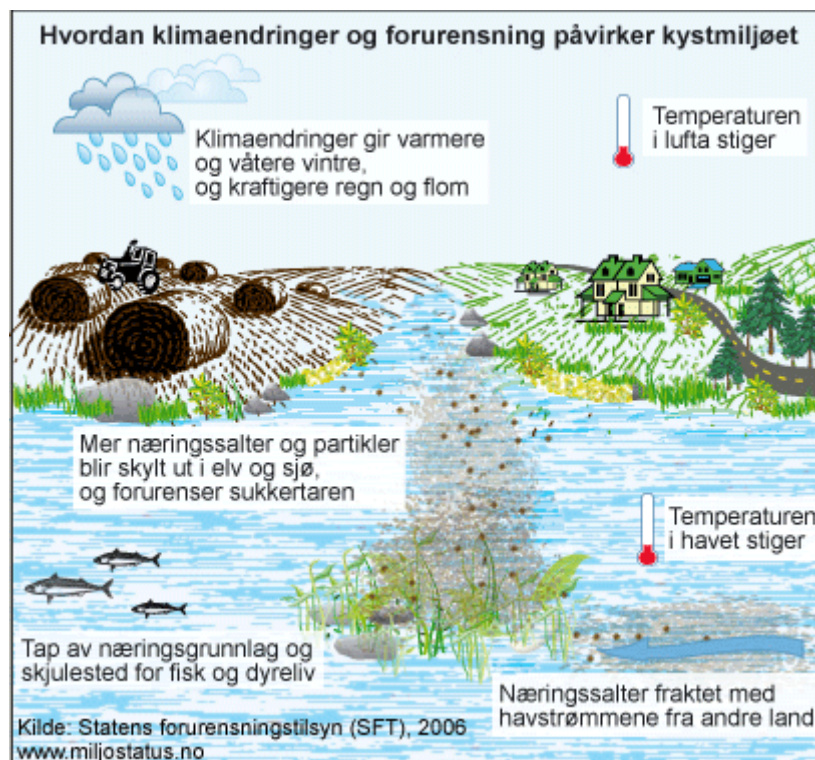


Sukkertareprosjektet: Analyse av klima- og overvåkingsdata



Forord

Hva er årsak til at sukkertaren er blitt borte?

Miljøverndepartementet med Statens forurensningstilsyn og Direktoratet for naturforvaltning, opprettet Sukkertareprosjektet for å få kunnskap om årsaken til det dramatiske tapet av sukkertareskog i skjærgårdsområder av Sør-Norge. SFT har fra starten invitert fagmiljøene til åpne arbeidsmøter for å legge en best mulig strategi for å løse oppgaven. I tillegg til undersøkelser av sukkertaren og dens miljø, ble det fort klart at klimatiske og miljøbelastningsrelaterte langtidsendringer også måtte undersøkes.

Arbeidet har gått over to år og inneholdt kunnskapshøringer med invitasjon til dataeiere og forvaltere av tidsserier for sammenstilling av relevant og best mulig datamateriale.

Denne rapporten inneholder 8 tematiske kapitler og et kapittel som oppsummerer hva vi mener er de viktigste årsakssammenhenger med betydning for tapet av sukkertareskog. Et stort antall figurer og tabeller det ikke ble funnet plass til i de tematiske kapitlene er trykket i et vedlegg for utfyllende informasjon og resultater fra analysene.

Deltakere fra mange institusjoner har vært med i dette arbeidet og hver deltaker har hatt ansvar for utvalgte ('egne') dataserier, analyse av disse og leveranse av data til felles analyser. Følgende har deltatt:

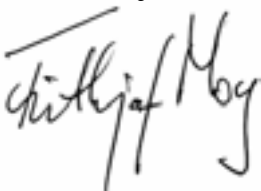
Per Stålnacke, Eva Skarbøvik, Johannes Deelstra fra Bioforsk,
Bruce Hackett, Knut Iden, Hans Olav Hygen, Knut Harstveit og Jon Albretsen fra met.no,
Lasse H. Pettersson fra Nansen senter for miljø og fjernmåling,
Henning Steen fra Havforskningsinstituttet og
Line Barkved, Heleen de Wit, Øyvind Kaste, Kai Sørensen, Jan Magnusson, Frithjof Moy fra NIVA.

Frithjof Moy (NIVA) og *Per Stålnacke* (Bioforsk) har hatt delt prosjektlederansvar og har vært redaktører for denne rapporten med ansvar for resultatoppsummering (kap. 9), sammendrag og ingress til hvert fagkapittel. Hver forfatter har hatt ansvar for sitt faglige bidrag og har godkjent redaksjonens oppsummering og sammendrag. Alle takkes for deres innsats og gode samarbeid.

Takk til bidragsytere som ikke er forfattere: *Nils Roar Sælthun*, UiO og *Lars Roald*, NVE, for gode innspill og kommentarer.

Ingrid Nissen har vært saksbehandler for SFT.

NIVA, 7. juni 2007



Frithjof Moy
Redaktør

Bioforsk



Per Stålnacke
Redaktør

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	5
1. Introduksjon	8
1.1 Innledning og formål	8
1.2 Sukkertarens livssyklus	9
1.3 Data-serier og rapportdisposisjon	10
2. Endringer i nedbør og lufttemperatur	11
2.1 Nedbør	11
2.2 Temperatur	13
2.3 Nullpunktskryssninger	15
3. Vannføring og flomfrekvens	17
3.1 Vannføringsserier benyttet i flomanalysen	17
3.2 Vannføring	19
3.3 Hva er en flom og hva skyldes den?	19
3.4 Forholdet mellom vannføring og flom	20
3.5 Er flommene blitt større og hyppigere?	20
3.6 Konklusjoner	25
4. Tilførsler av nitrogen, fosfor, suspendert materiale og organisk karbon fra elver	26
4.1 Tilførsler av nitrogen, fosfor og suspendert materiale	26
4.2 Tilførsler av TOC til Skagerrak og Vestlandskysten	35
4.3 Tilførsler fra jordbruksbekker	40
4.4 Tilførsler fra ikke-norske elver	43
5. Vind og havbølger	51
5.1 Vind	51
5.2 Bølger	54
6. Sjøtemperatur	57
6.1 Sjøtemperatur fra direkte målinger	57
6.2 Havoverflatetemperatur målt fra satellitt	61
6.3 Sjøtemperatur fra hindcastsimulering med havmodell	65
6.4 Havoverflatetemperatur fra Hurtigrutens termografstasjoner på Vestlandet i perioden 1936 til 2006.	67
7. Marin vannkvalitet	69
7.1 Stedsgradienter	70
7.2 Tidsgradient	71
7.3 Partikler i kystvannet	73
7.4 Partikler i Skagerrak og Nordsjøen	75

8. Havsirkulasjon	79
8.1 Metode	79
8.2 Resultater	83
8.3 Konklusjoner fra havmodellen	86
9. Endringer av betydning for sukkertare	88
9.1 Bakgrunn	88
9.2 Sjøtemperatur	90
9.3 Vind og bølger	92
9.4 Nedbør og temperatur	93
9.5 Elvetilførsler	94
9.6 Elvetilførsler fra ikke-norske elver	95
9.7 Vind, bølger og havsirkulasjon	97
9.8 Oppsummering	99
10. Referanser	102

ANNEX

A2. Nedbør og lufttemperatur	2-109
A3. Vannføring og flomfrekvens	3-110
A4. Elvetilførsler	4-132
A5. Havbølger og vind	5-164
A6. Sjøtemperatur	6-179
A7. Marin vannkvalitet	7-187
A8. Havsirkulasjon	8-202

Sammendrag

Kan miljøovervåkings- og klimadata kaste lys over 'sukkertaredøden'?

I 2002 ble det oppdaget at sukkertare manglet på skjærgårdsstasjoner i Aust-Agder og i 2004 ble det gjennomført en regional undersøkelse på Skagerrakkysten for å kartlegge tilstanden. Sammenliknet med tang og tareundersøkelser fra perioden 1976-1996, ble tapet av sukkertareskog på beskyttet kyst estimert til 90 %. Årlig oppfølging siden 2004 har ikke vist tegn til gjenvekst av sukkertare. Også på deler av Vestlandet er det funnet sterk tilbakegang i forekomst av sukkertare. På denne bakgrunn satte miljømyndighetene (MD, SFT, DN) i gang Sukkertareprosjektet for å finne årsakssammenhenger for å kunne iverksette eventuelle tiltak. Tapet av sukkertareskog i Sør-Norge berører viktige sider ved kystøkosystemet og de faktorer som påvirker dette. Denne foreliggende studien har hatt som målsetning å avdekke eventuelle klimatiske og miljøbelastningsrelaterte endringer eller avvik som kan forklare eller ha medvirket til tap av sukkertare og etablering av dagens tilstand i kystsonen. Biologiske årsakssammenhenger undersøkes i andre aktiviteter (se Statusrapport nr 2/2007 fra Sukkertareprosjektet). Innledende klimaanalyser viste at 90-tallet var en unormal periode med blant annet milde vintre i Sør-Norge, slik at det var nødvendig å inkludere data tilbake til 1960, der slike tidsserier eksisterte. Mange overvåkingsprogram ble igangsatt tidlig på 1990-tallet, så det mangler mye data fra tidligere år. Det var følgelig begrenset utvalg av tester som kunne utføres mellom ulike miljøparametere og effekter på sukkertare. Rapporten beskriver klimatiske hendelser og belastningsrelaterte endringer og belyser deres betydning for det marine kystklimaet og for sukkertaren og dens utvikling både direkte og indirekte.

Rekordhøye sjøtemperaturer

Sukkertare er en kaldvannsart hvor sommertemperaturen i Sør-Norge og Skagerrak spesielt, kan være skadelig og i ekstreme tilfeller dødelig for sukkertaren. Endringer i sjøtemperatur er en direkte følge av klimatiske endringer med endret transport av vann via havstrømmer og lokal oppvarming fra lufttemperatur og solvarme spesielt i stille perioder. Analysen av sjøtemperatur viser klart negativ utvikling for sukkertare med stigende sommertemperatur på alle målestasjoner (svensk vestkyst, Sørlandskysten og Vestlandet) siden 1960. I den siste 15-årsperioden har det vært hyppig frekvens av varme somre med rekordhøy sjøtemperatur i 1997 og 2002. Høy sjøtemperatur er ut fra en totalvurdering den enkeltfaktor som mest sannsynlig kan ha utløst en regional sukkertaredød i 1997 og forårsaket bestandsreduksjoner også 1999 og 2002. Analyser av langtidsserier viser at det har vært varme perioder også tidligere, som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene. Gamle fiskere og dykkere kan også fortelle at "taren har vært borte før".

Stor langvarig belastning på ett utsatt biologisk system

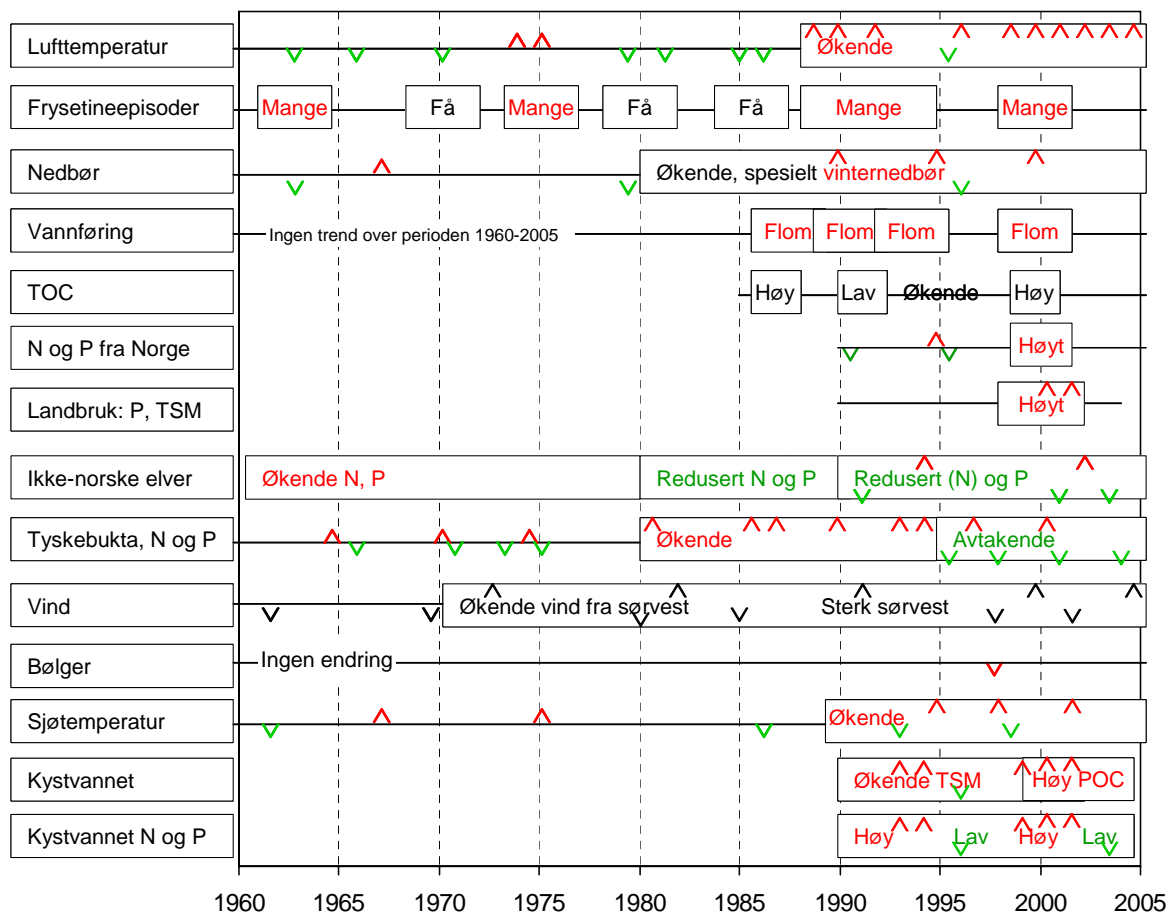
Manglende gjenvekst av sukkertare etter sannsynlig sukkertaredød sommeren 1997, kan skyldes en mer langvarig utvikling med gradvis dårligere livsbetingelser for sukkertaren som skyldes store tilførsler av næringssalter og partikler i perioden 1980-2002. Kystovervåkingsprogrammet som startet i 1990, viser høye konsentrasjoner i Skagerrak av nitrat, fosfat og partikler i 1990-95 og i 1999-2002. Biologiske systemer og spesielt klimakssamfunn som sukkertaresamfunnet, har en stor treghet og innbygget motstand mot endringer. Klimakssamfunn responderer lite på økende belastninger inntil en grenseverdi er nådd, eller en direkte skadelig faktor inntreffer. Da endrer samfunnet seg brått og et nytt samfunn etableres med dominans av arter som er favorisert av den nye miljøtilstanden. Senskader av eutrofering og nedslamming av sjøbunnen er sannsynlige årsaker til manglende gjenvekst av sukkertare og vedvarende tap av sukkertareskog på indre kyst av Skagerrak.

Økt hyppighet av 'klimahendelser' de siste 15 år

Mange av dataseriene viser en urolig periode etter 1988 med økende hyppighet av unormale hendelser (jfr. figur under). Data fra sydlige Nordsjøen viser kraftig økning i konsentrasjonen av nitrat og fosfat fra 1980 til 1995 som kan ha hatt betydning for konkurransen mellom arter og være medvirkende årsak til vegetasjonsskifte i Skagerrak. Tilførsler av nitrogen og fosfor fra de kontinentale elvene til Nordsjøen er redusert i de seinere år, men økt hyppighet og styrke av sørvestlige vinder (spesielt i vinterhalvåret) har gitt økt transport av næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen til vår Skagerrakkyst og motvirket effekten av reduserte tilførsler til sydlige Nordsjøen. Imidlertid tyder de siste års målinger (etter 2002) på reduserte langtransporterte tilførsler til vår kyst. Analysene indikerer ingen tilsvarende nedadgående trend i tilførsler av nitrogen og fosfor fra norske elver. Mange fryse- og tine-episoder, høy nedbør og flommer i vinterhalvåret den siste 15-årsperioden, har bidratt til høye lokale elvetilførsler av både næringsstoffer og partikler til kystvannet til tross for at nedgang i kildeutslipp.

Sammensatt årsakssammenheng med mange endringer i påvirkningsfaktorer

Sammenfall av høy sjøtemperatur, lite vind og bølger (sommerstid) og høy tilførsel av nitrogen, fosfor og partikler i tidsrommet for bortfall av sukkertare, sannsynliggjør en sammensatt årsakssammenheng med disse som viktige faktorer (se figur under).



Illustrasjonen summerer opp resultatet av klimatiske hendelser i perioden 1960-2005. Linje og boks indikerer lengden på de ulike dataserier som er undersøkt. Topp- og bunn-symbol viser henholdsvis år med høye og lave verdier. Fargen indikerer sannsynlig positivt (grønt) eller negativt (rødt) effekt for sukkertare. Begge deler eller ukjent effekt er i sort.

Reduserte utslipp og tilførsler gir håp om gjenvekst av sukkertare

Modellberegninger viser at langtransporterte tilførsler av næringsalter har gått ned etter 1995, basert på at transporten ut fra de kontinentale elvene har gått ned. Reduksjoner i langtransporterte næringsalttilførsler gir håp om gjenvekst av sukkertareskog. Imidlertid kan vi ikke ennå se noen nedgang i tilførsler fra norske elver tross nedgang i kildeutslipp, slik at betydningen av lokale elvetilførsler øker for vannkvaliteten i kystvannet av Skagerrak.

Sukkertarens kjerneområder i skjærgård og fjorder på indre kyst er påvirket av både lokale tilførsler og tilførsler fra Kyststrømmen. Siste års målinger fra Kystovervåkingsprogrammet viser bedring i vannkvaliteten og økt biologisk mangfold på ytre kyst av Skagerrak (Moy et al. in press). Det er en positiv utvikling som sannsynlig er resultat av mindre langtransporterte tilførsler og som vil ha positiv effekt på gjenvekst av sukkertare og på kystøkosystemet generelt.

Viktig med overvåkingsdata og lange tidsserier

En viktig del av dette arbeidet har vært å identifisere og sammenstille tilgjengelige miljøovervåkings- og klimadata for å belyse den mulige årsaken til bortfall av sukkertare. Denne rapporten tydeliggjør viktigheten av langsiktige tidsserier som et verktøy for å øke forståelsen av faktorer som styrer og påvirker miljøforandringer. Koblingen av meteorologiske data, oseanografiske data, langtransporterte tilførsler med havsirkulasjon, næringsaltdata i kystvann og vannførings- og tilførselsdata fra norske og ikke-norske elver til Nordsjøen, gjør rapporten unik, og data og kunnskap formidlet her har potensiell overføringsverdi til andre studier og forvaltningsoppgaver. Analysene viser også med tydelighet verdien av lange og pålitelige overvåkingsdata for å kunne analysere komplekse årsakssammenhenger og gi svar på spørsmål som går ut over målsetningen for det enkelte overvåkingsprogram.

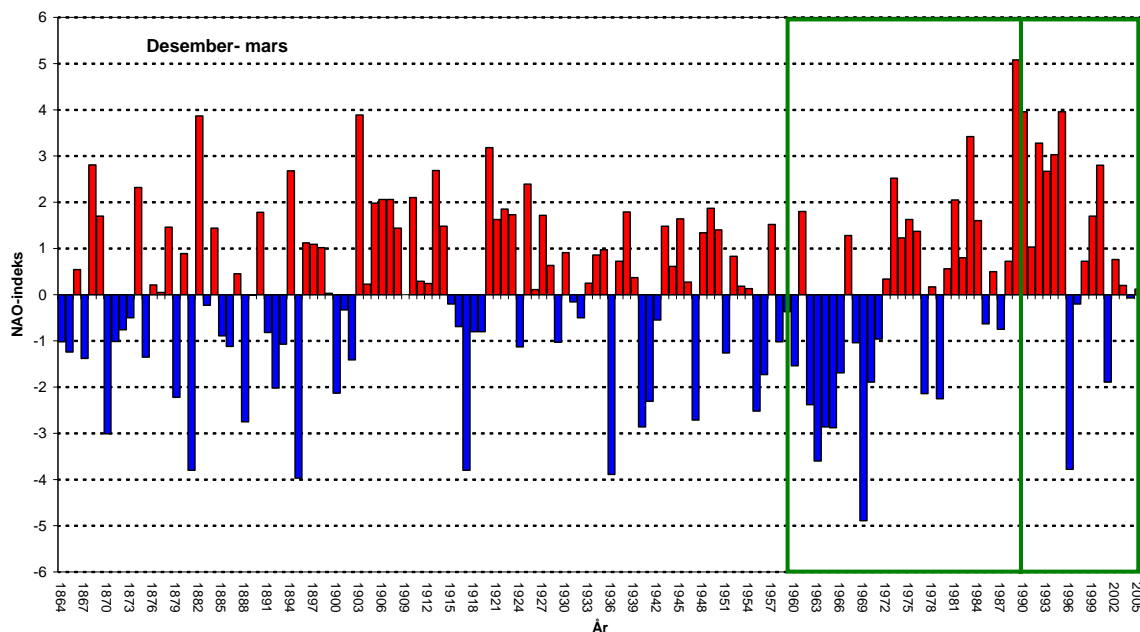
1. Introduksjon

Frithjof Moy (NIVA) og Per Stålnacke (Bioforsk)

1.1 Innledning og formål

Den dramatiske tilbakegangen i forekomsten av sukkertare (*Saccharina latissima*, tidligere *Laminaria saccharina*) på beskyttet kyst av Sør-Norge har reist viktige spørsmål om kyst-økosystemet og de faktorer som påvirker dette. Fra mange hold er det rapportert om klimatiske unormaliteter siste tiår og statusrapport nr 2 fra Sukkertareprosjektet (Moy et al., 2007) holder klimaendringer sammen med eutrofi som de to mest sannsynlige årsaker til sukkertaredøden.

Studie av klimatiske endringer eller hendelsers med mulig betydning for sukkertaren ble startet i 2005. Studiet har vært delt i 2 faser hvor fase 1 hadde fokus på å identifisere og sammenstille umiddelbart tilgjengelige empiriske overvåkings- og klimadata fra tidsperioden 1990-2004. Tidsperioden ble avgrenset til 1990-2004 fordi det er lengden på mange av overvåkingsseriene. Resultatet av fase 1 viste at klimaet hadde høyere nedbør, høyere sjøtemperatur og økt frekvens og omfang av vindstyrke enn langtidsmiddel. Det ga grunnlag for en fase 2 av klimaprojektet med mer inngående analyser av de påviste endringer. En vurdering av NAO-indeksen¹ viste også at startåret 1990 for analyseperioden lå i en periode med unormalt varme vintre (positiv vinterindeks, figur 1.1). Følgelig var det også et behov for å utvide tidsseriene tilbake til 1960 der det var mulig i fase-2 analysene.



Figur 1.1 North Atlantic Oscillation index (NAO) for vintersesongen (desember-mars) fra 1864 til 2005. (Hurrell (1995) og oppdateringer fra Hurrell).

¹ NAO er forkortelsen for den nord-atlantiske oscillasjon (*oscillasjon* = svingninger). Den nord-atlantiske oscillasjon kjennetegnes av at lufttrykket ved havnivå over Island svinger i motfase med tilsvarende trykk over Asorene. Ved en høy NAO-indeks er trykket over Island lavere enn normalt. Dette medfører mer vestavind med mild og fuktig vestlig luftstrøm over Sør-Norge, slik at vi får milde vintre i sør. Lav indeks gir østavær og kaldere vintervær forbundet med luftmasser fra øst.

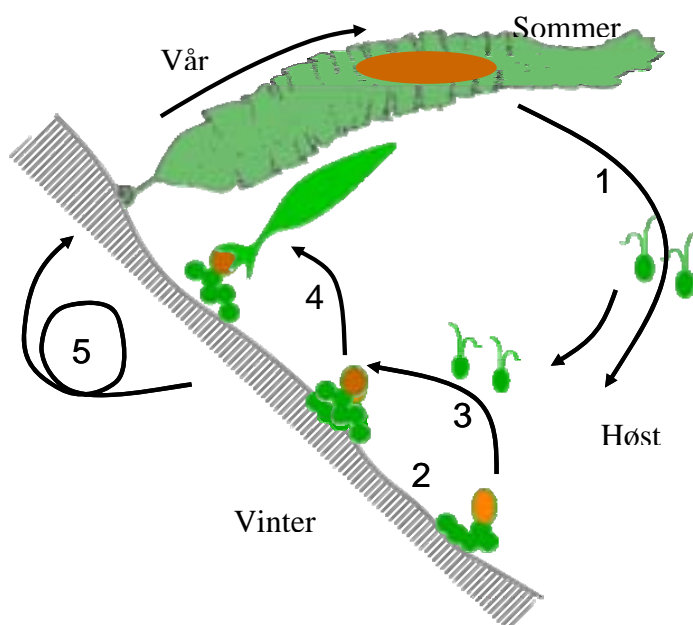
Formålet med klimastudiene var å lage en helhetlig analyse for å finne faktorer som kan forklare sukkertarens bortfall og dagens tilstand. Målsetningen var todelt: 1) beskrive klimatiske hendelser og endringer i siste periode (tilbake til 1960 om mulig) med betydning for det marine kystklimaet og 2) å belyse klimatiske faktorer betydning for sukkertaren og dens utviklingen både direkte og indirekte. I dette ligger også en gjennomgang av klimatiske endringer i siste periode med mulig overføringsverdi ut over sukkertareproblematikken. En viktig del av dette arbeidet har derfor vært å identifisere og sammenstille tilgjengelige empiriske overvåkings-, forsknings-, og meteorologiske data.

Det er ikke mulig å bevise hva som førte til bortfall av sukkertare gjennom disse analysene, men analysen kan sannsynliggjøre medvirkende faktorer. Det er trolig flere faktorer i kombinasjon som har ført til den negative utviklingen for sukkertare. Det er også sannsynlig at det er andre faktorer som i dag hindrer gjenvekst av sukkertare enn de var årsak til sukkertaredøden.

