt antall av den opportunistiske manglebørstemarken *Heteromastus* på B35 kan sees i sammenheng med nedgang i planteplankton (figur 5.7) og næringsalter (nitrat, figur 5.8) målt på nærliggende hydrografistasjon Arendal st 2. På den dype havstasjonen C38 i utenfor Lista (C-området) har tilstanden blitt dårligere med redusert diversitet og økt individtetthet. Siktdypet på stasjonen er også blitt dårligere over tid (figur 4.8 d) og dette kan tyde på en svak eutrofiering. For de andre stasjonene gir ikke lineær modell noen entydig trend for perioden, men flere av parametrene indikerer en forverring på fjordstasjonen C16 i Lista-området i slutten av undersøkelsesperioden.

Tabell 7.2. Signifikantstest av endringer (lineær modell,  $P < 0.05$ ) for perioden 1990-2007. Vestlandsstasjonene D20 og D60 er ikke tatt med her, på grunn av få observasjoner.

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

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

## 8. 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 og Magnusson J 2008. Mindre tilførsel av næringsalter til Skagerrak. *Kyst og havbruk* 2008. s 28-30.
- 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., Johannessen, T., 1997. Næringsalter 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.
- Buhl-Mortensen, L., Aure, J., Alve, E., Husum, K., Oug, E., 2006. Effekter av oksygensvikt på fjordfauna: Bunnfauna og miljø i fjorder på Skagerrakkysten. *Fisken og havet* 3, 2006.
- Christie, H., 1995. Kartlegging av faunaen knyttet til tareskogen i Froan; variasjon i en eksponerings-gradient. NINA Oppdragsmelding 368: 1-22
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1994. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 1st edition: Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK, 144pp.
- Dahl, E., Tangen, K. 1993. 25 years experience with *Gyrodinium aureolum* in Norwegian waters. Pp. 15-23 in T.J. Smayda and Y. Shimizu (eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier, New York. Edwards, M., Johns, D.G., Beaugrand, G., Licandro, P., John, A.W.G. & Stevens, D. P. 2008. Ecological Status Report: results from the CPR survey 2006/2007. SAHFOS Technical Report, 5: 1-8. Plymouth, U.K. ISSN 1744-0750
- Hurrell, J.W., 1995. Decadal trend in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679
- Hurlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters, *Ecology* 52:577-586
- Johannessen, T., Dahl, E., 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limology and Oceanography* 41 (4)
- Johansson, G., Eriksson, B.K., Pedersén, M., Snoeijis, P., 1998. Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. *Hydrobiologia* 385, 121-138.
- Kriby, R.R., Beaugrand, G., Lindley, J.A., Richardson, A.J., Edwards, M., Reid, P.C. (2007) Climate effects and benthic-pelagic coupling in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog Ser.* 330:31-38.
- Moy F, J Aure (HI), T Falkenhaus (HI), T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, KM Norderhaug, A Pedersen, B Rygg. 2007. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2006 fra Kystovervåkingsprogrammet. SFT-rapport TA-2286/2007. NIVA-rapport 5455. 95s.



- Moy FE, Christie H, Alve E, Steen H, 2008. Statusrapport nr 3 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-2398/2008. NIVArapport 5585. s 67.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Omli, L. Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. 10-årsrapport 1990-1999 SFT-rapport 848/02. TA-1883/2002. NIVA-rapport 4543. 136s.
- 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.
- Rygg, B. 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-report 4548. 32 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.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Skogen, M., Gjøsæter, H., Toresen, R., Robberstad, Y. (Eds.) Havets ressurser og miljø 2007. Fisken og havet, særnr. 1-2007.





## 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 978-82-577-5347-4
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer TA-2409/2008
--	-----------------------------------	---------------------------

	År 2008	Sidetall 81	SFTs kontraktnummer 5008015
--	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5612	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
---	--

Forfatter(e) Frithjof Moy, Jan Aure (HI), Tone Falkenhaus (HI), Torbjørn Johnsen, Evy Lømsland, Jan Magnusson, Kjell Magnus Norderhaus, Lena Omli (HI), Are Pedersen, Brage Rygg
---

Tittel - norsk og engelsk Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007 Long-term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway. Report for 2007
---

Sammendrag Rapporten beskriver miljøkvaliteten i kystområdene av Sør-Norge i 2007, med spesiell fokus på tilstand og utvikling i næringsstofftilførsler, vannkvalitet og det biologiske mangfoldet i plankton-, bløt- og hardbunns-samfunn i overvåkingsperioden 1990-2007. Klimaet var preget av en mild vinter og kald vår uten normal vårflo. Sommeren hadde mye nedbør og stor avrenning, men dette inntraff etter at innsamling av hard- og bløtbunns-prøvene var tatt. Det ble ikke påvist forhøyede nitratverdier fra langtransporterte tilførsler til kysten av Skagerrak i 2007 og vannkvaliteten var generelt god eller meget god i 2007. Planktonalgeoppblomstringen kom i mars (litt seint) og ble etterfulgt av en god oppblomstring av dyreplankton. Det ble ikke registrert noen blomstring av humantoksiske alger i 2007. Tilstanden i hardbunns-samfunnene langs kysten var generelt god med artsantall og forekomst som gjennomsnittet for 1990-2006 eller bedre. Nedre voksedyp for alger var også bra (merk at innsamlingen ble foretatt før sommerflommen). Tilstanden i bløtbunns-samfunnene i Skagerrak (også innsamlet før sommerflommen) og på Vestlandet var stort sett meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier) i 2007. Det har i overvåkingsperioden 1990-2007 vært en signifikant stigning i artsmangfoldet på stasjonene ute i havet i det østlige Skagerrak. På den kystnære stasjonene var det ikke noen økning artsmangfoldet og på fjordstasjonen på Sør-Vestlandet var artsmangfoldet tydelig lavere i 2007.
--

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

**Statens forurensningstilsyn**

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)

[www.sft.no](http://www.sft.no)

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

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

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

TA-2409/2008

ISBN 978-82-577-5347-4