1.2 Sukkertarens livssyklus

Sukkertare (*Saccharina latissima* synonym: *Laminaria saccharina*) er en stor, flerårig brunalge med et 1–3 m langt og 10–20 cm bredt, olivenbrunt, bølget blad, festet med en 10–40 cm lang stilk til stein og fjell. Sukkertare vokser på beskyttet til moderat bølgeutsatt kyst fra ca. 1 til 30 m dyp. Sukkertaren er en kaldtvannsart og har en nordlig sirkumpolar utbredelse og finnes både i Stillehavet og langs kystene på begge sider av Atlanterhavet og på Svalbard.

Sukkertaren blir normalt mellom 3 og 5 år gammel og har en velkjent biologi. Algen har en kompleks livssyklus som skifter mellom en stor sporofytt (sporeproduserende livsfase, sukkertaren slik vi ser den) og en mikroskopisk gametofytt (gametproduserende fase) (Figur 1.2). Det er mange steg i denne livssyklusen hvor forstyrrende elementer kan redusere suksessen på flere trinn og svekke reetablering tilstrekkelig til at bestanden dør ut. Som vist i Figur 1.2 vokser sukkertarens blad raskt ut om våren. Samtidig felles den ytre gamle delen av bladet slik at sukkertaren beholder sin form og danner en permanent vegetasjon gjennom hele året. Om sommeren stopper veksten opp, og algen begynner å utvikle sporer. På senhøsten og vinteren sprer sukkertaren et stort antall zoosporer i vannet. Dette er mikroskopiske, svømme-



Figur 1.2 Livssyklus hos sukkertare

1. Sporeslipp høst og vinter.
2. Sporene søker ned mot sjøbunnen, fester seg til underlaget og spirer til mikroskopiske hann og hunnplanter.
3. Hannplantene slipper ut en mengde små spermatozoider som skal befrukte egget på hunnplanten.
4. Det befruktete egget spirer straks og en ny kimplante vokser ut av egget på hunnplanten og over hunnplanten som blir borte.
5. Ut over våren vokser kimplanten raskt og avhengig av lys og plass kan den unge sukkertaren bli en meter lang i løpet av den første sommeren. Sukkertaren blir først fertil det andre året i syklusen. (Ill. F.Moy)

dyktige sporer som spres normalt innenfor en radius av noen hundre metere, mer avhengig av strømforhold enn svømmedyktighet. Zoosporene søker ned mot sjøbunnen, fester seg til underlaget, hvor fast steinbunn er det beste. I løpet av vinteren spirer sporene til mikroskopiske, små hann- og hunnplanter. Dette er sukkertarens 'usynlige' gametofyttfase med kjønnslig formering. På hunnplanten vokser det fram et egg og hannplantene slipper ut en mengde små spermatozoider. Disse skal finne veien til en hunnplante og befrukte egget. Det befruktede egget spirer straks og en ny kimplante vokser ut av egget på hunnplanten. Kimplanten vokser ut over hunnplanten (som blir borte) og forankrer seg med festetråder (senere hapterer). Kimplanten vokser raskt ut over våren til synlig størrelse og avhengig av lys og plass kan den unge sukkertaren bli en meter lang i løpet av den første sommeren. Sukkertaren blir ikke fertil det første året og det er først neste år at syklusen er tilbake til punkt 1 i figuren og syklusen kan repeteres. Relativt kort levealder (3-5 år) gjør at sukkertaren er avhengig av jevnt god rekruttering for å opprettholde en tett bestand.

Høy sjøtemperatur om sommer og høst virker negativt på sukkertaren. Sjøtemperatur over 17 °C reduserer veksten og i Skagerrak kan temperaturen også bli dødelig (ca 23 °C). Vinter-temperaturen i Skagerrak har ingen direkte innvirkning på sporofyten eller de små gametofyttene. Derimot har forsøk vist at slam på sjøbunnen og slam på gametofytter og kimplanter, har negativ innvirkning på befruktning og overlevelse. Disse forhold undersøkes i aktiviteter som Statens forurensningstilsyn og Direktoratet for naturforvaltning i fellesskap har satt i gang. I tillegg er det initiert flere forskningsoppgaver som skal studere faktorer med betydning for tares livssyklus.

1.3 Data-serier og rapportdisposisjon

Følgende dataserier og analyser er behandlet i rapporten:

1. Meteorologiske data (metno) for nedbør, lufttemperatur, vind og bølger
2. Elv-tilførsler av næringsstoffer/partikler (NIVA/RID) og vann (NVE) for Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva, Otra, Orreelva, Suldalslågen samt ikke-norske elver
3. Nitrogen og TOC data for klimapåvirkede bekker (NIVA/RESA) for Birkenes, Langtjern, Storgama
4. Næringsstofftilførsler fra landbruksbekker (Bioforsk/JOVA) for Kolstadbekken, Mørdrebekken, Rømua, Skuterudbekken, Grimestadbekken, Vasshaglona, Timebekken og Skas-Heigre
5. Sjøtemperatur (HI) fra Flødevigen, Hurtigruta, Tjärnö, Lista og Utsira
6. Havoverflatetemperatur målt fra satellitt (NERSC) og partikler (NIVA) i Skagerrak, Kattegat og Tyskebukten
7. Kystovervåkingsprogrammet (NIVA/KYO) med næringsstoffdata og hydrografi fra stasjoner i Skagerrak (Færder, Jomfruland Arendal II, Arendal III og Lista) og Tyskebukta (Helgoland) og Kattegat (Anholt),
8. Havsirkulasjon (met.no) modellert for Skagerrak

Dataseriene er plukket ut etter en lang prosess som har inkludert flere åpne arbeidsmøter i regi av SFT, hvor både relevans til problematikken og datatilgjengelighet er vurdert. Prosjektet har laget en sammenstilling av de utvalgte dataseriene og gjennomført analyser for å klarlegge samvariasjoner og evt. signifikante korrelasjoner som kan kaste lys over endringer i tilførsler og mulige klimatiske forhold. Hver dataserieanalyse rapporteres her selvstendig i hvert sitt kapittel (kapittel 2-8) med utfyllende data og figurer i eget vedleggsdokument (med samme kapittelinnledning for å lette gjenfangst av data). Til slutt (kapittel 9) er det laget en oppsummering som viser sammenhenger mellom viktige hendelser i tid og en evaluering av dette sett fra sukkertarens synspunkt.

2. Endringer i nedbør og lufttemperatur

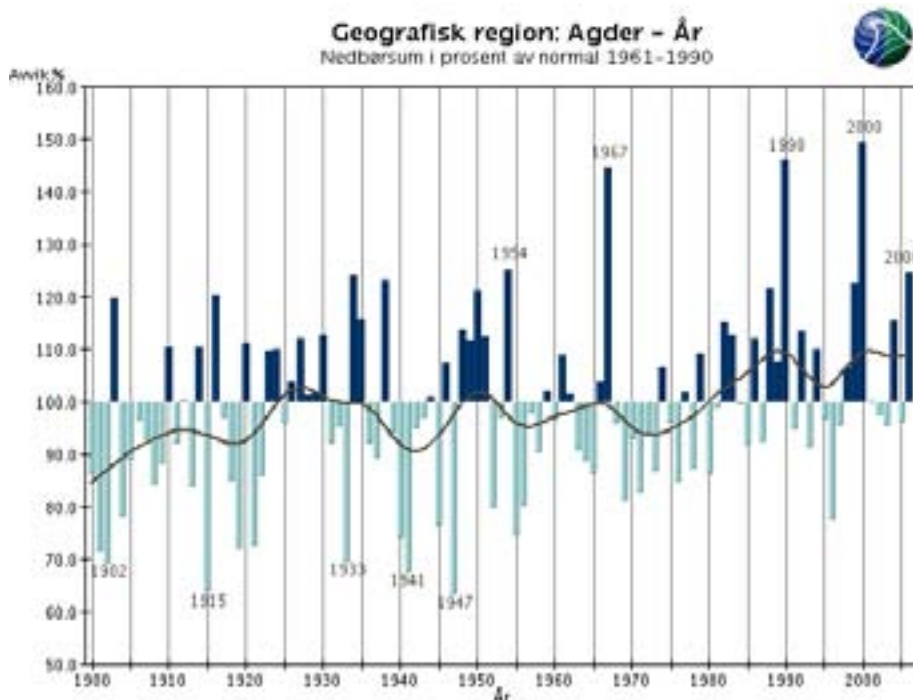
Knut Iden, Hans Olav Hygen og Knut Harstveit (met.no)

Nedbør og temperatur påvirker avrenning fra land og kan bidra til utvasking av næringsalter og partikler som fører til eutrofiering og nedslamming av sukkertarens leveområder. Store nedbørsmengder gir stor vannføring i bekker og vassdrag, men også årstid og temperatur spiller inn. Nedbør i milde vintre faller som regn og kan gi stor utvasking siden jorda i vinterfasen ligger brakk. Frysing og tining (antall nullpunktkryssninger) gir økt jorderosjon. Analysen viser at Agder-regionen har blitt både våtere og varmere siden 1980 sammenliknet med normalen. Rundt 1962, 1975, 1992 og 2000 var det mange fryse-tinedøgn og spesielt siden 1988 har det vært en så å si en sammenhengende 15-årsperiode med unormalt høy vinternedbør. Høy temperatur førte også til at vinternedbøren kom som regn.

Meteorologisk institutt har etablert en serie med kart (griddete) for daglig nedbør og temperatur. Med dette utgangspunkt er det mulig å lage regionale anomali kart (i dette tilfelle avvik fra langtidsgjennomsnitt, sk normal-perioder) for perioder som måned, sesong og år. I denne forbindelse har en benyttet kartene basert på Agder-fylkene.

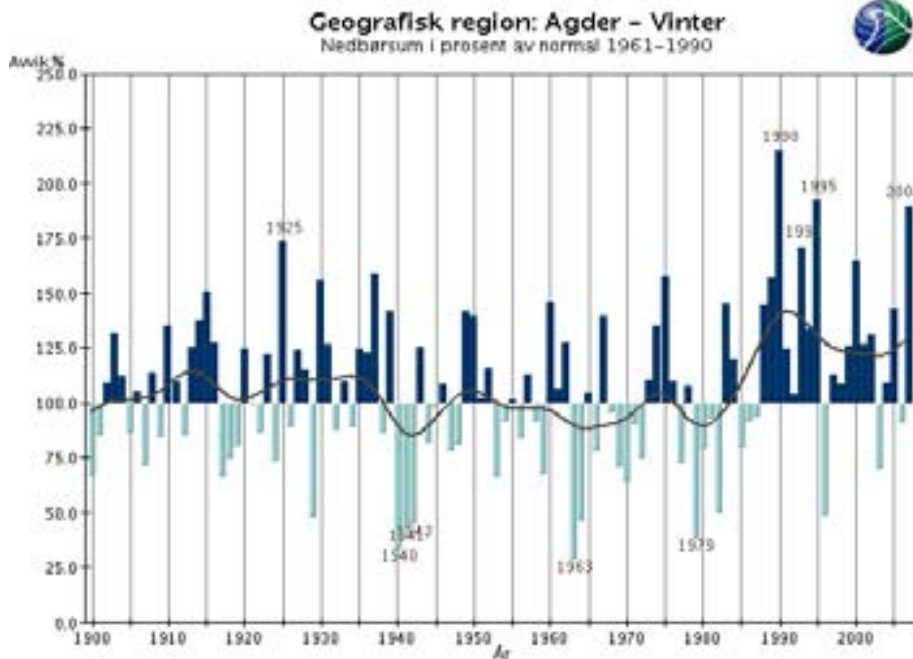
2.1 Nedbør

Figur 2.1 viser årlig nedbør i % av normalen for Agder-fylkene som helhet, for nedbør. De fem høyeste og de 5 laveste verdiene er angitt ved år. År 2000 er på topp tett fulgt av 1990 og 1967. De fem høyeste verdiene er alle fra den siste halvdel av serien mens de laveste alle er fra den første halvdel. Den utglattede kurven antyder en økning i årsverdiene fra midt på 70 tallet.

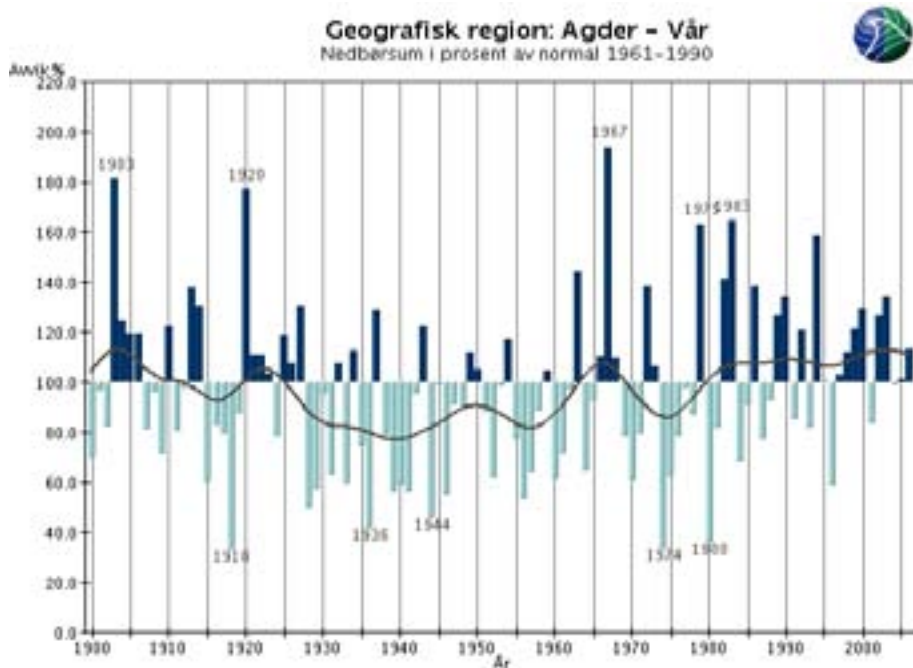


Figur 2.1 Nedbørsum i % av års normal 1961-1990 for Agder.

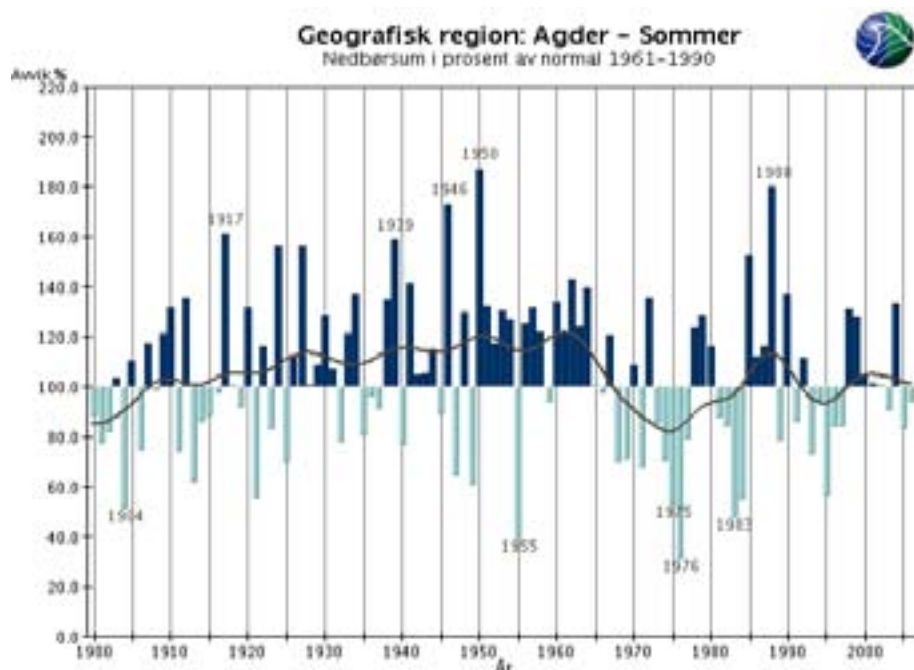
For vinteren (Figur 2.2) er denne tendens enda mer utpreget. Etter en del tørre vintre omkring 1980 har de fleste vintrene hatt nedbør vesentlig over normalen. Våren (Figur 2.3) viser ikke det samme systematiske trekk. Her har en etter 1980 hatt nesten like mange år med nedbør under normalen som år med nedbør over normalen. Det samme kan en si om sommeren (Figur 2.4). Her må en imidlertid trekke frem sommeren 1988 som markerer seg med over 180 % av normal nedbør for sommeren. For høsten (Figur 2.4) er det etter 1980 en overvekt av år med nedbør under normalen. Også her må en trekke frem et enkelt år (2000) som markerer seg med høyest verdi i serien.



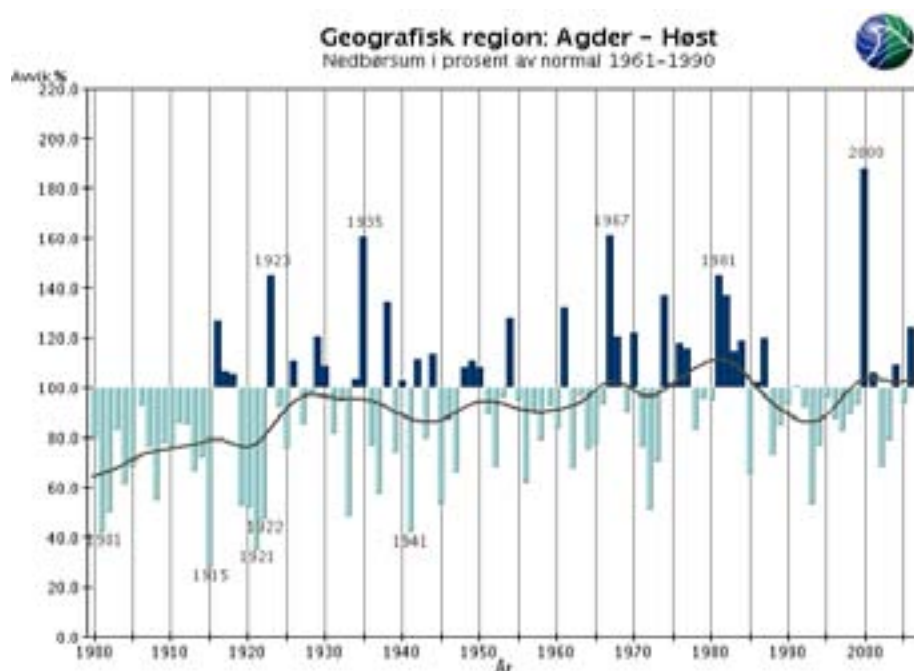
Figur 2.2 Nedbørsum i % av normalen for Agder for vinteren (des., jan. feb.)



Figur 2.3 Nedbørsum i % av normalen for Agder for våren (mars., apr., mai.)



Figur 2.4 Nedbørsum i % av normalen for Agder for sommer (juni, juli, aug.).

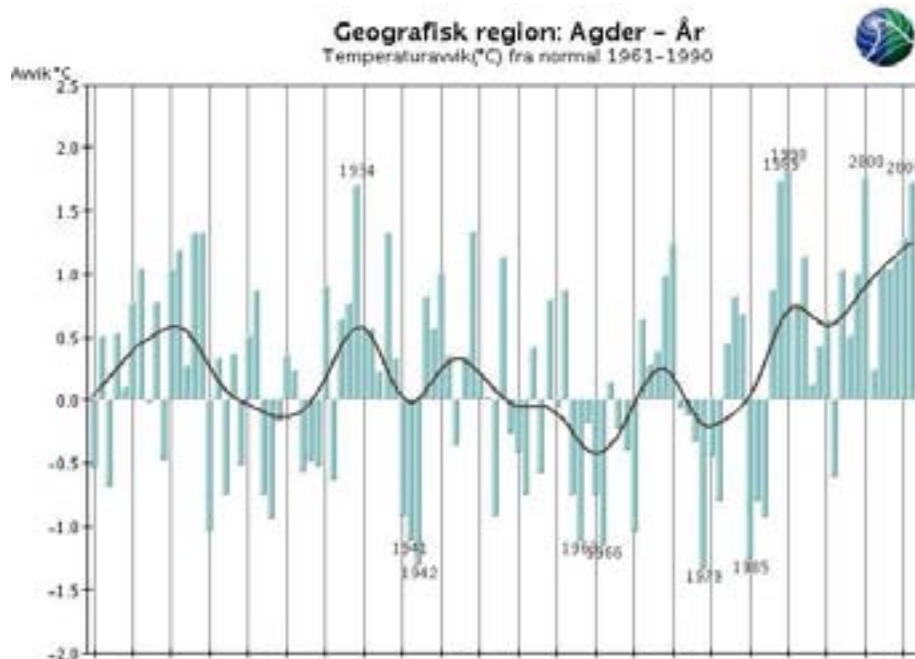


Figur 2.5 Nedbørsum i % av normalen for Agder for høst (sept., okt., nov.).

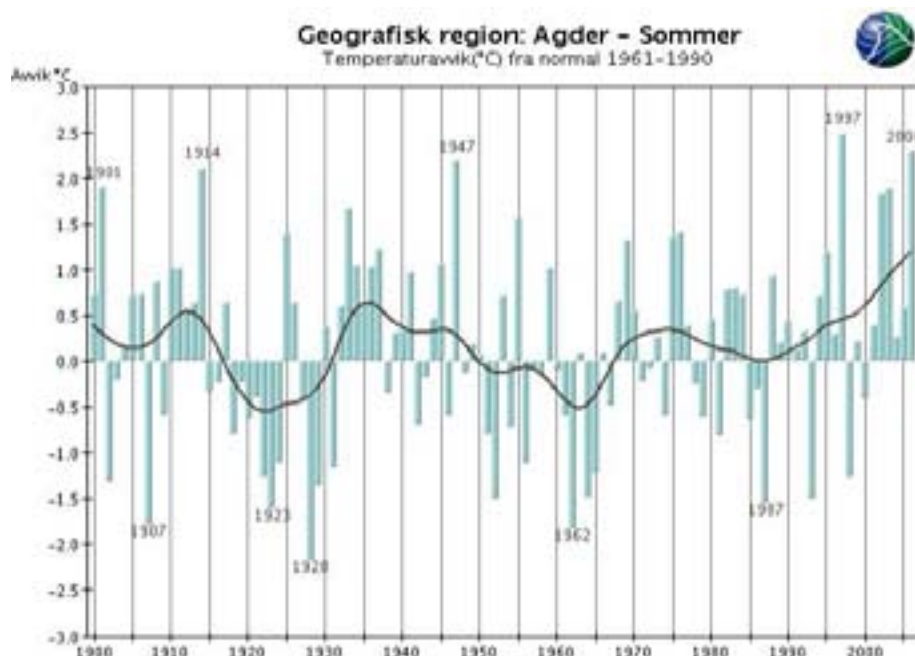
2.2 Temperatur

Etter 1988 er det bare 1996 som har hatt middel som er under årsnormalen (figur 2.6). Årsnormalen er basert på perioden 1961-1990. De andre årene er til dels betydelig over og av de fem varmeste årene er det bare 1934 som er før 1988 mens alle de 5 kaldeste er før. Kaldest var 1979. Den utglattede kurven viser da også en betydelig stigning fra dette året og frem mot 2006. Når det gjelder sommer (Figur 2.7) er det 4 år fra og med 1987 der

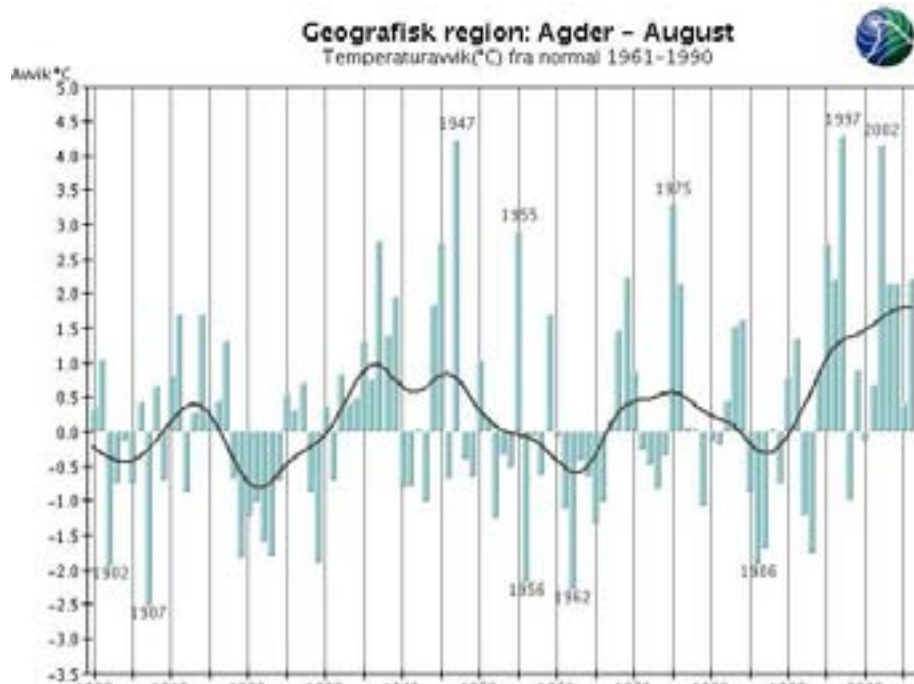
temperaturmidlet har vært under normalen. Sommeren 1997 er den varmeste tett fulgt av 2006 og dernest 1947. Den utglattede kurven antyder en betydelig økning etter 1987. Figur 2.8. viser temperaturen for august måned.



Figur 2.6 Temperaturavvik (°C) fra års normal (1961-1990) for Agder.



Figur 2.7 Temperaturavvik (°C) fra normal (1961-1990) for sommer for Agder.



Figur 2.8 Temperaturavvik (°C) fra normal (1961-1990) for august for Agder.

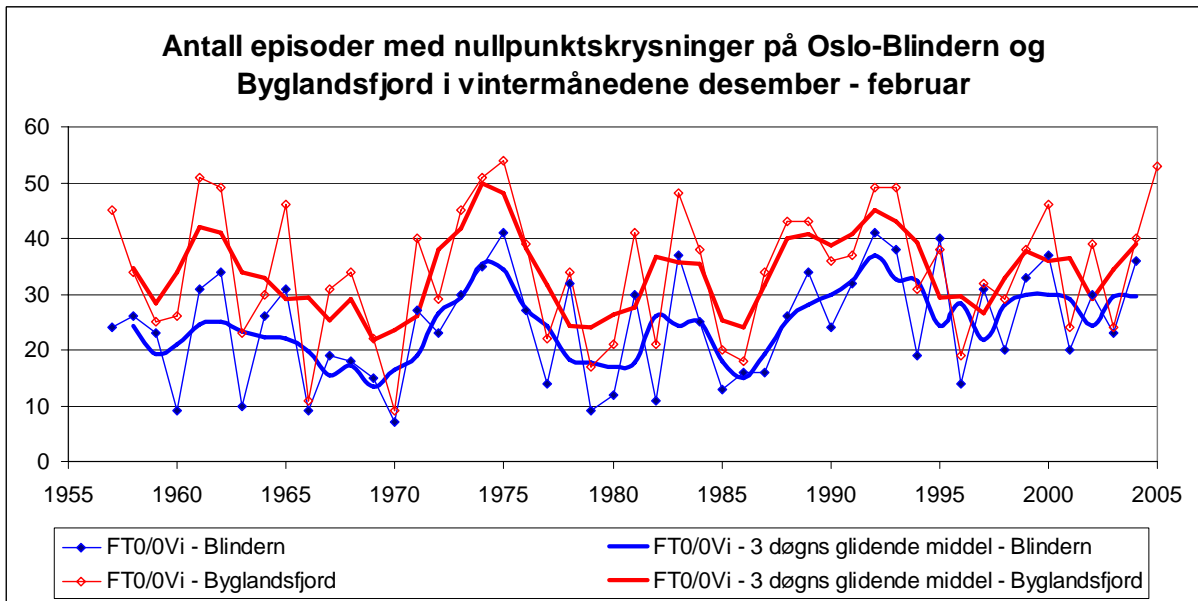
2.3 Nullpunktskryssninger

Jorderosjon kan være knyttet til hvor ofte marken fryser og tiner i løpet av vinteren. Vi har laget et datasett fra Oslo-Blindern og Byglandsfjord (Aust-Agder), der årlig antall nullpunktskryssninger, FT0/0 er plottet fortløpende. Et døgn er definert som et døgn med nullpunktskryssning dersom maksimumstemperaturen ligger over 0°C og minimumstemperaturen ligger under 0°C. Figur 2.9 viser et plott over antall døgn med nullpunktskryssninger om vinteren på Oslo – Blindern og Byglandsfjord, også gitt som glidende 3-døgns midler.

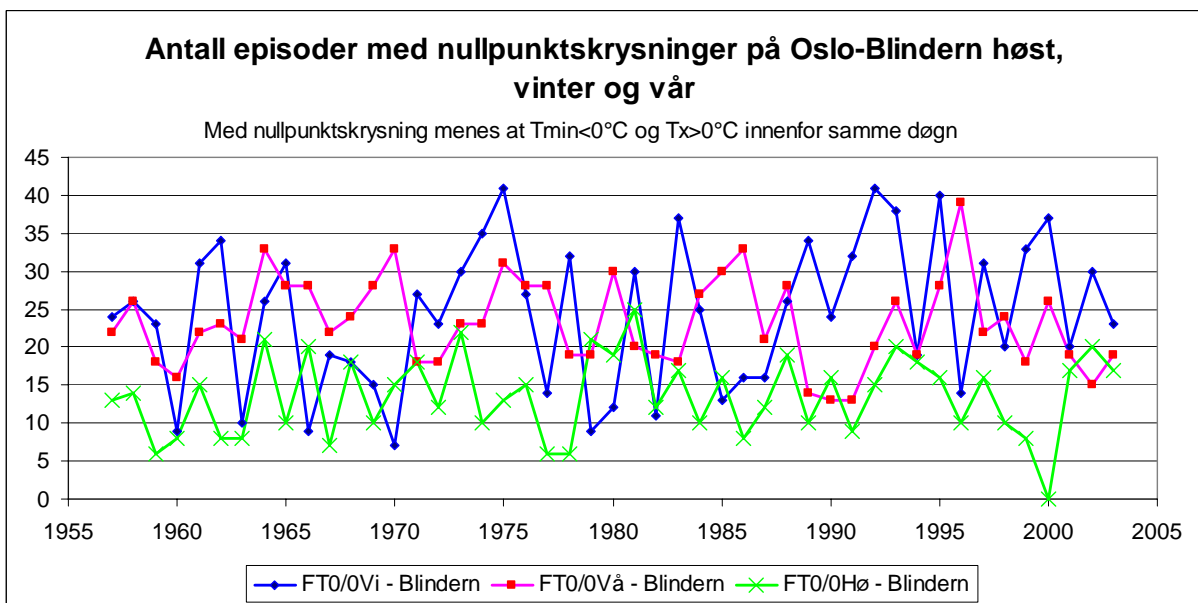
Materialet viser en tydelig trend med økende antall nullpunktskryssninger siden 1960 – årene. Men vi ser også en topp omkring 1973 – 1976. Vi ser også at det er en markant økning i vintersesongen fra 80-tallet til en topp i 1992. Byglandsfjord følger samme mønster som Oslo, men der er 10-15 flere døgn med nullpunktskryssning om vinteren på denne stasjonen.

Figur 2.10 er tatt med for å illustrere sesongforskjeller. Det er flest kryssninger om vinteren, og det er også vintersesongen som viser trend, øvrige sesonger viser ikke dette.

Resultatene kan indikere på økt jordtap etter 1988 og utover i sammenligningen med perioden før. Imidlertid er dataseriene fra elveovervåkingen og landbruksbakkene for korte slik at vi ikke kan tallfeste om dette har vært tilfelle. En økning nullpunktskryssninger etter 1988 med mulig økning i erosjon og tilførsel til havet, vil kunne medføre økt nedslamming.



Figur 2.9 Antall episoder med nullpunktskryssinger på Oslo-Blindern og Byglandsfjord i vintermånedene desember – februar.



Figur 2.10 Antall episoder med nullpunktskryssinger på Oslo-Blindern høst, vår og vintermånedene.

3. Vannføring og flomfrekvens

Line Johanne Barkved (NIVA)

Stor vannføring og spesielt flommer har betydning for tilførsel av næringsstoffer og partikler fra land til kystvannet. Studier i Numedalslågen (blant flere) har vist at 90 % av årstilførselen av partikler til kystvannet skjer i flomepisoder. Analyse av flomfrekvens er følgelig en viktig del av dette klimastudiet knyttet til bortfall av sukkertaren. Det ble ikke funnet trender i flommønsteret eller flomegenskaper i siste 15-årsperiode som ikke har forekommet i tidligere perioder. Menneskelige inngrep i vassdrag, spesielt reguleringer, påvirker vannføringen slik at det er vanskelig å påvise eventuelle effekter av klimaendringer. Likevel kan hyppig forekomst av høst- og vinterflommer på 1990-tallet på Sørlandet ha hatt en medvirkende negativ effekt på sukkertaren.

Det primære fokus for analysen i denne delen av prosjektet har vært på flommer og flomvannføring i lys av sukkertarens død, det er også sett på studier av vannføring generelt. Viser flomanalyser noe spesielt for perioden 1996-2002, da store deler av tareskogen forsvant langs Skagerakskysten, eller i nærliggende perioder i forkant og etterkant som kan knyttes til sukkertaredøden? Ser vi endringer i flomstørrelse, hyppighet, sesong for flom, varighet for flom? Har det vært langsiktige endringer i flomegenskapene?

Analysen viser at signifikante langtidsendringer i flommønster er vanskelig å påvise da dette er avhengig av start og slutt punkt for analysen. Det er ikke funnet spesielle flomforhold da sukkertaren forsvant som ikke har forekommet i tidligere perioder. Videre vil menneskelige inngrep i vassdraget, særlig regulering påvirker vannføringen og flomegenskapene og kan gjøre det vanskelig å påvise effekter av eventuelle klimaendringer.

Det er foretatt analyser på flomserier med årsmaks, sesongmaks og verdier over et terskelnivå. Det er lagt særlig fokus på sesongverdier. Hensikten har vært å se på om det har vært spesielle forhold/episoder i løpet av perioden hvor sukkertaren har forsvunnet (det vil si hovedsakelig 1996-2002) som ikke har forekommet tidligere, og da særlig i lys av mulige klimaendringer. Det er særlig i sammenheng med partikkeltransport at endringer i flommønster er interessant for sukkertareproblematikken. Flomtopp (peak flow) er av særlig interesse knyttet til erosjon og partikkeltransport. Det er foretatt en overordnet analyse av utvalgte flomserier i lys av andre relevante studier som foreligger eller pågår, nasjonale og internasjonale forskere har jobbet med klimaeffektstudier i flere tiår.

3.1 Vannføringsserier benyttet i flomanalysen

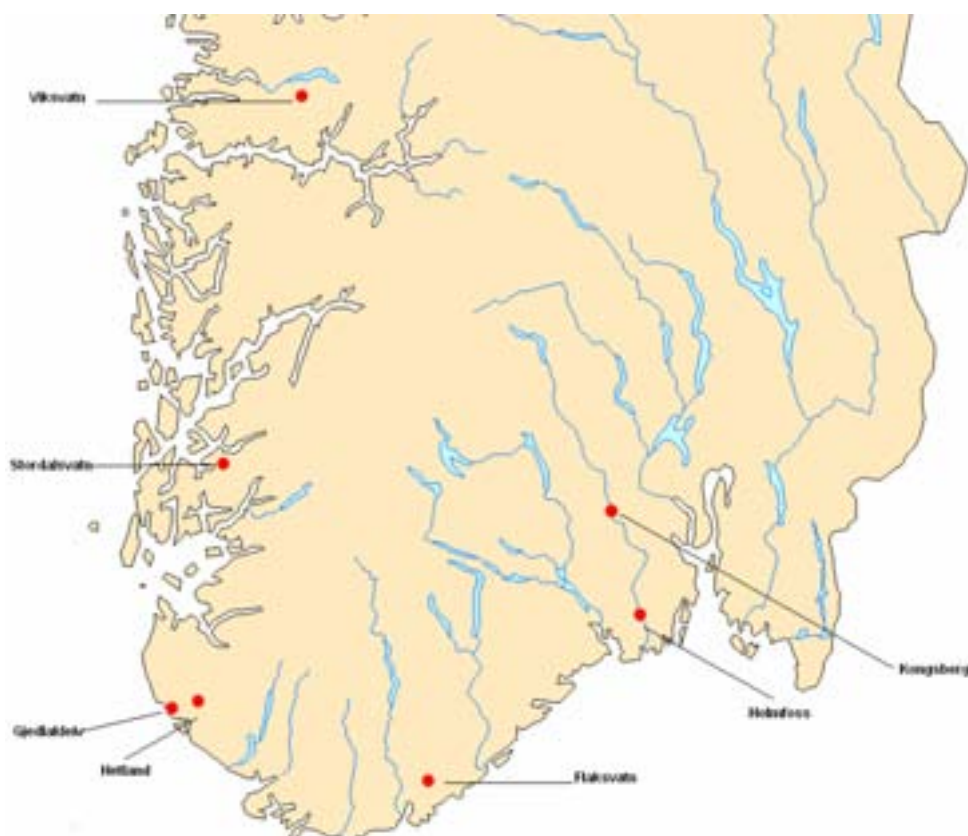
Vannføringsstasjonene som er benyttet er valgt ut i fra at de skal være hensiktsmessige for analyser knyttet til sukkertaren (se Figur 3.1 og Tabell 3.1). Det har i den forbindelse vært ønskelig å benytte kystnære stasjoner fordi vannføring og partikkeltransport ut i fjord og hav er av primær interesse.

Reguleringer og andre inngrep i vassdrag påvirker vannføringen og introduserer usikkerhet i klimaendringsanalyser fordi det er vanskelig å si om vannføringen er endret som følge av klima. Det er derfor forsøkt å finne stasjoner som er så lite påvirket av regulering som mulig i de relevante områdene. Det er tatt utgangspunkt i hvilke serier som er benyttet i andre

klimastudier (Roald, 2000; Roald et al. 2006). For stasjoner sterkt preget av regulering eller andre inngrep kan man benytte tilsigserier, som er beregnet naturlig vannføring. Disse er imidlertid ikke helt uproblematiske da de kan være beheftet med støy og kan også noen ganger gi litt for høy vannføring fordi de som regel ikke tar hensyn til naturlig magasinerings. Særlig for Numedalslågen er det vanskelig å finne stasjoner som ikke er påvirket av regulering. Stasjonene Holmfoss og Kongsberg er likevel tatt med i analysen fordi disse stasjonene også har interesse for andre prosjekter knyttet til næringssaltavrenning som for eksempel Elvetilførselsprogrammet (RID). Vannføringsseriene er hentet ut fra NVE's HYDRA II database.

Tabell 3.1. Vannføringsstasjoner benyttet i flomanalysen (for detaljer se Anneks 3.1)

Stasjonsnavn	Vassdrag	Region	Areal (km ²)
Flaksvatn	Tovdal	Sørlandet	1794
Gjedlakleiv	Bjerkreim	Sørvestlandet	639
Hetland (Ogna v. Hetland)	Bjerkreim	Sørvestlandet	70
Kongsberg	Numedalslågen	Østlandet	4219
Holmfoss	Numedalslågen	Østlandet	5192
Viksvatn	Gaula	Vestlandet	505
Stordalsvatn	Stordalsvatn	Vestlandet	127



Figur 3.1. Lokalisering av vannføringsstasjoner benyttet i flomanalysen.

3.2 Vannføring

Det foreligger flere studier som har sett på endringer i vannføring og vannføringsmønster, som midlere vannføring. En av hovedkonklusjonene i rapporten til Førland et al. (2000) var følgende:

A special focus is set on the anomalies in temperature, precipitation and runoff during the latest 20 years (1980-1999), and it is e.g. demonstrated that the winter precipitation in Western Norway is more than 25% higher during 1980-1999 than for the normal period 1961-1990.”

Analyser utført av Hisdal et al. (2004), i forbindelse med prosjektet 'Climate and Energy', av mer enn 100 vannføringsserier for periodene 1961-2002, 1941-2002 og 1920-2002 viser at det i Norden generelt er klare tendenser til økt vannføring både om vinteren og våren (for alle periodene). En mulig forklaring kan være at stadig mer av vinternebbøren faller som regn og at snøsmeltingen starter tidligere på grunn av økt temperatur. Årsnedbøren har økt i alle deler av Norge de siste hundre årene og i de fleste landsdeler er økningen størst vinter og vår (Førland et al. 2007).

For sommersesongen påvirkes resultatet i stor grad av analyseperioden og de ulike periodene gir ulike resultater. For sommersesongen i perioden 1941-2002 ble det funnet en tendens til redusert vannføring i sørlige og østlige deler av Norge, som muligens kan forklares av tidligere vårflom. For høstsesongen var det generelt ingen endringer for analyseperiodene (mindre enn 5 % signifikante trender er funnet for høstsesongen).

For årsavrenningen ble det funnet positiv trend mot høyere vannføring for 20 % av seriene for perioden 1961-2000 og 1941-2002, og 5 % av seriene for perioden 1920-2002. Analyse-resultatene påvirkes altså av analyseperioden og hvilke stasjoner som er med.

Vannføringen i Skagerrakelvene i perioden 1990-2005 er beskrevet i kapittel 4 i forbindelse med rapporteringen av elvetilførsler av næringsstoffer, suspendert materiale og TOC.

3.3 Hva er en flom og hva skyldes den?

For en analyse av flommer må en flomserie dannes og det finnes flere måter å definere flom på både i tid, rom og størrelse. De definisjonene som er benyttet i dette studiet er angitt i Tabell 3.2.

Flommer kan være snøsmelteflommer, regnflommer som følge av langvarig eller lokale høyintense regnbyger eller kombinasjonsflommer av snøsmelting og regn. De vanligste årsakene til flom er snøsmelting og regn, ofte kombinert med høy fuktighet i jorda (Roald, 1999). Fuktighetstilstanden i jorda er viktigst for flommer som skyldes mye regn. Dersom jorda nesten er vannmettet før regnet, kan det gi stor avrenning selv ved liten nedbør. Under større nedbørepisoder sent på høsten kan nedbøren falle som snø i deler av nedbørfeltet, og dette vil føre til at flommen blir liten eller uteblir om ikke temperaturen blir så høy at snøen smelter (Roald og Asvall, 2007).

Flomstørrelsen er avhengig av nedbørfeltets flomdempende egenskaper og av initialtilstanden i feltet, det vil si forekomst av snø, mark- og grunnvannsinholdet og om bakken er frosset. Flommer vil som regel forverres ved tele i bakken og i strøk med stor andel tette flater

Størrelsen på nedbørfeltet vil også påvirke størrelsen på flommen. Kortvarige, intense nedbørsituasjoner kan gi store flommer i små nedbørfelt, mens større felt ikke får tid til å reagere. Store flommer inntreffer når flere faktorer virker sammen. Store snømengder eller sterkt regnvær alene fører derfor ikke nødvendigvis til flom (Roald, 1999; Roald og Asvall, 2007).

I og med at flommer er tilfeldige (stokastiske) hendelser kan vi få svært ulike forløp i ulike vassdrag selv i nærliggende vassdrag (Killingtveit, 2006).

Tabell 3.2. Flomdefinisjoner benyttet for denne analysen

Årsflom:	Høyeste registrerte vannføring hvert år (m ³ /s) (årsmaks, peak flow)
Middelflom:	Gj.snittet av den største vannføringen hvert år (årsflommene) for en periode (m ³ /s)
Sesongflom:	Høyeste vannføring registrert i definert sesong. Vår (Snøsmelt eller kombinert snøsmelt+regn) Høst (regn), vinter (regn), sommer (regn, kombinert regn sen snøsmelt). (m ³ /s). Sesongvisse flommer, det vil si at den høyeste vannføringen hver sesong er med i serien.
POT (Peak over threshold):	Flomserie med uavhengige flomtopper over ett treskelnivå.
T-års flom:	En flom som i gjennomsnitt gjentar seg med T- års mellomrom. Merk! sannsynligheten for en T-års flom er 1/T hvert år (dvs. en 10-årsflom har 0.1 sannsynlighet for å inntreffe hvert år)

3.4 Forholdet mellom vannføring og flom

Flomverdier er sterkt avhengig av nedbørfeltets flomdempende eller flomforsterkende egenskaper. Endring i nedbør og økt avrenning gir ikke nødvendigvis større flommer fordi nedbørfeltets flomdempende egenskaper og initialtilstanden i feltet spiller en stor rolle (se 3.3).

Roald (1999) viser at sammenhengen mellom største årlige flomverdi og årets middelvannføring ofte er moderat. For stasjoner i Glommas hovedløp finner han en korrelasjon 0.2-0.4 og for vestlandvassdragene korrelasjon 0.4-0.6 mellom årlig flom og årets middelvannføring. Dette viser at selv om det er påvist trender i årsavløpet, behøver ikke trendene være signifikante for flomseriene.

3.5 Er flommene blitt større og hyppigere?

Årsflommer og sesongflommer

I vår analyse av årsflommer for de utvalgte seriene får vi signifikant utslag for trend på noen av stasjonene ved bruk av Mann-Kendalls test (gjengitt i annekset 3.5-1), men det gir ikke entydige resultater. Hvilken periode det testes for påvirker også resultatet. Det kan ikke trekkes noen konklusjon om langsiktig, entydig trend i data.

Hisdal et al. (2004) har analysert årlig trend for flom (peak value) i 150 langtidsserier i de nordiske landene for tre tidsperioder. Studiet viser tendens til større årsflommer (peak flows) bl.a for perioden 1941-2002, men resultater er sårbart for periodevalg.

For sesongflommer er sesonger delt inn på følgende måte: Vinter: desember-februar, Vår: mars-mai, Sommer: juni-august, Høst: september-november.

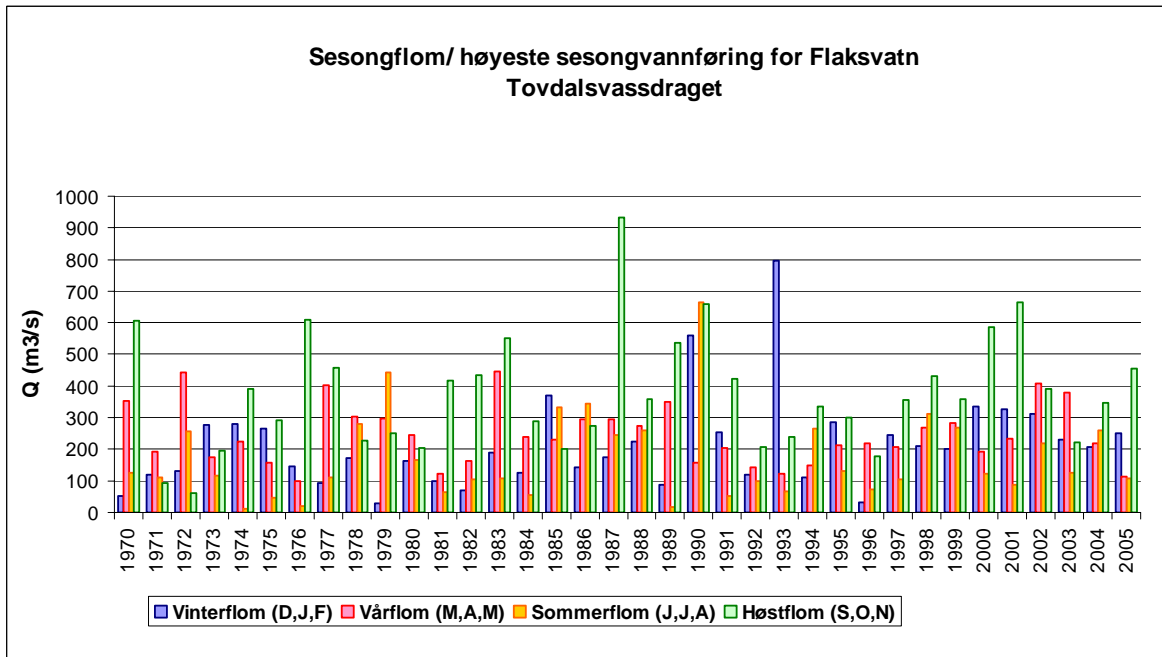
Plott av sesongflommer (Anneks 3.5-2) gir et bilde av relativt kraftige høst og vinterflommer for Flaksvatn (Tovdalsvassdraget) forut for sukkertarens død (se Figur 3.2 og 3.3). Viksvatn (Gaularvassdraget), hvor det ikke har forekommet tareskogdød i særlig grad, ser også ut til å ha hatt flere kraftige vinterflommer i perioden. Flaksvatn sine vinterflommer er relativt store i forhold til de som har vært i løpet av den analyserte perioden. Vi ser relativt store høstflommer i perioden 1987-1990 med påfølgende store vinterflommer i 1991-1993 i forhold til midlere sesongflom for normalperioden 1960-1990 (se Anneks 3.5-2), merk at i år 2000 var det en veldig spesiell høstflom som varte i ca 60 dager. Det er imidlertid ikke eksepsjonelle forhold, f.eks også de milde 1930-årene var preget av relativt store regnflommer.

Ved å se på hvor mange av de største sesongflommene for den totale perioden (1920-2005) som faller innenfor de to periodene 1996-2002 (perioden hvor sukkertaren forsvant) og 1990-2005 (hele 15-årsperioden, Anneks 3.5-3), finner vi at for Flaksvatn er de største andelene i vinter og høstsesongen vi finner, dvs. for de 10 største vinterflommene i Flaksvatn, forekom 4 av dem i perioden 1990-2005 (40%) og 2 i perioden (1996-2002).

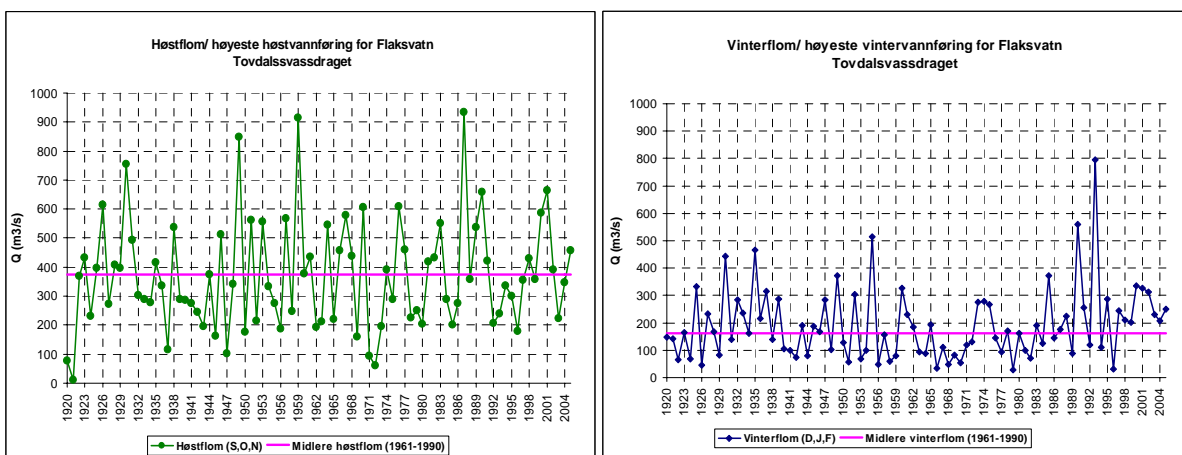
Resultater ved bruk av Mann-Kendalls test på sesongflommer gir ikke entydige resultater om signifikante endringer (gjengitt i Anneks 3.5.1). Det er viktig å merke seg at trendtester er følsomme for periodens start og sluttverdier, så periodevalg vil påvirke resultatet.

Konklusjonen fra analyser av trend i lange tidserier (Roald, 1999) i HYDRA-prosjektet, for periodene 1920-1990 og 1970-1990 var at det ikke er klare trender i flomseriene, unntatt for serier hvor det er bygget magasiner i nedbørfeltet som medfører dempning av flommene, og at trendanalysen er følsom for start og sluttverdiene i seriene. Rapporten konkluderer med at det ikke er klare trender i tidspunktet for største årlige flom (foruten vassdrag hvor regulerings-inngrep kan være årsaken) og at det er periodevis dominans av høstflommer i noen regioner og vårflokker i andre regioner.

I internasjonal kontekst har Kundzewicz et al. (2005) foretatt en analyse av 195 serier av årlige flomverdier (årsmaks) uten å finne noen entydig trend mot større flommer; 27 viste positiv trend og 31 negativ trend, mens de fleste seriene (137) viste ingen signifikant trend.



Figur 3.2. Sesongflommer for Flaksvatn (Tovdalsvassdraget). Se annek 3 for detaljplott



Figur 3.3. Høst og vinterflommer for Flaksvatn (Tovdalsvassdraget). Se annek 3 for alle sesongene.

Hyppighet av flommer

Det er sett på forekomst av døgnvannføringer/flomhendelser over ett terskelnivå (POT), og videre for å undersøke om det har vært en økning i forekomst/frekvens av større flommer ble det foretatt en analyse av forekomsten av en T-års flom for de forskjellige seriene innen 10-årsperioder. Gjentakintervall (T) 5 år ble valgt som nivå.

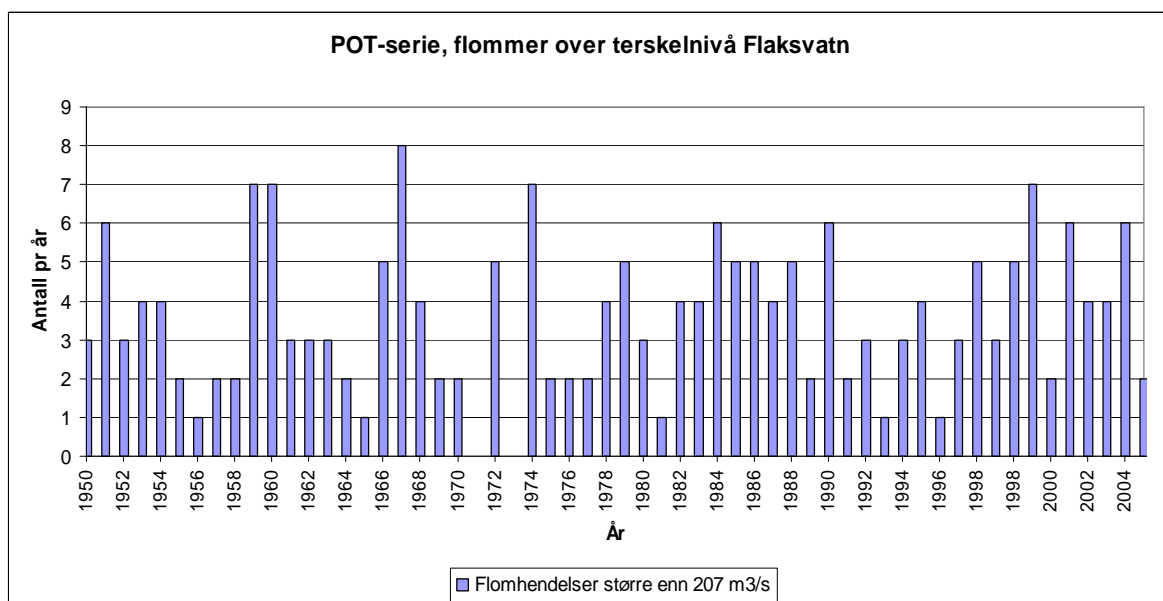
Ekstremverditeori sier at hendelsene skal være fra samme populasjon, det vil si at regnflommer og snøsmelteflommer bør behandles avskilt. I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflokker er det vanlig å utføre separate analyser av disse (Sælthun, 1997). Her er det analysert både på vårflokker (M, A, M), høstflokker (S, O, N), vinterflokker (D, J, F) og sommer (J, J, A).

Størrelsen på 5-års sesongflom for de ulike seriene ble estimert ved hjelp av ekstremverdistatistikk med en GEV-fordeling (Coles, 2001) og L-momenter (Wang, 1996) for

å estimere parametrene i fordelingen (Anneks 3 gjengir estimator). Disse estimatene ble så benyttet for å se på hvor ofte en flom av en slik størrelse forekom innen hver sesong innenfor bestemte perioder.

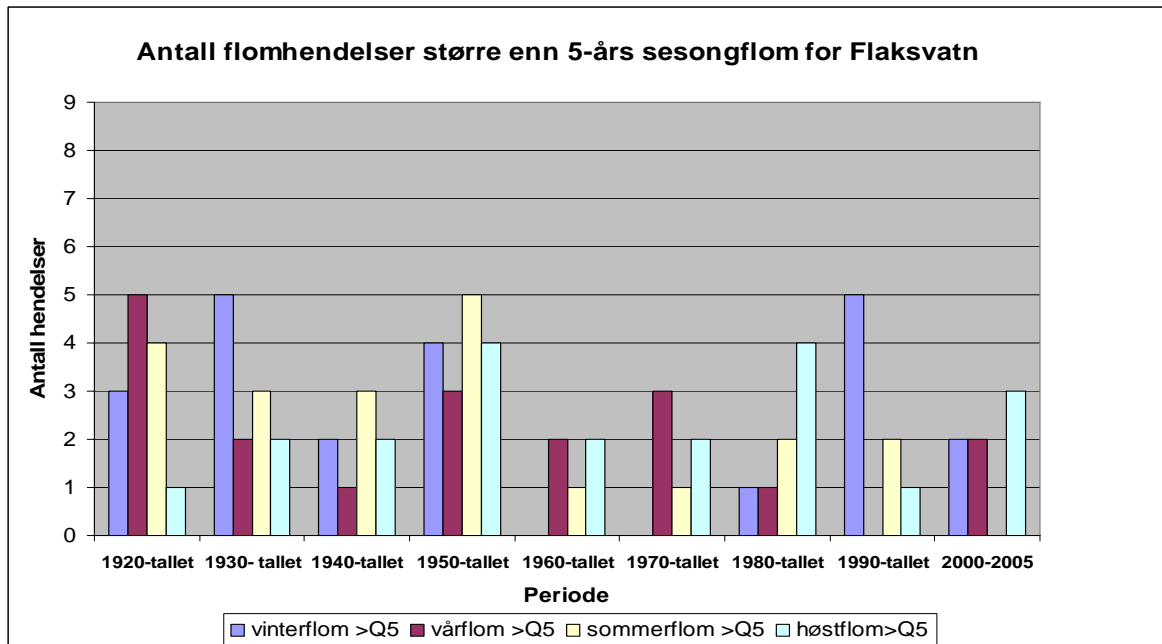
En sesongflom med 5 års gjentakintervall er ikke det samme som en årsflom med gjentakintervall 5 år. Dersom man deler året opp i sesongserier og ønsker å benytte disse for å estimere årsflom med ett bestemt gjentakintervall må man se på sammensatt sannsynlighet. Det er ikke gjort her, da hensikten har vært å se på frekvensen/hyppigheten av flommer over ett bestemt nivå for hver sesong. Sesongflomnivå er estimert på grunnlag av serie med største sesongvannføring hvert år. Årsflom med 5-års gjentakintervall er også estimert ut fra serie med årsflommer (største døgnvannføring hvert år). Plott av antall flomhendelser er angitt i Anneks 3.

Det er ikke påvist klare trender i sesongforekomsten av flommene, verken når man ser på antall hendelser pr år eller per sesong (se Figur 3.4). Det har imidlertid vært flomrike år siden slutten av 1990-tallet, med relativt stor andel av regnflommer.



Figur 3.4. Antall forekomster per år av døgnvannføringer over terskelnivå i Tovdalsvassdraget ved Flaksvatn. (Terskelnivå er satt til middelverdi + 3x standardavviket).

Plott av hyppighet av større flommer (Figur 3.5 og Anneks 3) viser at det på 1980-tallet og 1990-tallet var hyppighet av flommer og da særlig vinterflommer (trolig regnflommer eller kombinasjonsflommer) for Sørlandet og Østlandet. Ser man hele tidsperioden under ett (1920-2005) gir imidlertid ikke analyse materialet grunnlag for å vurdere hvorvidt det har vært en unik tilstand eller hyppighet av flommer de siste 15 årene som ikke har forekommet tidligere. Relativt hyppig forekomst av flommer på 1990-tallet kan imidlertid ha hatt en medvirkende negativ effekt på sukkertaren. Det gjelder særlig i områder hvor vinterflom og høstflom har vært dominerende som for Tovdalsvassdraget (Flaksvatn).



Figur 3.5 Hyppighet av sesongflommer med mer enn 5-årsgjentaksintervall for Flaksvatn i Tovdalsvassdraget. Vi ser at det på 1980-tallet og 1990-tallet var en relativt høy forekomst av høst og vinterflommer. (Se Anneks 3 for plott for de andre stasjonene).

Lindström og Bergström (2004) foretok en analyse av 60 flomserier i Sverige og en av konklusjonene var at ingen signifikant økning i frekvens av 10-års flommer eller større kunne bekreftes. De bemerket også at registrerte eldre flomtopper ofte kan være underestimerte, noe som gjør det vanskelig å vurdere om det har vært en eventuell signifikant økning i flomstørrelse.

Flommer viser en tendens til å klustre seg i tid; man kan se en opphopning av flommer i bestemte perioder. I f.eks. Glomma var det en rekke høstflommer i de milde 1930-årene og i 1940- og 1950-årene, da det generelt var kalde vintrer med lite snø (Roald, 1999).

Lindström og Bergström (2004) finner i sin analyse av trender i vannføring og flom i Sverige tre ti-årsperioder som framstår som særlig nedbørsrike/våte, 1920, 1980 og 1990-tallet, som er i tråd med Roald (1999, 2000) sin undersøkelse av norske serier og også for våre analyser. De finner videre at 1970-tallet var veldig tørt. Det stemmer med vårt plott for Numedalslågen (Østlandet) som viser liten flomhyppighet på 1970-tallet. I følge analysene til Lindström og Bergström (2004) økte både flomvolum og flomstørrelse sett i ett kortere perspektiv mellom 1970-2002, men lignende forhold er å finne på 1920-tallet. Det er i tråd med de konklusjoner som kan trekkes basert på våre analyser.

Lindström og Bergström (2004) viser videre at det siden 1990 har vært en hyppig forekomst av flommer i Sverige, med flommene i 1993, 1995, 1998 og 2000 som de mest utpregede. De viser videre at de fleste flommene har vært regnflommer om sommeren eller høsten, mens det tradisjonelt har vært smelteflom om våren som har vært den største flommen hvert år. Også i Norge er 1995 og 2000 utpregede år. Flommen i 1995 rammet store deler av Østlandet. Flommen høsten 2000 var en spesiell hendelse som rammet Østlandet og Sørlandet med varighet opp til 60 dager i enkelte vassdrag. bl. a for Tovdalsvassdraget.

Regulering vil påvirke flomfrekvensen, og der hvor vassdraget er sterkt regulert til kraftproduksjon er det vanskelig å koble flomfrekvens til eventuelle klimaendringer. Det er

som tidligere nevnt i denne analysen, enten benyttet serier som er så lite påvirket av regulering som mulig eller så er det benyttet tilsigsserier. Ved større og mer sjeldne flomhendelser vil reguleringens flomdempende effekt avta med økende gjentakintervall, slik at flomforholdene sannsynligvis blir mer lik uregulerte forhold. For Flaksvatn er det funnet at reguleringene sannsynligvis ikke har særlig innvirkning på flomvannføringene nede ved Flaksvatn (Drageset, 2003).

Andre flomparametere

Basert på de analyser som er foretatt på flomvolum og flomvarighet (for Flaksvatn) er det her ikke avdekket noe mønster eller signifikante trender for tidspunkt for flom innen sesong og flommenes varighet /volum, men dette er kartlagt i noe mindre grad i dette studiet. Flommen høsten 2000 bemerker seg imidlertid på grunn av sin lange varighet.

Scenarier

Scenarieanalyser (ikke tema for dette studiet) viser at det vil kunne komme påviselige signifikante endringer i flomegenskaper som følge av klimaendringer (Bl.a Sælthun, 1998; Roald et. al, 2006; Førland et al. 2007a). Studier viser at den nåværende stigende trenden i temperatur, spesielt i vintertemperatur, kan bidra til en omfordeling av flommer fra vår til høst og vinter (Sælthun 1998; Roald og Asvall 2007).

3.6 Konklusjoner

- Det er ikke funnet flomegenskaper for perioden da sukkertaren forsvant som ikke har forekommet i tidligere perioder.
- Menneskelige inngrep i vassdrag, særlig regulering, påvirker vannføringen og flomegenskapene og kan gjøre det vanskelig å påvise eventuelle effekter av klimaendringer.
- Det er ikke funnet entydige trender i flomegenskapene (i tråd med andre studier).
- Resultatene fra denne analysen er i samsvar med resultater fra andre studier i Norge og Norden (Roald (1999), Hisdal (2004), Førland et al. (2000), Lindström og Bergström (2004), Det har generelt vist seg vanskelig å påvise overveiende bevis for en økning i flomstørrelse.
- Signifikante langtidsendringer i flommønster er vanskelig å påvise da dette er avhengig av start og sluttspunkt for analysen.
- Resultatene er følsomme for analysegrunnlag, periodevalg og metodikk som benyttes for å analysere effekten av klima(endringer) på flom. Killingtveit (2006) framhever mer presise beregninger som ett av forskningsbehovene knyttet til klimaendringer og flommer.

4. Tilførsler av nitrogen, fosfor, suspendert materiale og organisk karbon fra elver

Eutrofiering og nedslamming av sukkertarens leveområder kan ha sammenheng med økte tilførsler av næringssalter, organisk karbon og partikler via bekker og elver både fra norske og utenlandske elver. Kvantitative data er analysert for å belyse årsakssammenhenger til bortfall av sukkertaren. Slike dataserier er dessverre svært begrenset i tid og de fleste serier startet først i 1990. Nitrogen- og tildels fosfortransporten i elvene er godt korrelert med vannføringen, men flomtopper i senere år (1999-2002) ga spesielt økt fosfor- og karbontransport i elvene på Agder. 1999-2002 hadde også høy transport av partikler fra de norske store vassdragene. Fra de kontinentale elvene ble det målt spesielt store nitrogen- og fosfortilførsler i årene 1994 og 1995. I disse to årene var nitrogentilførselen mer enn 25 % over normalverdiene. Imidlertid viser transporten av N og P i Elben (til Tyskebukta) en positiv, markert nedgang siden midten av 1980-årene.

Dette kapittelet er fokusert på en kvantifisering av transport av nitrogen, fosfor, suspendert materiale og organisk karbon fra norske og ikke-norske elver, og om det har vært endringer i denne transporten over tid.

Kapittelet er delt inn i følgende 4 del-kapitler:

- 4.1 Tilførsler av nitrogen, fosfor og suspendert materiale fra norske elver til Skagerrak og Vestlandskysten
- 4.2 Tilførsler av organisk karbon fra norske elver til Skagerrak og deler av Vestlandskysten
- 4.3 Tilførsler fra landbruksbekker
- 4.4 Tilførsler fra ikke-norske elver

4.1 Tilførsler av nitrogen, fosfor og suspendert materiale

Per Stålnacke, Eva Skarbøvik (Bioforsk) & Heleen de Wit (NIVA)

Det SFT-finansierte elvetilførselsprogrammet (RID) måler tilførsler av næringssalter og utvalgte miljøgifter til norske havområder. Programmet skal gi en årlig vurdering av alle tilførsler via vassdrag, arealavrenning og direkte utslipp til kyst- og havområder.

I 1988 godkjente Pariskommisjonen prinsippene for et omfattende studium av tilførsler av næringssalter og utvalgte miljøgifter via elver og direkte tilførsler til konvensjonens kystområder: Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID).

Siden 1990 har Norge fulgt opp dette gjennom Elvetilførselsprogrammet (RID), som måler tilførslene fra omlag 75 prosent av fastlandsnorges landareal (90 prosent i Skagerrakområdet).

I Skagerrak (svenskegrensen til Lindesnes) måles det i 5 hovedvassdrag (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skiensleva og Otra) (se figur 4.1). I tillegg har det vært målt i ett antall 'bi-elver'. Imidlertid er prøvetakingsfrekvensen (en gang per år) altfor lav for å kunne brukes til bra transportestimering og vurdering av langtidstrender. På vestlandet (Lindesnes til Stad) er det kun målinger i 2 elver: Orre og Suldalslågen (se figur 4.1). Orreelva er ett relativt lite vassdrag med ett nedbørfelt på kun 105 km².

Elvetilførselsprogrammet

Målestasjoner

- Nedbørsfelt hovedelv
- Målestasjon hovedelv
- Målestasjon bielv



Figur 4.1. Stasjoner i det norske elvetilførselsprogrammet (RID).

Vannføring

Vi velger her kun å presentere vannføringstallene for de 5 hovedelvene til Skagerrak da disse svarer for en betraktelig andel av den total ferskvannstilførselen til Skagerrak.

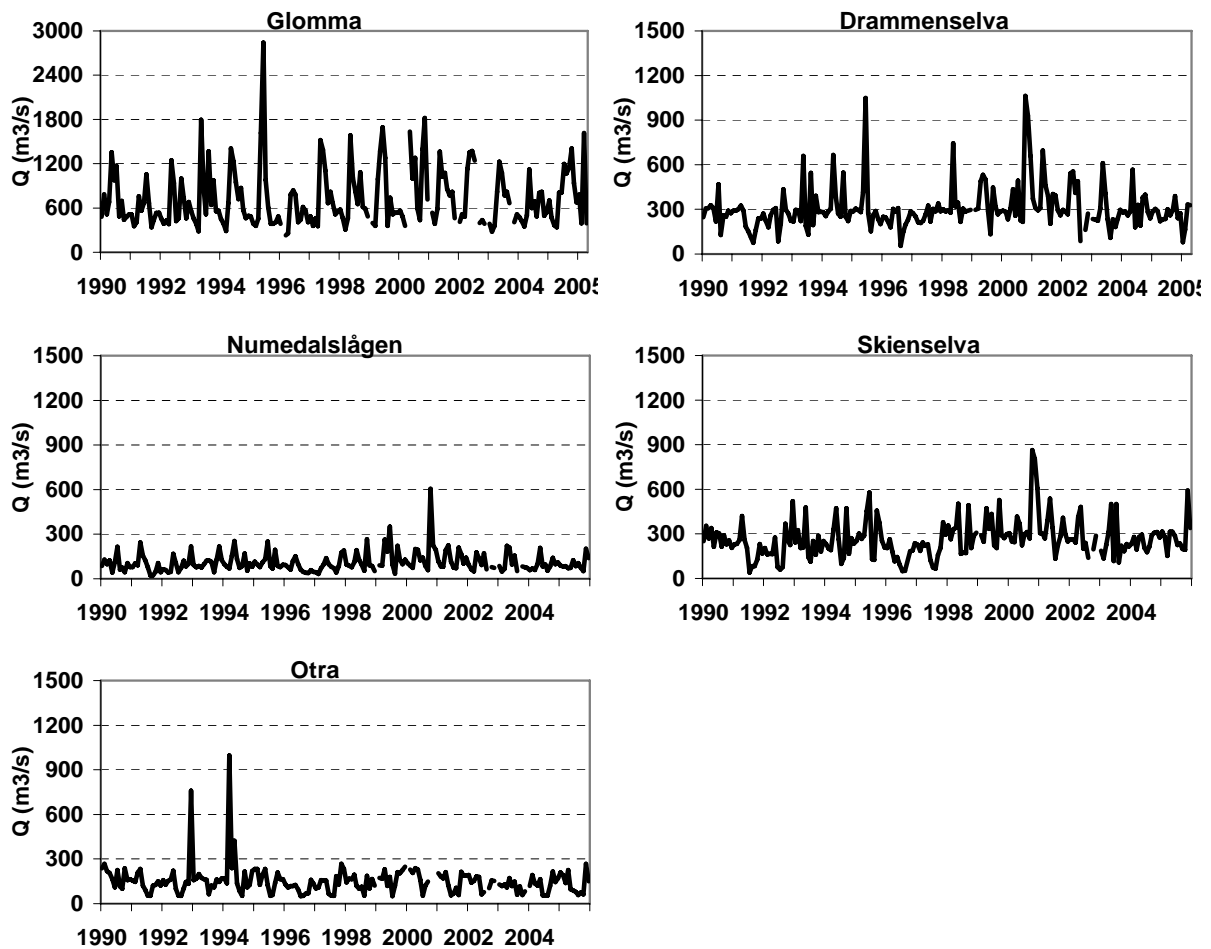
Ikke noen av de 5 Skagerrak-elvene oppviste en statistisk signifikant trend (Tabell 4.1) perioden 1990-2005.

Den visuelle inspeksjonen av data (Figur 4.2) viste imidlertid høy vannføring høsten 2000 i alle vassdrag utenom Otra. Vårflommen på Østlandet i 1995 ga også høy vannføring i Glomma og Drammenselva i mai. Året 1995 er også spesielt, samt at det er tendenser til oppganger periodene 1990-1995 og 1996-2001(2002), spesielt i Glomma og Drammenselva.

Tabell 4.1. Statistisk signifikans test av vannføring og næringsstoffer i 7 norske elver 1990-2005. P-verdier er vist i tabellen.

River	Q	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	SPM
Glomma	0,8056	0,2075	0,7017	0,2201	0,9617	0,2272	0,4708
Drammenselva	0,2167	0,3690	0,5765	0,1692	0,6061	0,5694	0,4744
Numedalslågen	0,7510	0,7419	0,0738	0,1911	0,1997	0,0901	0,6081
Skienselva	0,1379	0,9479	0,0002	0,0003	0,1560	0,3852	0,3075
Otra	0,5800	0,4720	0,7132	0,4253	0,1125	0,2937	0,0037
Ornelva	0,4191	0,1752	0,2918	0,4750	0,0733	0,8585	0,9579
Suldalslågen	0,5872	0,4750	0,0456	0,0605	0,0724	0,7736	0,0488

Significant downward (p<0,05)
 Downward but not significant (0,05<p<0,2)
 Significant UPWARD (p<0,05)
 Upward but not significant (0,05<p<0,2)



Figur 4.2. *Vannføring* i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva og Otra, 1990-2004.

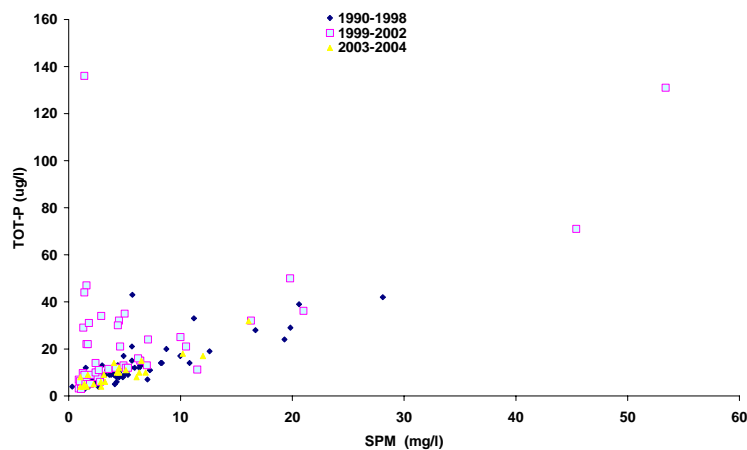
Konsentrasjonsutvikling

Konsentrasjons-utviklingen 1990-2005 er vist i Annex 4 for total-nitrogen, nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), Total fosfor (TP), ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), suspendert materiale (SPM) og total organisk karbon (TOC).

De statistiske testene viste følgende (tabell 4.1):

- For total nitrogen, detekterte vi kun en statistisk signifikant nedgang i konsentrasjonen - i *Skienselva*. I Numedalslågen ser vi også en tendens til nedgang (imidlertid ikke statistisk signifikant). Det kan tilsynelatende virke som om det generelt har vært lave konsentrasjoner de tre første årene (1990-1992) i følgende elver: (se figurer i annex 4) *Glomma*, *Drammenselva* og *Numedalslågen*, og til dels i *Otra*.
- Nitrat-konsentrasjoner viser en statistisk signifikant nedgang i *Skienselva* og *Suldalslågen* (vestlandet).
- For total fosfor, fant vi en tendens til oppgang i *Numedalslågen* (imidlertid ikke statistisk signifikant). Ikke noen av de 5 elvene oppviste en nedgang i total-fosfor verdier. Dette må betraktes som noe overraskende gitt at de norske utslippene av fosfor fra kilder som kommunalt avløp, jordbruk og industri har gått ned med over 50% siden 1985 (<http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing.aspx?id=2685>).

- En mer detaljert vurdering av dataseriene viste generelt høye konsentrasjonsnivåer og enkelte 'toppverdier' for fosfor i perioden 1999-2002. Dette er synlig i alle 5 elvene (Annex 4). I nedbørfelt der TP domineres av erosjonsprosesser som i *Numedalslågen*, noterte vi en god sammenheng mellom SPM og TP for alle perioder foruten akkurat i perioden 1999-2002 (Figur 4.3). Spesielt verdt å notere er de mange høye TP-konsentrasjonene ved lave SPM-verdier i denne perioden sammenlignet med perioden før (1990-1998) og perioden etter (2003-2004). I denne sammenheng bør det noteres at årene 1999 og spesielt 2000 var temmelig spesielle hydrometeorologisk. I alle 5 elvene er 2000 det år med desidert høyest observert års-vannføring i perioden 1990-2004, pga en meget nedbørrik høst (som høsten 2005). Det bør også bemerkes at prøvene i perioden 1999-2003 ble analysert av ett annet laboratorium.
- Ikke noen statistisk signifikante trender ble observert for PO₄-P.
- For suspendert partikulært materiale (SPM) noterte vi kun en nedgang - i *Otra* og en oppgang - *Suldalslågen*. Vi bør for *Glomma* imidlertid notere at toppkonsentrasjoner over 40 mg/l ikke har vært observert siden begynnelsen av år 2000. Spesielt lave SPM nivåer er notert i mange elver i år 2002. I *Drammen*, *Numedalslågen* og *Skienselva* observeres høye verdier høsten 2000, som sammenfaller med høy vannføring.

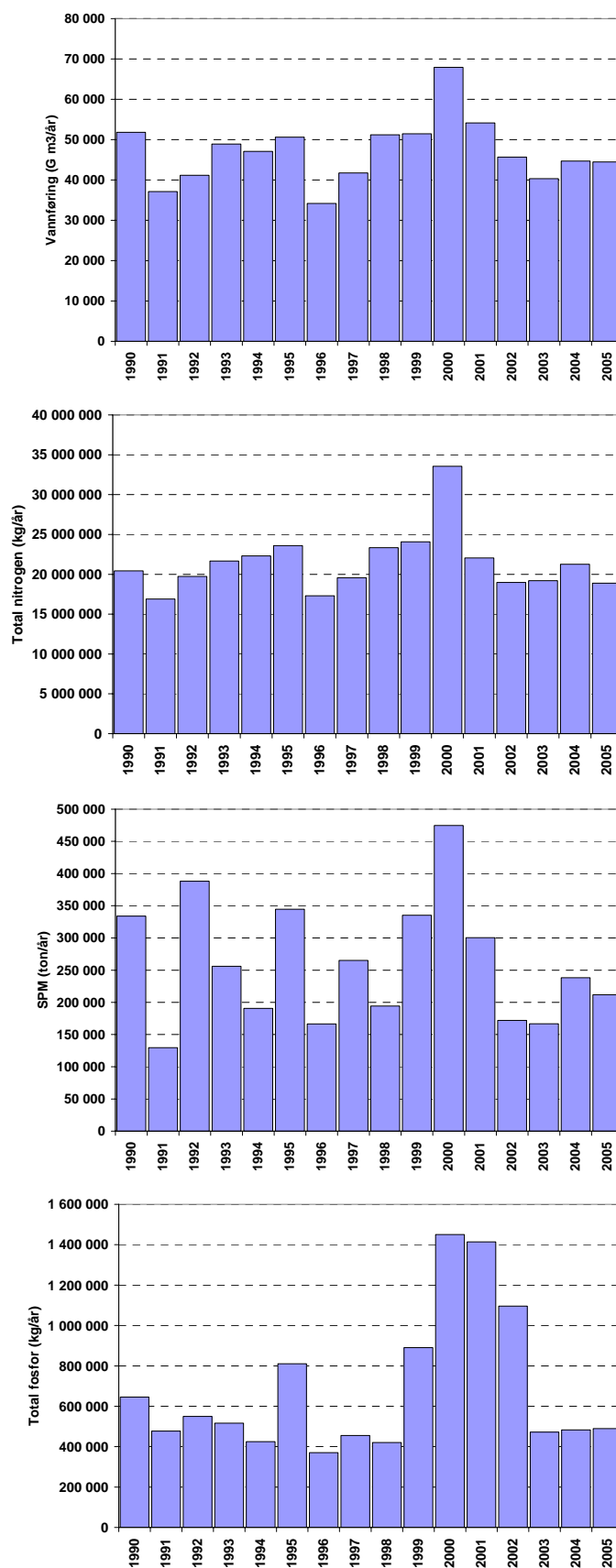


Figur 4.3. Korrelasjonsplott mellom TP og SPM konsentrasjoner for 3 forskjellige tidsperioder i Numedalslågen.

Elvetilførsler til Skagerrak fra Norge

De årlige elvetilførslene fra Norge til Skagerrakkysten (summen av de 5 elvene) for tidsrommet 1990-2005 er vist i Figur 4.4. År 2000 peker seg ut med høyest vannføring og næringstofftilførsel. År med lave tilførsler er 1991 og 1996, og til dels 2003.

Den årlige variasjonen i de norske tilførsler av næringssalter er avhengig av størrelsen på ferskvannstilførselen og når på året det er mer enn normal vannføring, dvs. nedbørsavhengig.

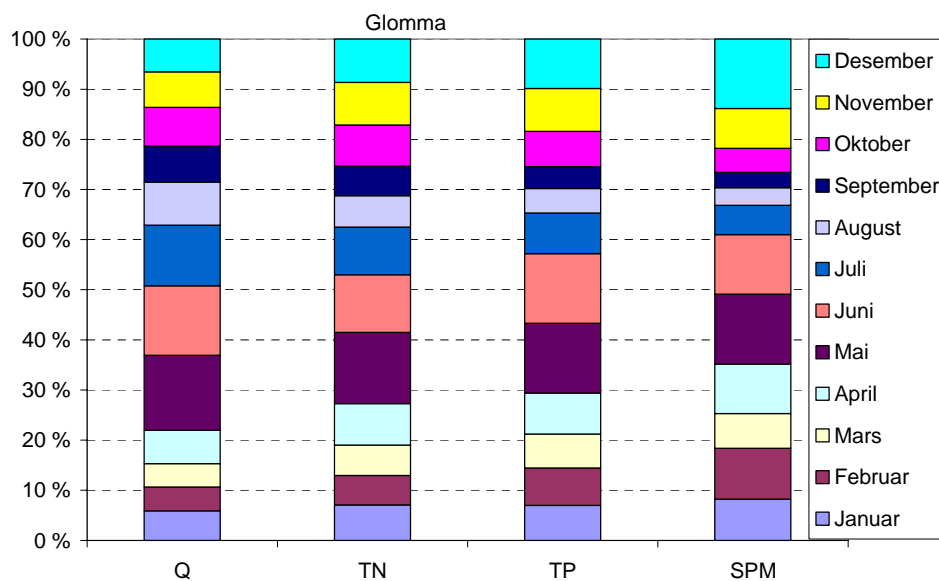


Figur 4.4. Årlig vannføring og vassdragstransport av total nitrogen, total fosfor og suspendert partikulært materiale i gjennomsnitt i de 5 hovedelvene til Skagerrak 1990-2005

Vanntilførselen til kysten av sør-Norge domineres av Glomma og Drammenselva, spesielt under sommeren og høsten (Figur 4.5). På årsbasis vil Drammenselva og Glomma bidra med vel 60 % av den totale ferskvannstilførselen.

Det er liten samvariasjon mellom vannføring og totaltilførslene av fosfor og SPM (Figur 4.4). Spesielt for partikler (SPM) og fosfor vil intensiteten i flommer være mer avgjørende for årlige variasjoner (se flomåret 1995, Annex 4).

For total-nitrogen er det derimot en signifikant sammenheng med vannføring ($R^2=84\%$) (se også Figur 4.4)



Figur 4.5. Relativ vannføring Glomma fordelt på måned i 1993. (1993 er brukt som et eksempel, da det er liten årsvariasjon mellom elvenes relative andel det året).

Usikkerhet i transporttallene og spesielt partikkeltransport

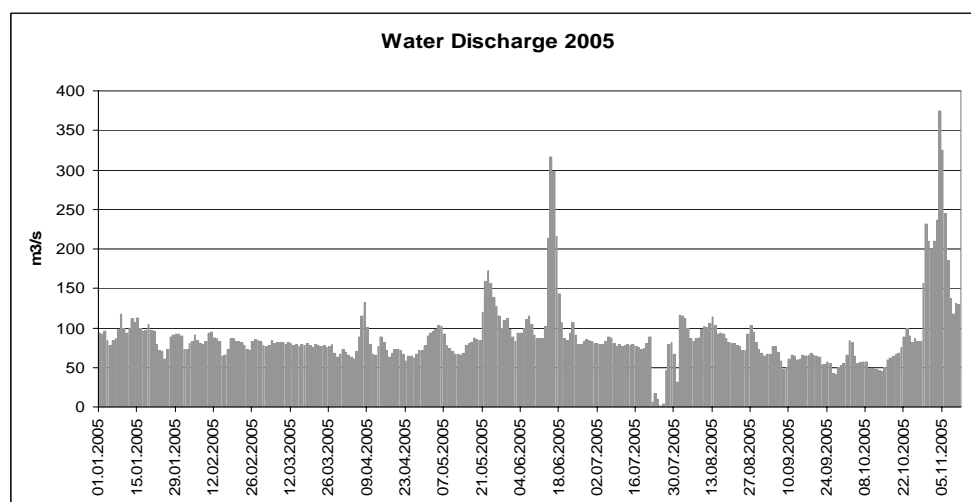
Dette avsnittet gir utvalgte resultater av PARTRAN-prosjektet (samarbeidsprosjekt mellom NIVA og NVE med finansiell støtte fra SFT og Sukkertareprosjektet). Tallene er til dels rapportert i Borgvang et al. (2006). Resultatene viser at det er stor usikkerhet knyttet til elvetilførselen av partikulært materialet.

Kontinuerlig måling av vannføring og partikler i Numedalslågen (NVE delfinansiert av Sukkertareprosjektet) har vist at flommer opptrer innenfor svært korte tidsrom, generelt innenfor en uke og med en flomtopp i løpet av en dag (Figur 4.6a). Spesielt i 2005 og kanskje typisk for de siste milde vintrene), er en stor flomtopp på sen-høsten (jfr Figur 4.6a den 5. nov 2005) som godt kan være større enn den normale "vårflommen" (i juni).

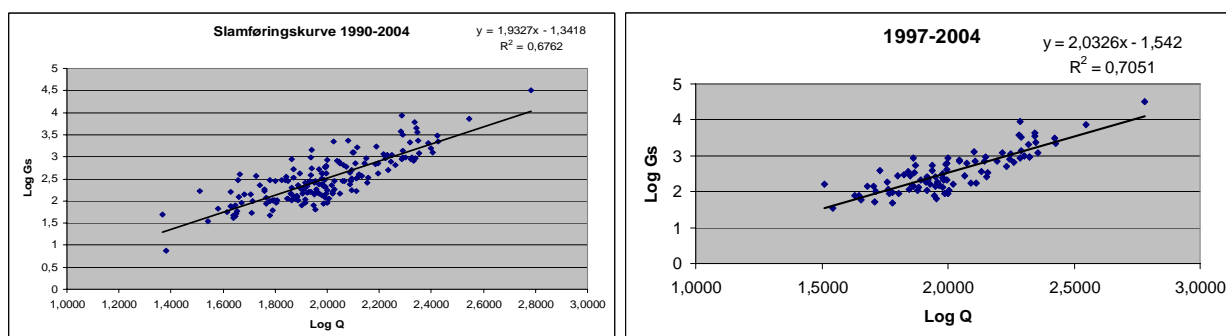
Målinger fra RID-programmet viser at det er en sammenheng mellom vannføring og partikkeltransport (Figur 4.6b) og en mulig tendens til brattere kurve for siste periode 1997-2004), men det er stor variasjon i datamaterialet (merk at begge aksene i figur 4.6b er logaritmiske). Daglige målinger fra NVE har vist at partikkeltransporten i Numedalslågen varierer markert og at mer enn 90 % av partikkeltransporten i et kalenderår skjer i løpet av et par dager i forbindelse med flomepisoder. Det er følgelig viktig å se på flomepisodene for å

beregne partikkeltransport fra elv til kystvann. Flomepisoder i vinterhalvåret, når jorda generelt ligger brakk, gir stor og muligens en annen type partikkeltransport til kysten med innvirkning på bunnvegetasjonen i influensområdet, enn tilførsler via normal vårflom.

Analyseresultatene fra Numedalslågen viser også at det blir store forskjeller ved å bruke ulike beregningsmetoder for stofftransport. I figur 4.7a neden vises resultatet av tre beregningsmetoder: linear interpolasjon (linear interpolation), RID-metoden (ratio estimator) og slamføringskurve (rating curve), basert på data fra RID-målingene (1 gang per måned). Dette sammenlignes med tilførsler fra NVEs sine daglige målinger. Ved siden av en generell underestimering er det verdt å merke seg store forskjeller mellom forskjellige metoder enkelte år. Figur 4.7b viser at RID-målingene en gang per måned mister mange av konsentrasjonstoppene. Det bør også noteres at døgndata kun er tilgjengelig under de is-frie delene av året.

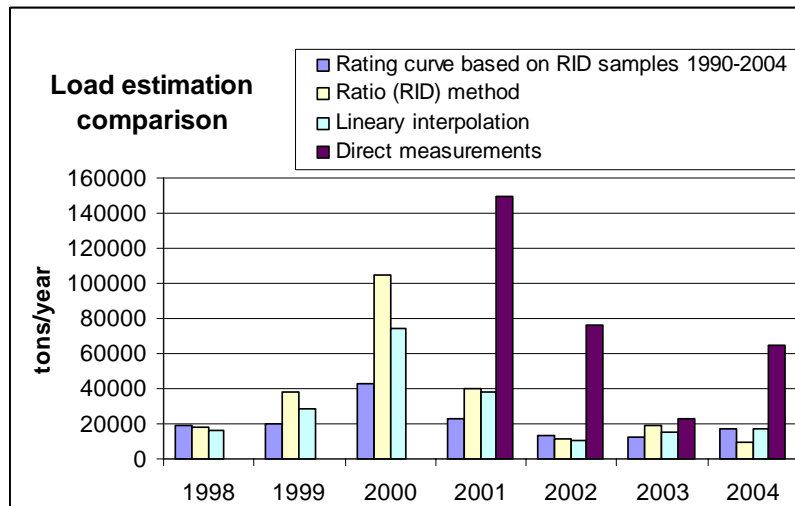


Figur 4.6a. Vannføring (m^3/s) målt i Numedalslågen i 2005.

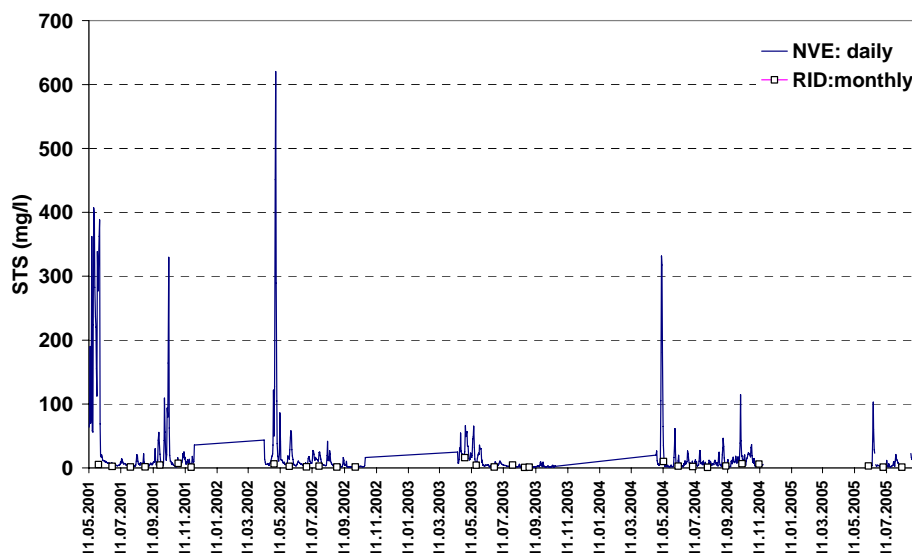


Figur 4.6b. Slamføringskurver for periodene 1990-2004 (venstre) og 1997-2004 (høyre) i Numedalslågen. Kurvene viser log-log forholdet av transport av suspendert materiale i g/s (y-akse) og vannføring i m^3/s (x-akse). Slamføringskurver er en vanlig måte å beregne transport av suspendert materiale innen fagfeltet fluvialgeomorfologi, bl.a. er det en mye brukt beregningsmåte hos USGS.

Numedalslågen er en spesiell elv ettersom den har relativt grovt suspensjonsmateriale samt få innsjøer som virker som sedimentasjonsbassenger. Det er derfor vanskelig å vurdere om resultatene fra Numedalslågen kan overføres til andre vassdrag i Skagerrak regionen. Det ville være interessant å se hvilke utslag ulike utregningsmetodikker vil gi i for eksempel Glomma, Otra og Skiensvassdraget. Disse beregningene kunne evt. også brukes til å vurdere nye trender for totaltransport av bl.a. fosfor og sediment, og ville helt klart være en viktig bidragsyter til forbedrede transporttall.



Figur 4.7a. Årlige transporttall av suspendert materiale i Numedalslågen for årene 1998-2004 regnet ut med 3 ulike metoder og tilførsler med direkte målinger (på døgnbasis i 2001-2004). Blå søyle: Metode 1, slamføringskurven eller "ratio method" RID-tall fra 1990-2004. Gul søyle: RID-metoden, som rapportert til OSPAR. Lys grønn søyle: lineær interpolasjon basert på RID-tall. Lilla søyle: NVEs tall fra automatisk prøvetaker som tok døgnlige prøver i 2001-2004

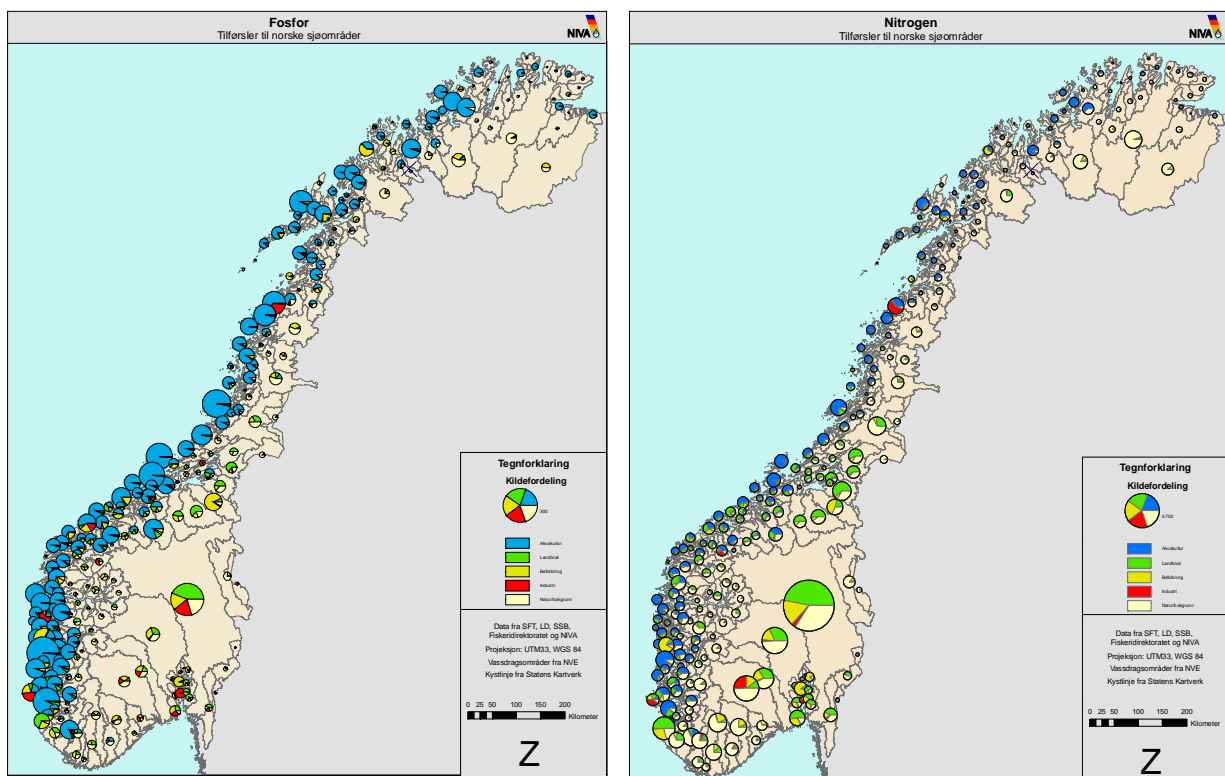


Figur 4.7b. Konsentrasjoner av partikler (suspendert tørrstoff - STS) i Numedalslågen målt daglig av NVE (linje) og månedlig av RID-programmet (firkanter).

Tilførsler til vestlandskysten (Lindesnes til Stad)

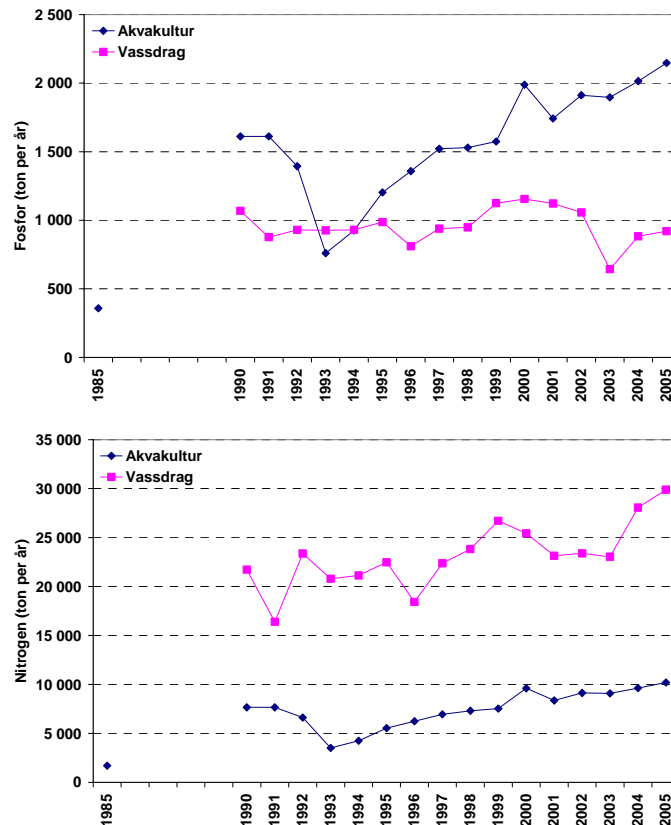
Det er usikkerhet knyttet til tilførsler via vassdragene på denne kystrekninga (fra Lindesnes til Stad²), da det kun er målt med tilstrekkelig hyppighet i 2 elver (Orre og Suldalslågen). Det er i tillegg utført målinger en gang per år i andre vassdrag på denne kyststrekningen. Basert på disse meget usikre beregningene viser både nitrogen- og fosfortilførselen fra vassdrag en økende trend. Dette må dog ikke overtolkes. Tallene representerer kun ett grovt overslag over nivået i vassdragstilførselen. Det bør også bemerkes at bedre vannføringsdata etter 2004 og endret prøvetakingstrategi, påvirker analyseresultatet.

Beregninger av tilførsler fra Teofil-programmet (Selvik et al. 2007) viser at det er andre kilder enn vassdragstransport som dominerer mht. tilførsler av fosfor (Figur 4.8). Til Vestlandskysten (Lindesnes til Stad) er akvakultur den klart største kilden. Beregningene viser også at utslipp fra akvakultur har økt betydelig (Figur 4.9).



Figur 4.8 Den relative størrelsen av de forskjellige fosfor og nitrogen kildene pr. vassdragsområde i 2005 (Akvakultur=blå, Landbruk=grønn, Befolkning=brun, Industri=rød, Naturlig bakgrunn=lys gul). Kilde: Selvik et al. (2006)

² Stad representerer grensen mellom Nordsjøen og Norskehavet.



Figur 4.9. Tilførsler av fosfor (øvre panel) og nitrogen (nedre panel) fra vassdrag og akvakultur til området fra Lindesnes til Stad fra 1990 til 2005. Kilde: Borgvang et al. (2007) og Selvik et al. (2006).

4.2 Tilførsler av TOC til Skagerrak og Vestlandskysten

Øyvind Kaste (NIVA)

I dette kapittelet er det fokusert på transport av totalt organisk karbon (TOC) fra overvåkingslokaliteter (bekker og elver) langs Skagerrakkysten og deler av Vestlandet for å belyse om det har vært endringer i tilførsler av organisk materiale til kystvannet som kan settes i sammenheng med økt nedslamming og økt mengde organisk stoff i kystvannet. Vi vet imidlertid lite om hvordan karbonet fra elvetilførsler oppfører seg i sjøvannet, dvs. hvor fort det går inn i næringskjeder og/eller sedimenterer. Men målet med analysen har vært å se om TOC-transporten har endret seg over tid og om det har vært en endring i sesongfordelingen. Det er også testet om de samme trendene gjør seg gjeldende på liten (< 5 km²) og stor skala (fra mindre bekker til store elver), samt at det er testet for trender i total (summert) TOC-transport i overvåkingselvene som munner ut i Skagerrak.

Data og metode

Data fra et utvalg overvåkingslokaliteter er samlet og aggregert til årlig transport (fluks) av TOC og vann, samt volumveide middelkonsentrasjoner av TOC (Figur 4.10; Tabell 4.2). I tillegg til årlige verdier, er dataene også delt opp i sesonger. I tolkningen av analysene er det valgt å legge hovedfokus på transport framfor konsentrasjoner av TOC i vannet, i og med at førstnevnte er antatt å gi et bedre mål på den totale belastningen på de marine systemene. Datagrunnlaget for beregning av TOC-flukser er best for små bekker og mellomstore elver som er inkludert i sur nedbør overvåkingen (heretter kalt SNO-stasjoner). Dette gjelder både frekvens av målinger og lengde av tidsseriene. De store elvene inkludert i elvetilførselsprogrammet RID (heretter kalt RID-elvene) har relativt korte måleserier av TOC, og

prøvetakingsfrekvensen er gjennomgående lavere (Tabell 4.2). Dette gjør fluksberegningene for disse stasjonene forholdsvis usikre. Til sammen dekker vassdragene i analysen 86 % av det totale tilrenningsområdet til Skagerrak (98699 km², fra Svenskegrensen til Lindesnes, Holtan m.fl. 1998).

Standard statistiske metoder (Mann-Kendall test) er benyttet for trendanalyse. Testene er utført på årsmiddel-flukser, både basert på hele år og på sesonger.



Figur 4.10. Lokalisering av benyttede bekke- og elvestasjoner som er inkludert i analysen.

Tabell 4.2. Opplysninger om bekke- og elvestasjoner som er inkludert i analysen. Vannføringsdata er skalert fra nærmeste NVE-vannføringsstasjon med døgnbaserte målinger.

Vassdrag	Stasjon	Areal (km ²)	Program	Frekvens / start	Vannføringsstasjon (NVE)	Referanse
Glomma	Sarpsfoss	41918	RID	Mnd / '90-'93; '95; '99-	Solbergfoss	²⁾
Drammensvassdraget	Langtjern	4.8	SNO	Uke / 1986	Langtjern	¹⁾
Drammenselva	Mjøndalen bru	17034	RID	Mnd / '92-'95; 1999-	Døvikfoss	²⁾
Numedalslågen	Bommestad	5577	"	Mnd / 1999-	Fosserød	"
Skienselva	Klosterfossen	10772	"	Mnd / 1992; 1999-	Ranneberg-Rørås	"
Arendalsvassdraget	Storgama	0.60	SNO	Uke / 1985	Storgama	¹⁾
Gjerstadvassdraget	Søndeleddammen	380	"	Mnd / 1985	Gjerstad	"
Nidelva	Rykene	4035	"	Mnd / 1985	Rykene	"
Tovdalsvassdraget	Birkenes	0.41	"	Uke / 1985	Tveitdalen	"
Tovdalsvassdraget	Boen bruk	1885	"	Mnd / 1985	Utl. Flaksvatn	"
Otra	Skråstad	3738	RID	Mnd / 1992	Heisel	²⁾
Mandalselva	Marnardal	1531	SNO	Mnd / 1985	Kjølemo	¹⁾
Bjerkreimselva	Tengs	685.2	"	Mnd / 1985	Gjedlakleiv	"
Vikedalselva	Låkafossen	88.6	"	Mnd / 1985	Holmen	"
Gaula	Eldalen	180	"	Mnd / 1985	Byttevatn	"
Nausta	Espeland	189	"	Mnd / 1985	Hovefoss	"

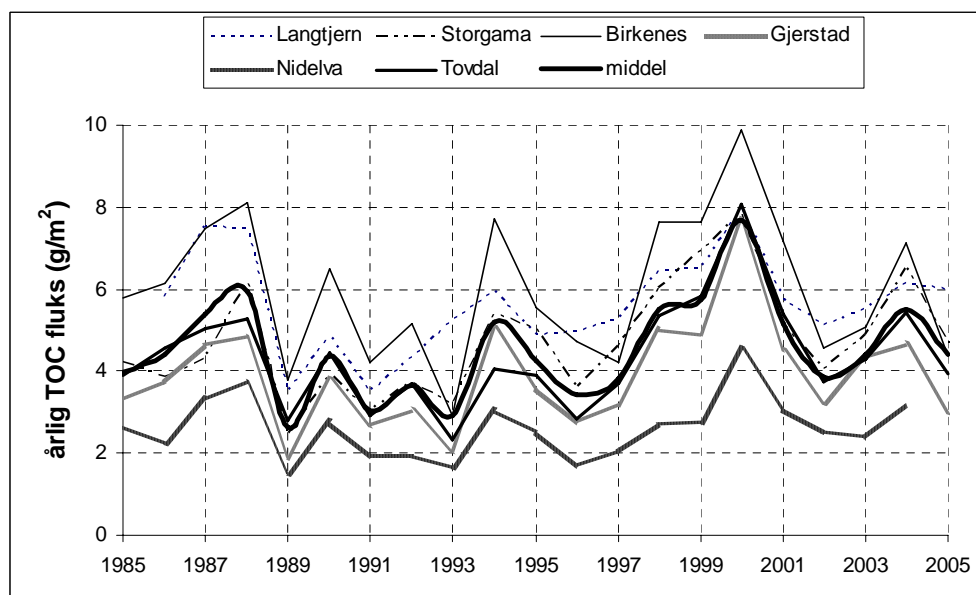
¹⁾ Skjelkvåle 2005. ²⁾ Borgvang m.fl. 2006

Resultater

Beregninger av årlig TOC-transport

TOC-transporten (fluksen) i bekker og elver er oppgitt på arealbasis ($\text{g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) for å kunne sammenligne tall fra de ulike vassdragene, uavhengig av størrelse. Den årlige TOC-transporten på SNO-stasjonene varierte mellom ca 2 og 10 g C m^{-2} (Figur 4.11). De små nedbørfeltene (Birkenes, Storgama og Langtjern) hadde stort sett den største eksporten av C, mens Nidelva lå lavest i alle år. Denne forskjellen har trolig sammenheng med lengre oppholdstid i vannfasen i Nidelva, og dermed større potensial for nedbrytning og utfelling (sedimentasjon). Spesielt dersom vassdraget inneholder større innsjøer med lang oppholdstid, kan fotooksidasjon være en betydelig tapsfaktor for organisk materiale. En annen faktor som kan føre til lavere TOC-eksport per arealenhet i større vassdrag er at bidraget fra skog og myr, de to største kildene til TOC, kan minske når innslaget av andre arealtyper (f.eks. fjell- og heiområder) øker.

År til år variasjonen var stor, men mønsteret var nokså lik for alle elver (Figur 4.11). Den høyeste TOC-transporten kom i 2000 i alle vassdrag, mens både 1989 og 1993 var år med lite eksport. I RID-elvene var dataseriene mye kortere enn på SNO-stasjonene (Annex 4) og TOC-eksporten var generelt lavere enn fra SNO-feltene, antageligvis på grunn av de samme faktorene som er nevnt ovenfor. Som i de andre lokalitetene, skilte år 2000 seg ut med den største TOC-eksporten. På grunn av begrenset datagrunnlag i RID-elvene før 1999, er det vanskelig å identifisere eventuelle synkronne mønstre med SNO-stasjonene i denne perioden. Etter 2000 ser det imidlertid ut til at mønstrene er nokså like i alle elvene.

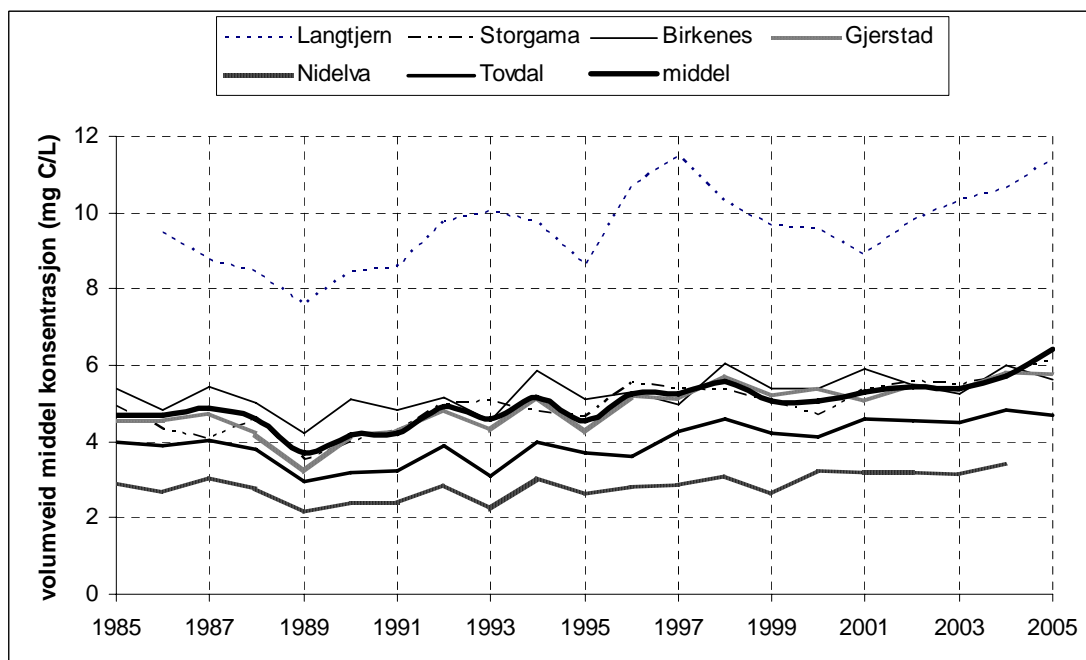


Figur 4.11. Årlig TOC-fluks fra SNO-feltene. Årlig middelværdi for alle lokalitetene samlet er også vist.

Det er relativt stor variasjon i spesifikk avrenning mellom de ulike SNO-feltene, men også betydelig år til år variasjon innenfor hver enkelt stasjon (Annex 4). Avrenningen viser i stor grad en øst/vest-gradient, med Langtjern som det østligste og tørreste feltet. Alle nedbørfeltene hadde høyest vannføring i 2000. Samvariasjonen mellom vannføring og TOC-fluks indikerer at mye av variasjonen i TOC-fluks er bestemt av årlig nedbør. RID-elvene viste også en tydelig øst/vest-gradient med hensyn til spesifikk avrenning. Årlig avrenningsmønster viste store likhetstrekk med SNO-stasjonene, med unntak av noen år

(1993, 1994 og 2003). Numedalslågen hadde nokså lik vannføring som SNO-elvene i alle år, på grunn av den geografiske nærheten.

Ved å dividere årlig eksport av TOC på årlig avrenning kan en beregne en volumveid middelkonsentrasjon for hver enkelt lokalitet (Figur 4.12). Langtjern hadde langt høyere middelkonsentrasjoner enn de andre nedbørfeltene, noe som sannsynligvis skyldes den store andelen av myr i nedbørfeltet kombinert med relativt lite nedbør. Den volumveide TOC-konsentrasjonen viste mye mindre variasjon enn vannføring og TOC-eksport i de undersøkte bekkene og elvene. Fra 1985 til ca 1990 var den nokså konstant, men fra 1990 til 2005 var det en klar tendens til økning i alle nedbørfelt. Dette indikerer at TOC-konsentrasjonene i alle nedbørfelt ser ut til å ha økt i denne perioden. Basert på det begrensede datamaterialet fra RID-elvene er det vanskelig å se en tilsvarende trend (Annex 4). Siden 2000 ser de fleste av elvene ut til å ha stabile eller nedadgående konsentrasjoner av TOC. Årsaken til denne tilsynelatende forskjellen mellom SNO- og RID-elvene er ikke klar, men kan muligens ha sammenheng med ulik arealfordeling, større innsjømagasiner, samt større påvirkning fra menneskeskapte kilder i RID-elvene.



Figur 4.12. Volumveid middelkonsentrasjon (mg C/L) av TOC på SNO-stasjonene. Størrelsen beregnes ved å dividere den arealbaserte fluksen (g C/m^2) med årlig avrenning (i mm) fra feltene. Årlig middelværdi for alle lokalitetene samlet er også vist.

Statistisk analyse

En statistisk analyse av årlig TOC-fluks ble foretatt på dataene fra sur nedbør overvåkingen. Det minste antall år som kreves for en pålitelig trendanalyse er 10, og det var derfor ingen av RID-elvene som hadde tilstrekkelig lange dataserier. Trendanalysen for årlig TOC-fluks i perioden 1985-2005 viser at det er kun et lite nedbørfelt med signifikant økning (Storgama). Betraktes perioden 1990-2005 er det to små nedbørfelter med økning (Langtjern, Storgama) og ett større vassdrag (Tovdalselva). Kun Nausta (på Vestlandet) viser signifikant nedgang i TOC-fluks.

Det har ikke vært signifikante vannføringsendringer i noen av vassdragene i løpet av de aktuelle periodene, og dette indikerer at trendene i TOC-fluks ikke er blitt styrt av vannføring.

Konklusjonen fra de statistiske testene er dermed at konsentrasjonen av TOC har økt men at hydrologien likevel er viktigere for år til år variasjonen i TOC-eksport enn konsentrasjonen i vannet. Derfor var det kun et fåtall av stasjonene som viste en signifikant økning i TOC-eksport.

Det ble også gjennomført en Seasonal Mann-Kendall test (SMK) for å undersøke om det har vært signifikante endringer i TOC-fluks innenfor enkelte sesonger (vinter: des-feb, osv.). Resultatet av denne testen var at Storgama viste en økning i TOC-fluks om høsten og vinteren, mens Mandalselva viste en økende trend om vinteren (Annex 4). Bortsett fra dette, var det ingen signifikante trender i TOC-fluks. Dersom en betrakter volumveide konsentrasjoner av TOC, var det flere av feltene som viste økende trender på sesongnivå.

For å vurdere eventuelle endringer i den totale TOC-transporten til Skagerrak ble tallene for hvert enkelt vassdrag i tabell 4.3 summert og undersøkt for trend. Den totale TOC-transporten med elvene viser, så langt dataene strekker til, ingen signifikant endring over tid. De lengste komplette dataseriene finnes for elvene lengst vest, men heller ikke her ble det påvist noen signifikant trend i TOC-transporten. Det som kommer tydeligst frem, er at flommen i 2000 førte til nesten en dobling av den vanlige TOC-transporten i vassdragene.

Tabell 4.3. Resultat av Mann-Kendall test på TOC-fluks, vannføringsveid TOC-konsentrasjon og vannføring for periodene 1985-2005 og 1990-2005. Signifikansnivå: *, $p < 0.10$; **, $p < 0.05$; ***, $p < 0.01$; n.d.= ikke signifikant. Alle trender var økende, bortsett fra tilfeller indikert med (-).

	1985-2005			1990-2005		
	TOC-fluks	TOC-kons	Vannføring	TOC-fluks	TOC-kons	Vannføring
Langtjern	n.d.	***	n.d.	***	**	n.d.
Storgama	**	***	n.d.	**	***	n.d.
Birkenes	n.d.	**	n.d.	n.d.	**	n.d.
Gjerstad	n.d.	***	n.d.	n.d.	***	n.d.
Nidelva	n.d.	**	n.d.	n.d.	***	n.d.
Tovdal	n.d.	***	n.d.	*	***	n.d.
Mandal	n.d.	**	n.d.	n.d.	***	n.d.
Bjerkreim	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	***	n.d.
Vikedal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gaular	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nausta	** (-)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Oppsummering

De statistiske analysene viser at konsentrasjonen av TOC har økt på nær alle lokalitetene som er inkludert i sur nedbør overvåkingen (SNO). Store år til år variasjoner i vannføring fører imidlertid til at kun én av de større elvene (Tovdalelva) viser en signifikant økning i TOC-transport siden 1990. Elvene som er inkludert i Elvetilførselsprogrammet (RID) har kortere dataserier for TOC, og ble ikke inkludert i denne delen av analysen. De undersøkte SNO- og RID-elvene dekker til sammen 86 % av det totale tilrenningsområdet til Skagerrak. Den totale TOC-transporten med disse elvene viser, så langt dataene strekker til, ingen signifikant endring siden 1990. Det er heller ingen tegn på at fordelingen av TOC-transport over året har endret seg vesentlig på de undersøkte overvåkingslokalitetene.

Selv om det påvises få signifikante endringer i TOC-transporten over tid, kan det være relativt store år til år variasjoner. Det som kommer tydeligst frem i dette datamaterialet, er flommen i

2000 som førte til nesten en dobling av den vanlige TOC-transporten i vassdragene. Et annet forhold som bør vektlegges i denne sammenhengen er at standard overvåkingsprogrammer ofte har en relativt lav prøvetakingsfrekvens (gjærne månedlig), og at en dermed kan gå glipp av kortvarige, men intense avrenningsepisoder som kan gi stor belastning på marine resipienter. Analysene ovenfor er dermed ikke i stand til å besvare om det eventuelt kan ha vært en økning i frekvensen av slike episoder de siste 15-20 årene.

4.3 Tilførsler fra jordbruksbekker

Johannes Deelstra (Bioforsk)

Innledning

Tap av næringsstoffer og suspendert stoff fra jordbruksbekker har variert med tid og region. Her gis et kort sammendrag av resultater fra utvalgte bekker fra overvåkingsprogrammet for jordbruksbekker (JOVA), mens mer utførlig resultatpresentasjon er gitt i annex 4.3. Bekker som rapporteres er vist i Figur 4.13.



Opplysninger om JOVA-feltene

Navn	Totalt areal (daa)	Dyrket areal (%)	Produksjon	Region
Kolstadbekken	3080	68	Korn	øst
Mørdrebekken	6800	65	Korn	øst
Rømua *	87100	41	Korn	øst
Skuterudbekken	4489	61	Korn	øst
Grimestadbkn *	1769	45	Korn	øst
Vasshaglona *	650	60	Grønnsaker	sør
Timebekken	1140	85	Gras	vest
Skas-Heigre *	28300	84	Gras	vest

* = hovedresultat presentert her, full rapport i Annex.

Figur 4.13 Lokalisering og opplysninger om overvåkingsfeltene

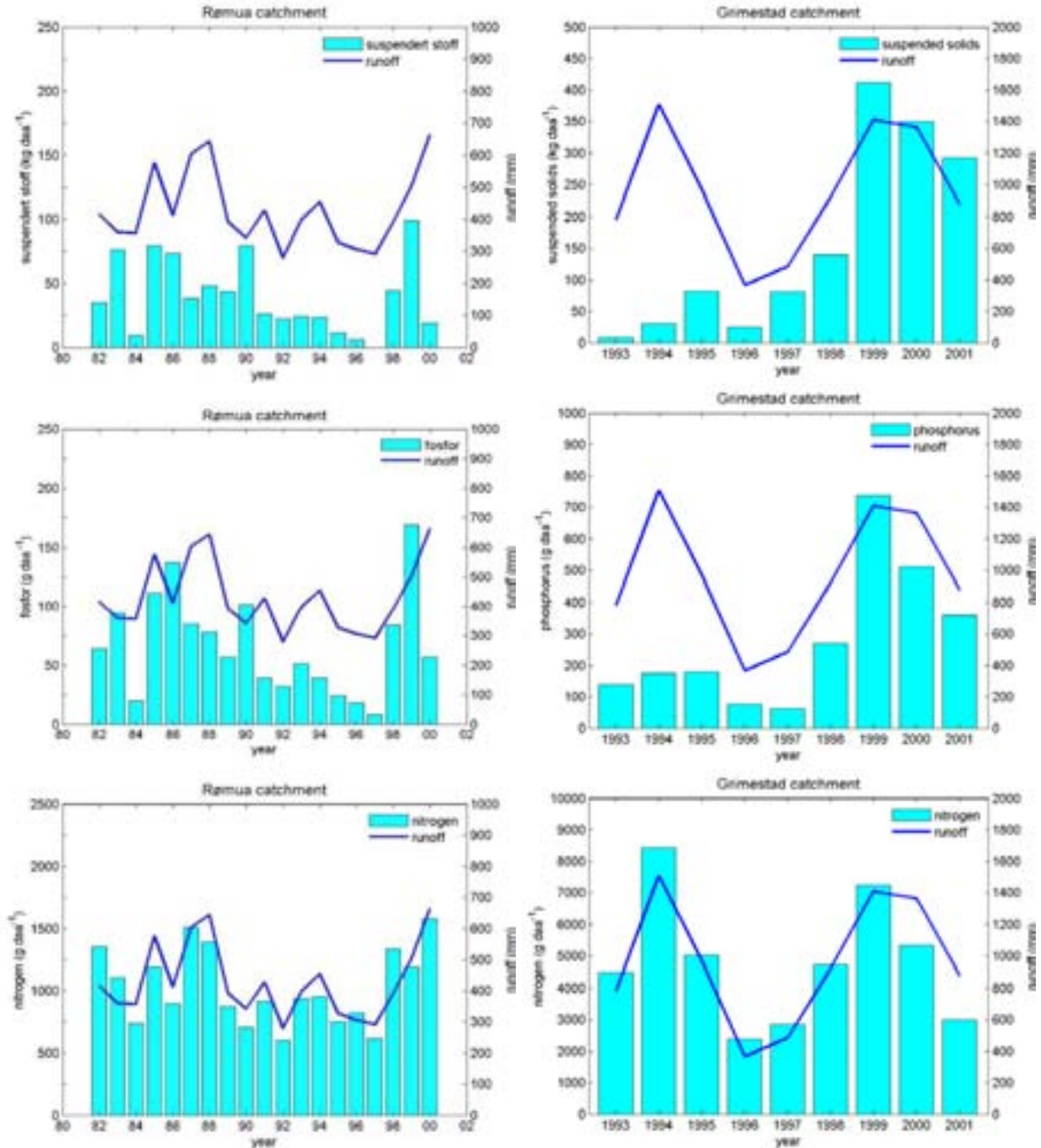
Resultater

Resultater fra 4 utvalgte felt er vist her:

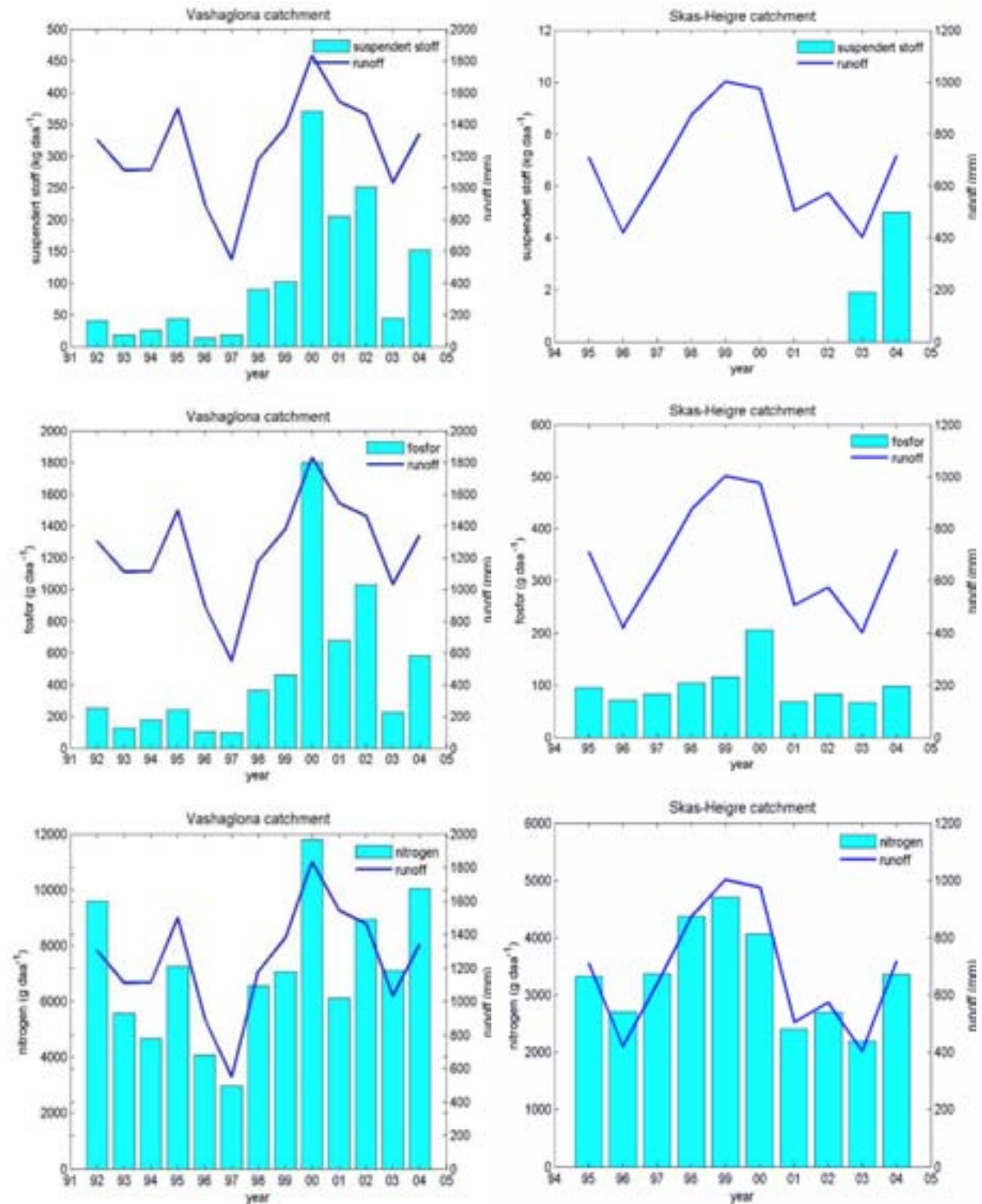
- Rømua-feltet i Østregionen, Akershus, hvor vi har en langtidsmåleserie fra perioden 1982 -2001. Det dyrkes vesentlig korn og jordsmonnet på de dyrkede områder er dominert av leir-jord. (Se flere detaljer i annex 4.3).
- Grimestad feltet også i Østregionen (Vestfold) og er dominert av kornproduksjon på sandjord, men feltet ligger i et område med kystklima med vekslende kulde- og mildværsperioder (fryse-tineepisoder, jfr. kap 2). Overvåkingsperioden er fra 1993 – 2001.
- Vasshaglona feltet ligger i Grimstad kommune, Aust-Agder og representerer Sørregionen. Feltet ligger i et område med marine avsetninger, mildt kystklima og mye nedbør. Det dyrkes grønnsaker med forholdsvis kraftig gjødsling i for det aller meste moldholdig sandjord. Overvåkingsperioden er fra 1992 – 2004.
- Skas-Heigre feltet ligger syd for Sola flyplass Rogaland og representerer Sør-Vestregionen. Det dyrkes vesentlig gras på marin leirjord med sand og grus. Klimaet er mildt og fuktig og vekstsesongen lang. Overvåkingsperioden er fra 1995 – 2004.

Resultatene er vist i figur 4.14 og 4.15 og framstiller tap av suspendert stoff, fosfor og nitrogen sammen med målt vannføring. Overvåkingen viser at for alle felt varierer tapet av nitrogen med vannføringen i bekkene. Høy vannføring ble målt i 1994-95 og 1999-2000 (året for maksimum vannføring varierer i de ulike feltene). Tap av fosfor og suspendert stoff

samvarierer i alle bekkene og viser ingen økning med flomtoppen i 1994-95. Akershusfeltet viser en svak nedgang i perioden 1986-1997. Derimot viser målingene en betydelig økning i tap av fosfor og suspendert stoff fra 1996 til flomtoppen i 1999-2000. Økningen i denne siste perioden er spesielt kraftig i Vestfold og Aust-Agder (ca. 8-10 ganger) og indikerer at Sørlandskysten kan ha blitt tilført uvanlig store mengder fosfor og partikler rundt 1999-2000.



Figur 4.14 Vannføring og tap av næringsstoffer og suspendert stoff i Rømuafeltet, Akershus (venstre panel) og i Grimestadfeltet, Vestfold (høyre panel).



Figur 4.15 Vannføring og tap av næringsstoffer og suspendert stoff i Vasshaglona, Aust-Agder (venstre panel) og i Skas-Heigre feltet, Rogaland (høyre panel).

Resultatet fra alle feltene er behørig rapportert i annex 4.3.

4.4 Tilførsler fra ikke-norske elver

Per Stålnacke (Bioforsk)

Formål

Til havområdene og kysten av Norge er det tre hovedtyper av tilførselskilder for næringsstoffer:

- Lokale norske kilder (elvetilførsler og direkteutslipp)
- Langtransportert forurensning med havstrømmene (elvetilførsler og direkteutslipp).
- Atmosfærisk nedfall på havoverflaten

Formålet med denne delstudien var å gi en kvantitativ vurdering av alle elvetilførsler fra ikke-norske vassdrag til Skagerrak og det nord-østlige Atlanterhav (Nordsjøen og Kattegat). Disse tilførsler er sammenlignet med de norske tilførslene til Nordsjøen, inkludert Skagerrak. Dataene er også blitt brukt i delstudien om havsirkulering (se kapittel 8).

Atmosfærisk nedfall på havoverflaten i Nordsjøen er ikke estimert.

Data

Tilførselsdata fra OSPAR ble samlet inn (OSPAR, 2005). Disse data er de som offisielt rapporteres inn av alle nordsjøstater hvert år siden 1990, innenfor rammen av det såkalte RID-programmet (Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges). Med direkteutslipp menes tilførsler via renseanlegg, industri og akvakultur direkte til havet.

I tillegg ble tidsseriedata for enkeltvassdrag på månedlig eller årlig oppløsning samlet inn for følgende vassdrag/områder:

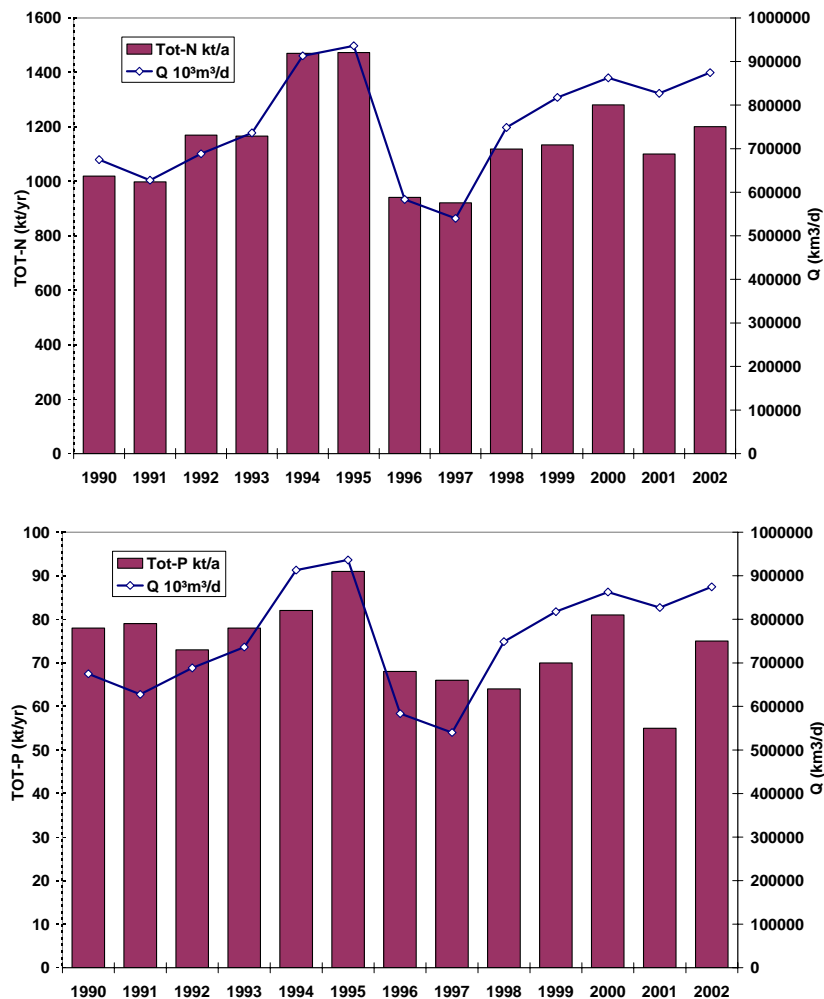
- Svenske vestkysten (de 5 største vassdragene: Nissan, Lagan, Ätran, Viskan og Göta älv)
- Danmark fordelt på 5 havområder
- Tyske vassdrag: Ems, Weser og Elben
- Vassdrag i Nederland: Rhinen, Haringvl., Maassluis, Nordzeekanaal, Lake IJssel
- Vassdrag i Storbritannia: Tweed, Wash, Forth, Tyne, Tees, Humber, Thames
- Vassdraget Scheldt i Belgia

Resultater

Totale tilførsler til Nordsjøen

Som gjennomsnitt tilføres Nordsjøen i overkant av 1,1 millioner tonn nitrogen og omtrent 75,000 tonn fosfor per år (Figur 4.16). Disse tallene er basert på tilførsler fra alle land som drenerer til Nordsjøen, inkludert Norge. Det er stor variasjon mellom årene, noe som først og fremst er knyttet til variasjoner i vannføring (Figur 4.16). Spesielt store nitrogentilførsler er notert i årene 1994 og 1995 i forbindelse med storflommer i elvene på kontinentet. I disse to årene var nitrogentilførselen mer enn 25 % over normalverdiene. I år 2000 var også nitrogentilførselen høyere enn normalt. De laveste nitrogentilførslene er notert i 1996 og 1997 med tilførsler ca 20 % under langtidsmiddel. Lav vannføring er forklaringen på disse lave tilførslene av nitrogen. Fosforutslippene oppviser omtrent samme trend og variasjon mellom årene som nitrogen; med høye tilførsler i 1994, 1995 og 2000. I perioden 1996-2002 var tilførslene generelt sett lavere enn i perioden 1990-1995.

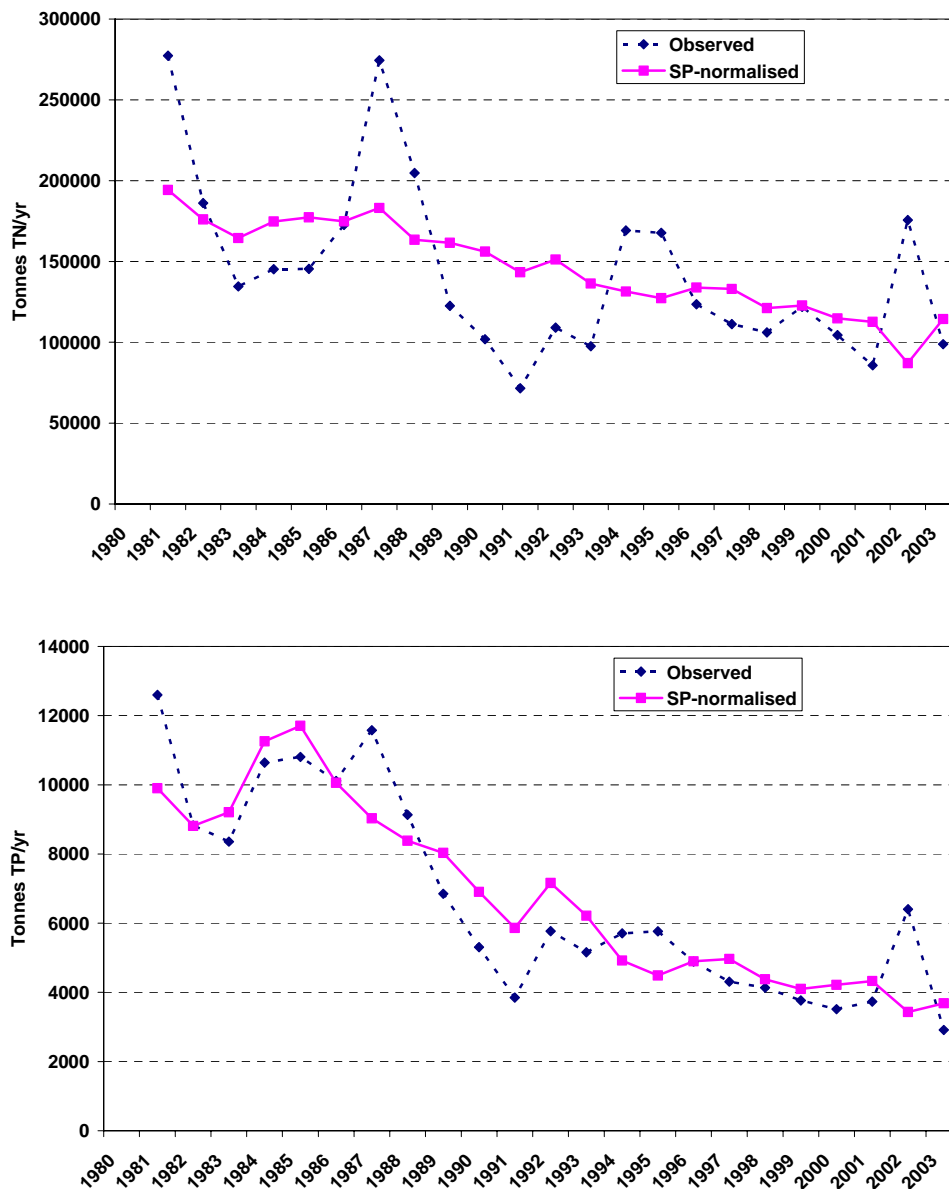
Noen ensartet langtidstrend kan ikke noteres i datamaterialet, mer enn at både nitrogen- og fosfortilførselen i perioden 1998-2002 er lavere enn det som kunne forventes i forhold til vannføringen disse årene (Figur 4.16).



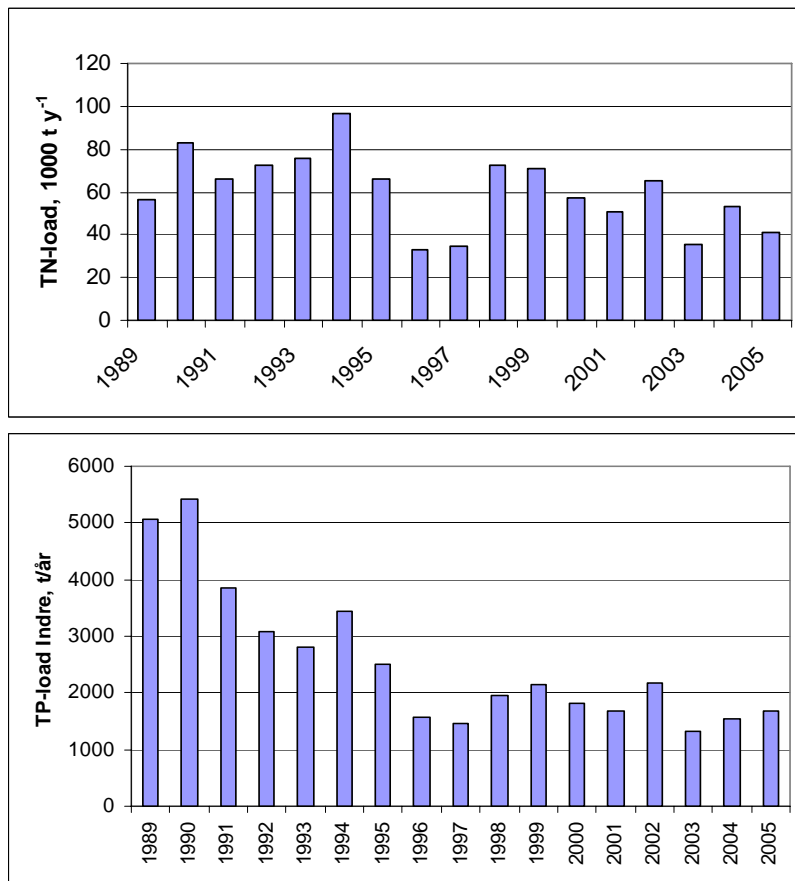
Figur 4.16. Årlig tilførsel av nitrogen og fosfor til Nordsjøen via vassdrag og direkteutslipp. Kilde: OSPAR (2005).

Imidlertid kan nedganger i tilførsler i enkelte kystområder og fra enkelte vassdrag noteres. Spesielt stor nedgang kan noteres i Elben, særlig med hensyn til fosfor (Figur 4.17). Det er viktig å notere at denne nedgangen først og fremst skyldes reduksjoner på 80-tallet. Etter 1990 er reduksjonene atskillig mindre synlige. I den danske tilførselen samlet til Kattegat, Øresund og Bælthaven kan det imidlertid spores en nedgang gjennom 90-tallet (figur 4.18). Tilsvarende nedgang ble imidlertid ikke funnet ved en gjennomgang av elvetilførsler samlet for Tyskland og fra den danske vestkysten (RID-data; figur 4.19), som rapportert i perioden 1990-2002 (North Sea Progress Report 2002). Årsaken til dette kan være at de tyske elvene maskerer nedgangen i danske elver på 90-tallet. Data fra Rhinen viser ikke noen spesiell trend i transporterte næringsstoffmengder i perioden 1990 og utover. Dette skyldes i hovedsak en oppgang vannføring og en samtidig nedgang i konsentrasjoner (Figur 4.20).

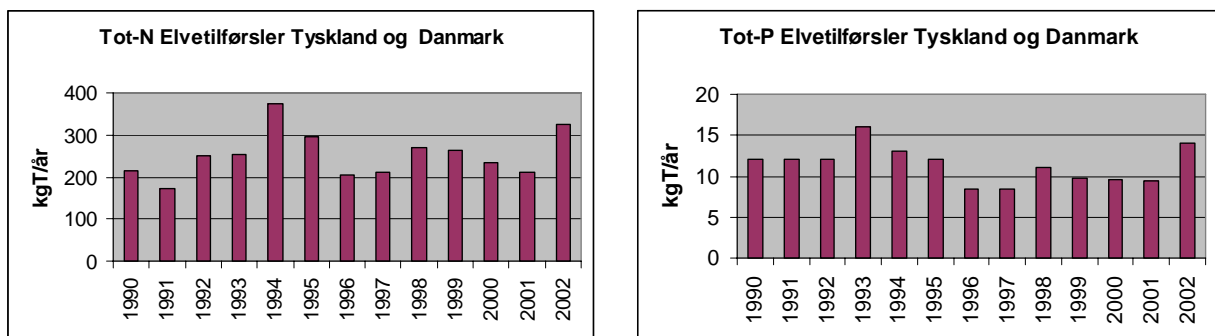
Det må for øvrig understrekes at all overvåking både av vassdragstransport og direkteutslipp er beheftet med stor usikkerhet. Noen slike usikkerheter er beskrevet i Borgvang m.fl. 2006. Usikkerheter i RID-programmene i Europa ble også diskutert under RID-INPUT møtet i SFT i januar 2007.



Figur 4.17 Øvre panel viser transport av totalnitrogen (tonn), nedre av totalfosfor (tonn), i Elbe i Tyskland, i perioden 1980 – 2003. Rosa kurve er vannføringsnormalisert, dvs. at den nedgangen som vises i transport er justert og derfor relativt uavhengig av vannføringen. Merk at målingene startet allerede på 80-tallet og at nedgangen var størst da.



Figur 4.18. Øvre panel viser en sammenstilling av transporten av totalnitrogen og totalfosfor (i tonn/år) fra Danmark samlet til Kattegat, Øresund og Bælthaven i perioden 1989 – 2005;



Figur 4.19 RID-data som viser utviklingen i total-N og total-P (i 1000 tonn/år) fra tyske og danske elver til Nordsjøen i perioden 1990-2002. Noen klar trend kunne ikke påvises.

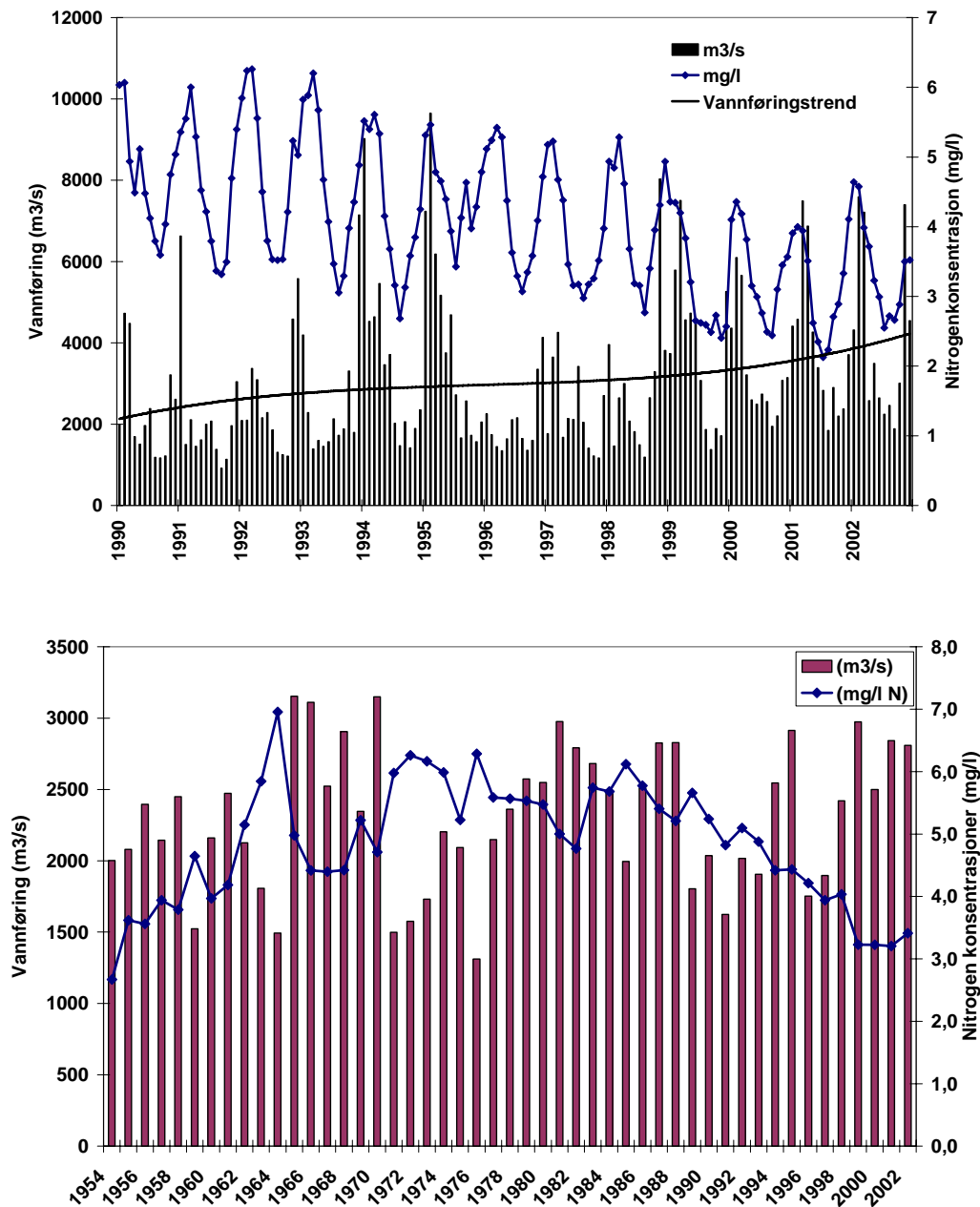
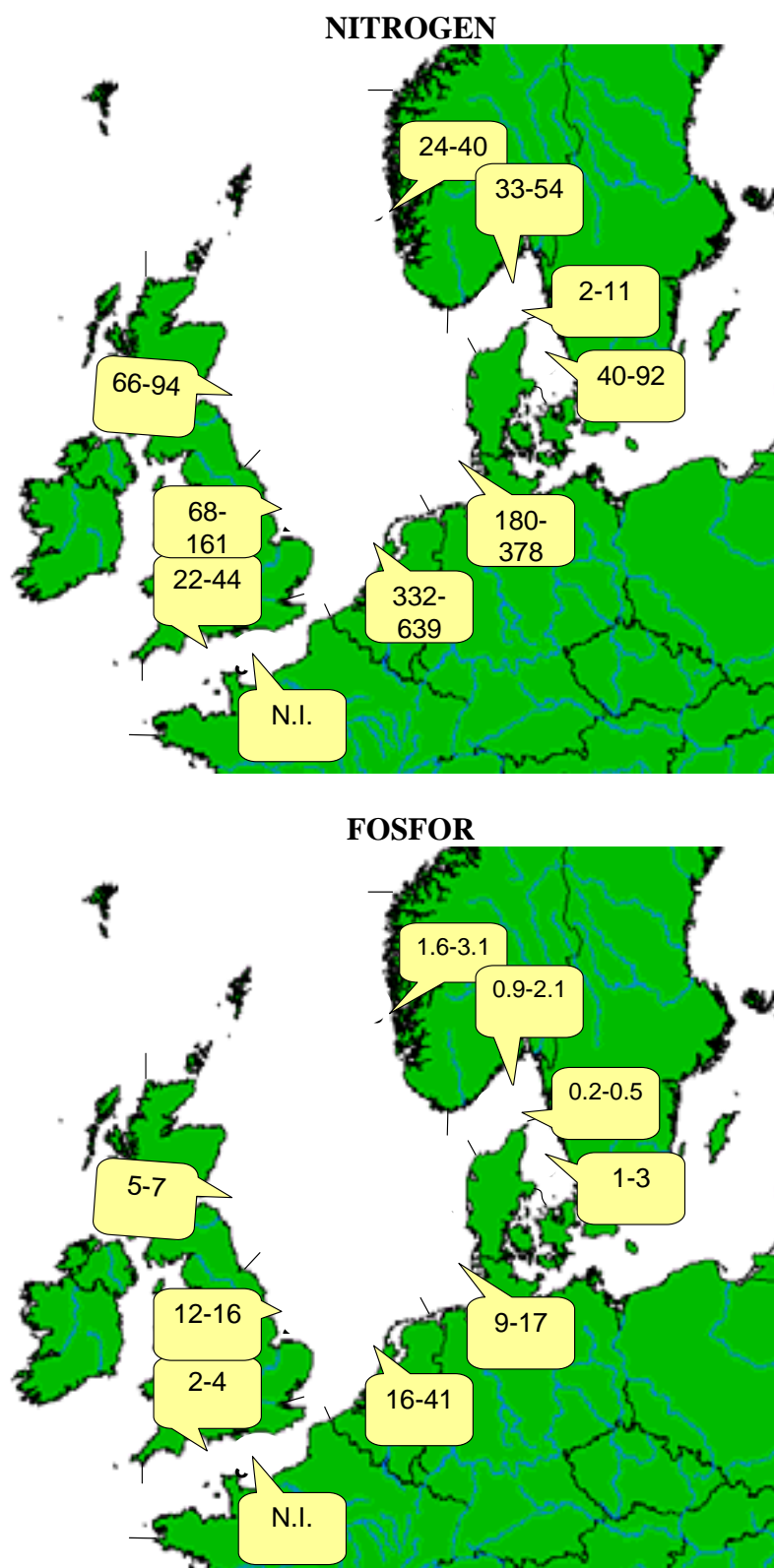


Figure 4.20. Vannføring og nitrogenkonsentrasjoner i Rhinen på månedsbasis 1990-2002 (ovre panel) og som års-gjennomsnitt 1954-2002 (nedre panel).

Hvis vi ser til enkelte kystområder ser vi at en stor del av tilførselen til nordsjøen skjer fra elver i Tyskland (fremst Elbe) og Nederland (Rinen) (Figur 4.21). I tillegg skjer normalt en nettotransport ut fra Østersjøen til Kattegat avhengig av vind og strømrretning. Ifølge estimat fra Håkansson (pers. comm.) kan denne være så stor som 600 000 tonn for nitrogen. Andre beregninger viser ett nettoutfløde på rundt 150 000 tonn nitrogen (Wulff et al. 2001)



Figur 4.21. Kart over totaltilførsler (i kilotonn) av nitrogen (øvre bilde) og fosfor (nedre bilde) fra lokale kilder til forskjellige kystområder i Nordsjøen. Tallene angir total variasjonsbredde i årlig tilførsler 1990-2002.

Norge i forhold til andre land

Den norske tilførselen av næringsstoffer til Nordsjøen har som gjennomsnitt siden 1990 vært på ca. 70,000 tonn for nitrogen og ca. 4,000 tonn for fosfor (Tabell 4.4). Disse tall inkluderer også direktetilførsler til havet via punktkilder (renseanlegg, industri og akvakultur). Det bør noteres at akvakultur svarer for en vesentlig andel av den norske totale tilførselen til Nordsjøen utenom Skagerrak.

Disse tilførselene fra Norge tilsvarer henholdsvis 7 og 5 % av nitrogen- og fosfortilførsel til Nordsjøen (jf. Figur 4.21).

Tabell 4.4 Totale tilførsler av nitrogen og fosfor 1990-2004 fra Norge til Skagerrak og Nordsjøen forøvrig. Total tilførsel er summen av vassdragstransporten (overvåket og ikke-overvåket), kommunalt og industrielt direkteutslipp, og akvakultur. Kilde: Sammenstilling av SFT-rapporter (1990-2006).

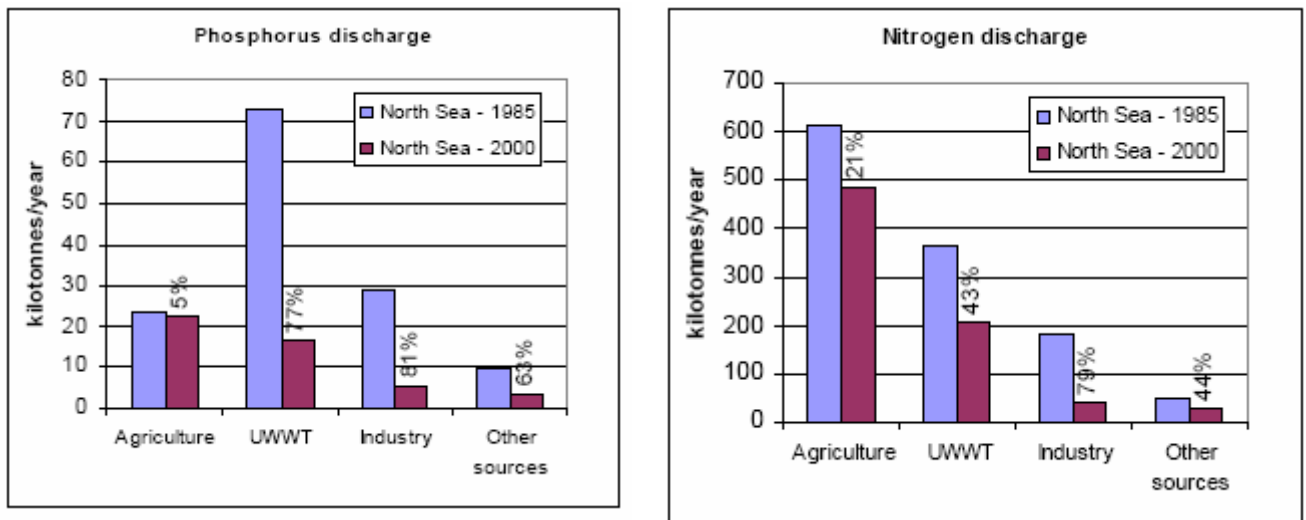
År	Skagerrak				Øvrige Nordsjøen ^{a)}			
	Nitrogen (t/år)	Hvorav akvakultur	Fosfor (t/år)	Hvorav akvakultur	Nitrogen (t/år)	Hvorav akvakultur	Fosfor (t/år)	Hvorav akvakultur
1990	36 722	106	1 234	22	29 376	7 651	2 681	1 612
1991	33 784	106	1 177	22	24 040	7 651	2 489	1 612
1992	35 666	157	1 127	33	29 985	6 617	2 324	1 394
1993	35 119	27	1 039	5	24 301	3 509	1 686	760
1994	40 646	24	889	4	25 373	4 244	1 855	925
1995	41 114	30	1 227	5	28 009	5 537	2 190	1 203
1996	33 902	38	853	7	24 667	6 245	2 169	1 358
1997	35 097	39	866	7	29 316	6 948	2 461	1 522
1998	40 450	49	876	9	31 126	7 309	2 478	1 529
1999	41 509	33	1 455	6	34 231	7 524	2 698	1 574
2000	53 892	48	2 035	9	35 032	9 601	3 144	1 988
2001	38 653	9	2 082	1	31 498	8 353	2 865	1 743
2002	34 301	17	1 832	3	32 515	9 130	2 968	1 912
2003	35 109	28	866	6	32 119	9 082	2 539	1 896
2004	38 543	26	866	5	37 679	9 619	2 898	2 015
2005	33 179	28	950	5	40 092	10 204	3 067	2 147

a) Lindesnes til Stad

Endringer i kildeutslipp

Det bør merkes at siden 1985 har vært stor nedgang i utslipp fra ulike kategorier av kilder (Figur 4.22).

Grunnen til at dette ennå ikke er synlig i utslippene til havet kan skyldes forsinkelser i transport (retensjonsprosesser) fra kilde til utslipp i havet. Dessuten kan lav prøvetakingsfrekvens i elveovervåkingsprogrammene gjøre at de virkelige transporterte mengdene ikke blir fanget opp og dermed ikke blir korrekt estimert.



Figur 4.22 Endringer i utslipp ved kilden i 1985 og 2000 for fosfor og nitrogen. Kilde: North Sea Progress Report 2002. UWWT er urbane renseanlegg (Urban wastewater treatment plants).

Tabeller over årlige tilførsler til forskjellige deler av Nordsjøen er vist i annex 4.4.

5. Vind og havbølger

Knut A. Iden, Bruce Hackett & Knut Harstveit (met.no)

Vindstyrke og vindretning har mye si for bølgedannelse og omrøring av vannmassene. God vannbevegelse antas å være positivt for taren, mens stormer vil kunne rive løs store mengder. Vindanalysen viser en økende grad av vinder fra sør-vest og økende frekvens av sterke vinder fra sør-vest (mer enn 6 m/s) om vinteren til alle de 4 undersøkte regioner av Sør-Norge (ytre Oslofjord, Sørlandet, Lista og Vestlandet). En analyse av stille perioder (vedvarende svake vinder) viste imidlertid ingen trend for 1960-2005, men at det har vært flere perioder med stille vær om sommeren. Spesielt på 80-tallet (1981-84) og slutten av 90-tallet (1996-2002) var det mye stille vær over hele Sør-Norge. Det er dog ingen indikasjon på at sukkertaren har vært utsatt for mindre bølgeomrøring nå sammenliknet med tidligere, bortsett fra i 1997 som skiller seg ut med mer stillestående vann i skjærgården (høyere frekvens av fralandsbølger).

Metodikk

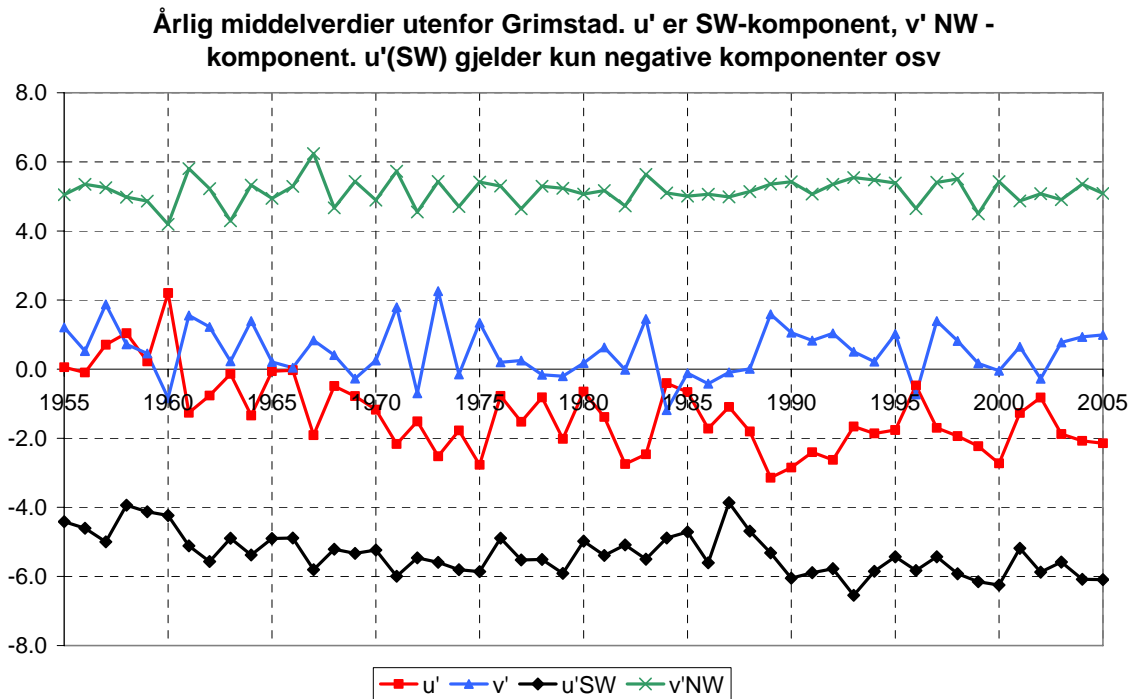
I denne analysen er det benyttet data fra Hindcastarkivet for vind på de kystnære havflater. Dette er i større grad et homogent datasett enn tilfelle er for ordinære vindstasjoner langs kysten. Arkivet består av tidsrekker av vindhastighet, U [m/s] og vindretning, DD [°] hver 6. time fra re-analyserte værkart/modeller siden 1955. Vindretningen er gitt i grader etter hvor vinden kommer fra [°], der 360° =nord, 45° =nordøst, 90° =øst, 135° =sørøst, 180° =sør, 225° =sørvest, 270° =vest og 310° =nordvest. Data fram til og med 2005 er benyttet. Arkivet består av punktdata med avstand ca. 75 km. Disse representerer da ca. 1 times midler av vinden. Vinden følger trykkgradientene i et værkart. Disse er omregnet til vindhastighet 10 m over havoverflaten ved hjelp av anerkjente grenselagsmodeller over hav. Verdiene er sammenlignet med reelle vinddata fra værskip og oljeplattformer, og nødvendige tilpasningsformler er lagt til. Vindverdiene se ut til å være tilnærmet homogene, selv om det var overgang fra manuelt re-analyserte værkart til automatiske modellkart rundt 1986.

Fra Hindcastarkivet har vi analysert data fra fire punkter. Det er området ved Fredrikstad, ved Grimstad, ved Lindesnes og på kysten av Vestlandet (Bergen). Noen hovedpunkter fra analysen er vist i Figurene 5.1, 5.2 og 5.3, for øvrig vises til Annex 5.

5.1 Vind

For årlig middelvind er det vist at det er korrelasjonskoeffisienter fra 0.44 – 0.49 mellom Vestlandet og Skagerakkysten (ingen sammenheng i vindmønster), 0.67 fra Lindesnes til Fredrikstad (lav sammenheng) og på 0.87 – 0.88 (god sammenheng) mellom Grimstad og Lindesnes på Skagerakkysten. Ingen av områdene viser noen trend i årlig middelvind. Se Annex for dokumentasjon.

Figur 5.1 viser utviklingen av middelveier for noen vindkomponenter. u' er sørvestkomponenten av vinden, det vil si den delen av vindfeltet som blåser langs en $45 - 225^\circ$ - linje, med positive verdier fra nordøst mot sørvest. v' er tilsvarende komponenten langs en $315 - 135^\circ$ - linje, med positive verdier fra nordvest mot sørøst. Figuren viser at det ikke er noen trend i komponenten fra nordvest/sørøst (fralands/ pålandskomponent), mens det er en tydelig trend i sørvestkomponenten. Det er en tydelig økning i bidraget av vind opp langs Skagerrakkysten fra sørvest, spesielt vinterstid. Det samme bildet med økende vindhastighet fra sørvest finnes også for de øvrige områdene, se dokumentasjon i Annex 5.

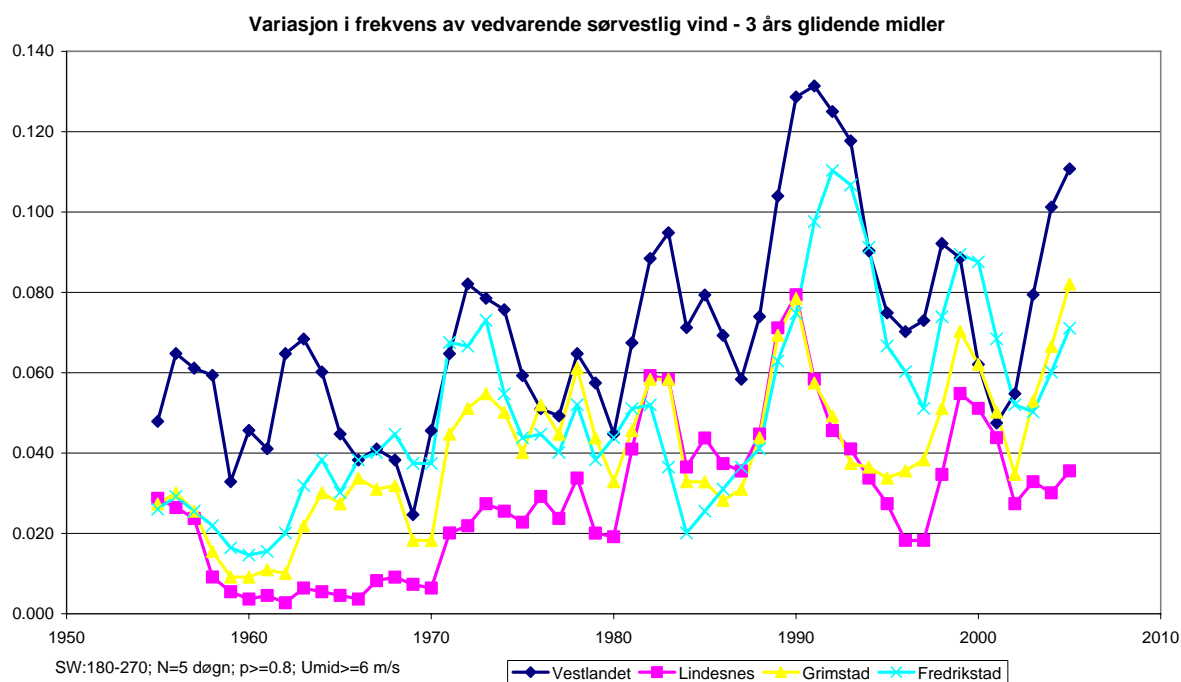


Figur 5.1. Årlig middelerverdier utenfor Grimstad.

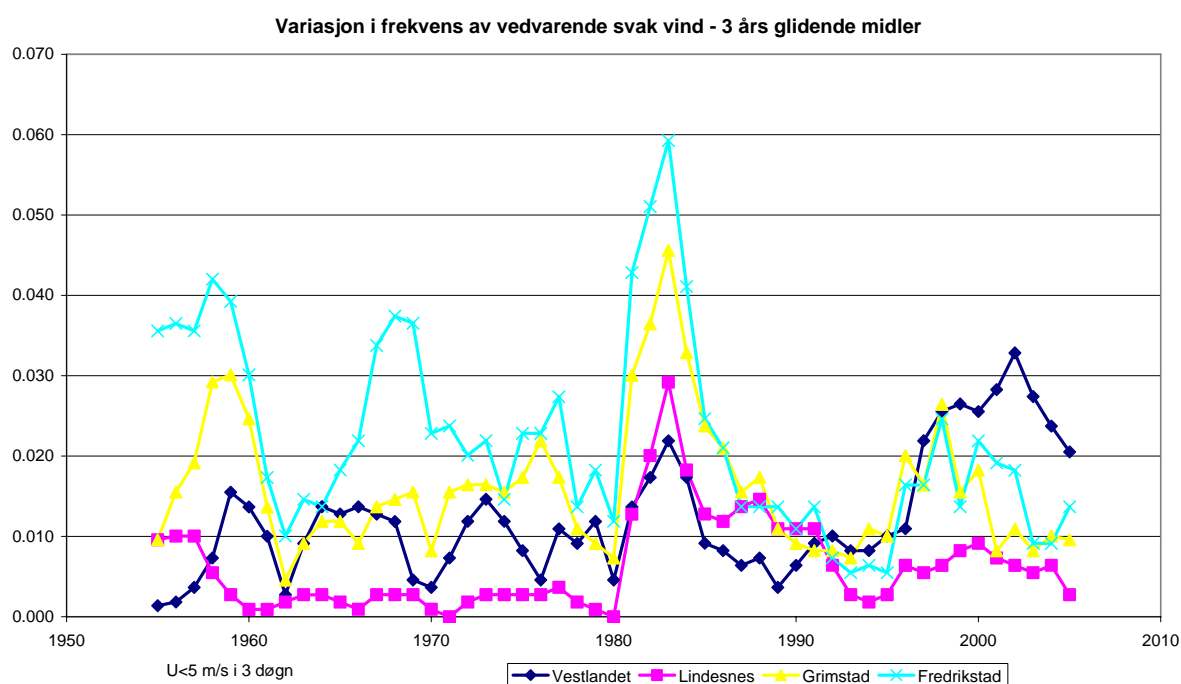
Figur 5.2 viser en studie av vedvarende av sterk vind fra sørvest for de fire områdene. Figuren har følgende grunnlag: Middelvindhastigheten i en 5 døgns periode skal overstige 6 m/s, og vindretningen i samme periode skal ha minst 80% forekomst i sektor 180 – 270°. Hvert døgn i året der dette har vært tilfelle for de 5 foregående døgn, gir bidrag til opptalt statistikk. Derved gir figuren et inntrykk av forekomsten av vedvarende, sterk vind fra sørvestlig sektor. Figuren viser et glidende 3-års middel av forholdene. Inntrykket er som for midlere vindkomponent fra sørvest. Det er økende frekvens av perioder med vedvarende sørvestlig vind både på kysten av Vestlandet og langs hele Skagerrak. Det er imidlertid grupper av år som markerer seg ved sterkere bidrag enn andre, og i noen grad er det ikke helt sammenfall mellom periodene og regionene. Perioden 1989 – 93 viser en tydelig ”topp”. Også i perioden 1999-2000 var det mer vedvarende sørvestlig vind enn før og etter disse årene, mens det var en ny økning i 2004-2005.

Det kan for øvrig nevnes at det er vinteren som gir de dominerende bidragene til utslag på figuren, men reduksjonen ved Grimstad og Lindesnes i 1991-92 skjedde om våren og økningen fra 2002-05 har kommet om høsten.

Det er også gjort en analyse av vedvarende av svake vinder (Figur 5.3) Betingelsen er da at døgnlig maksimalverdi fra de 4 klokkeperiodene skal ligge under 5 m/s i løpet av tre døgn. Det er ingen tydelig trend fra 1955 – 05 for årlig antall tre-døgns perioder for noen av områdene. Det er naturlig nok mest slike perioder om sommeren. Det var en periode på 80-tallet (1981-84) med mange perioder med svak vind, mens første del av 90-tallet var preget av få perioder. Fra omkring 1995 til omkring år 2000 var det en økning av perioder med svak vind om sommeren, fulgt av en nedgang etter år 2000. Det kan også sies at stasjonene går mindre i takt enn tilfelle er for vedvarende SW-vind. Det er en viss motsatt sammenheng med frekvens av vedvarende SW-vind, men årene 1981-84 viser at dette ikke alltid er tilfelle.



Figur 5.2. Variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind – 3 års glidende midler.



Figur 5.3. Variasjon i frekvens av vedvarende svak vind – 3 års glidende midler.

5.2 Bølger

Bølgedataene som er analysert er også hentet fra Hindcastarkivet. Også her er det benyttet data fra fire punkt som i hovedsak faller sammen med dem som er benyttet for vind med unntak for Oslofjord som avviker en del fra Fredrikstad som vindanalysen har benyttet. Analyse av bølgedataene gruppert i fire retningsintervall gir viser de samme hovedtrekk som ble funnet i vindanalysen. For dokumentasjon, se Anneks 5.

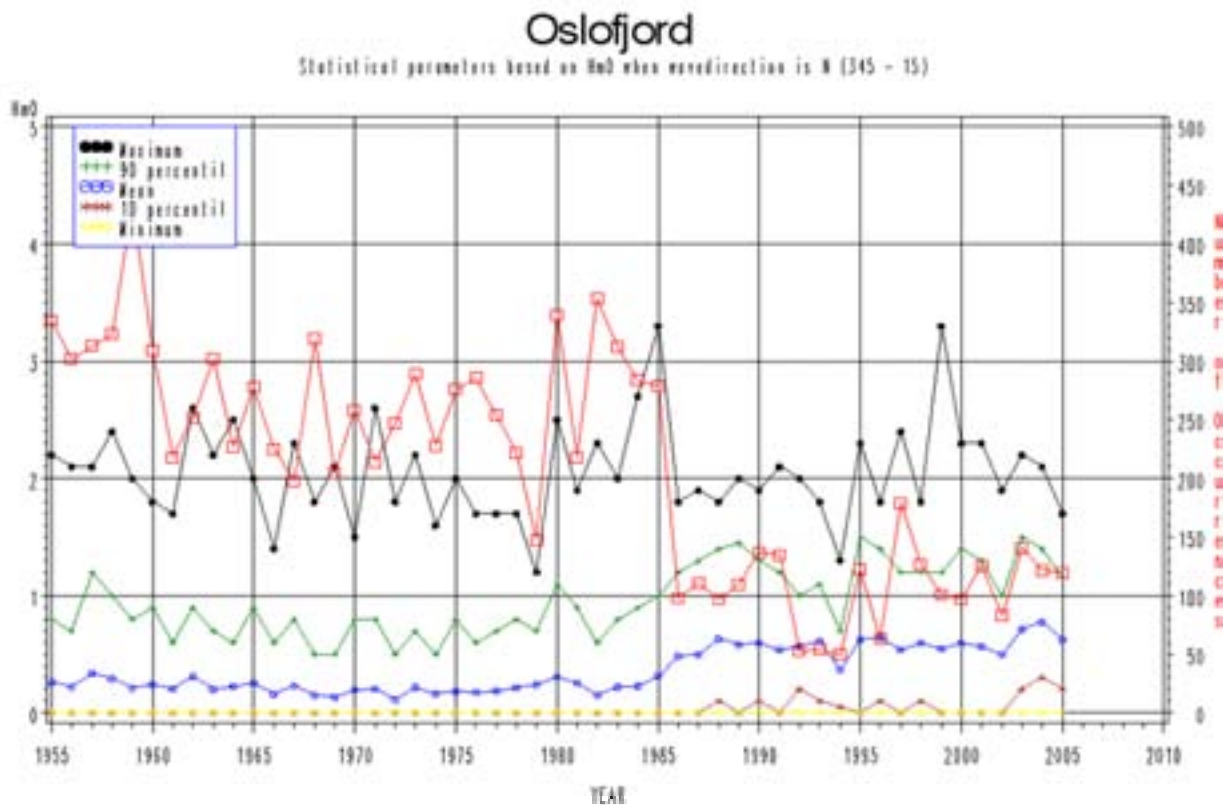
Analyse for retningene som antas å ha spesiell betydning for de forskjellige områdene er analysert spesielt.

Figur 5.4 viser en markert reduksjon fra 1986 i antall tilfeller der bølgeretning er fra nord (fralandsbølger) for punktet Oslofjord. Det er nærliggende å se denne markerte endring i sammenheng med endringen i datagrunnlaget nevnt ovenfor. Etter 1986 ser verdiene ut til å være nokså homogene med en jevn men svak stigning i middelveidene.

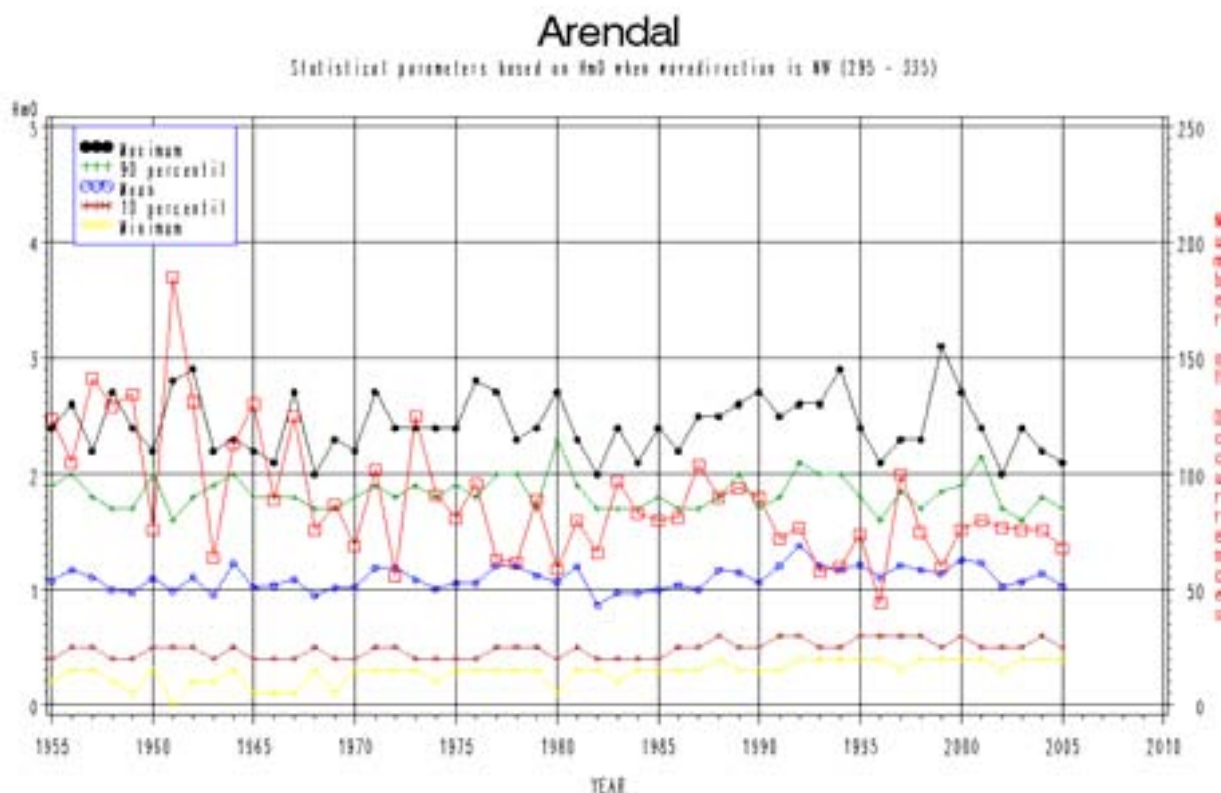
Figur 5.5 For punktet utenfor Arendal er det ikke noe drastisk endring i frekvens av bølger fra nord-vest (fralandsbølger) etter 1986, men en liten nedgang i antall tilfeller er tydelig. Noe systematisk endring i signifikant bølgehøyde ser ikke ut til å være tilfelle.

Figur 5.6 For punktet Lindesnes vises også et tydelig sprang i de statistiske parameterne etter 1986 når bølgeretning er fra nord (fralandsbølger). Bortsett fra årlig maksimum har de statistiske parameterne økt. Antall tilfeller er ganske beskjedent. Etter 1985 varierer det mellom 2-19 observasjoner pr. år.

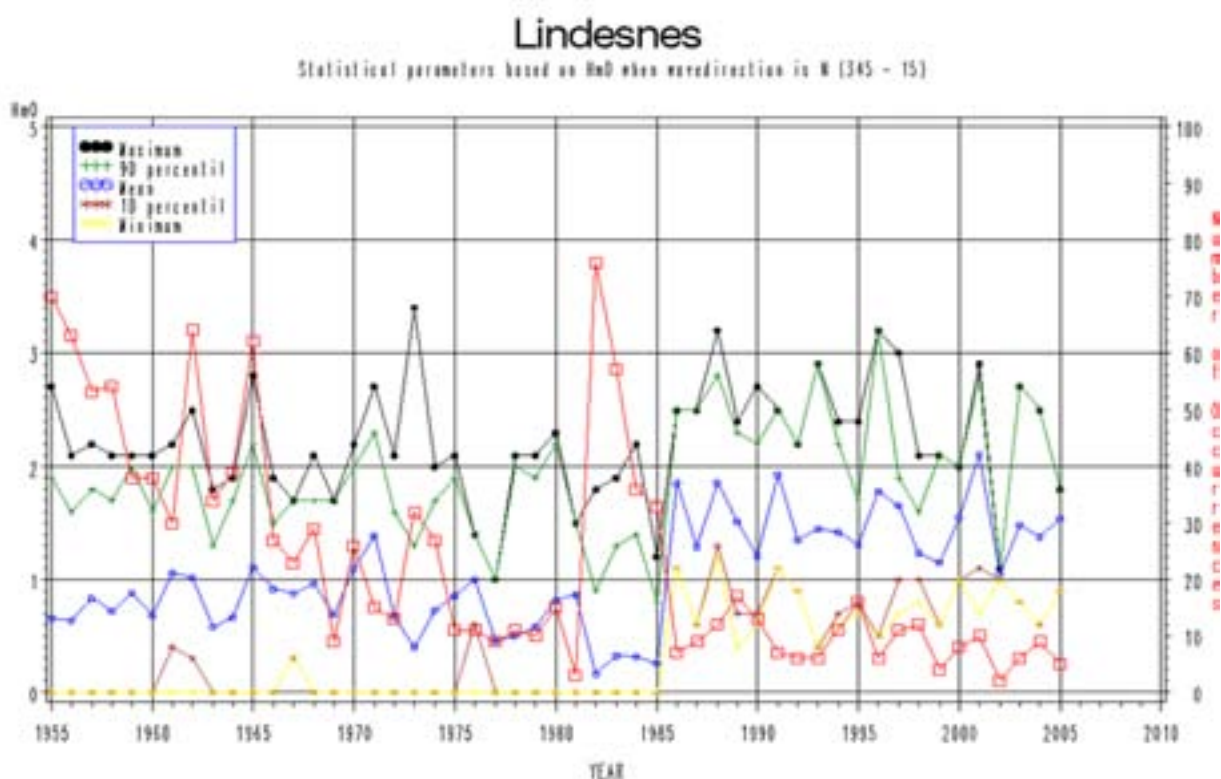
Figur 5.7 viser statistiske parametere når bølgeretning er fra øst (fralandsbølger) for Vestlandet (Vestenfor Bergen). Det fremgår at det er svært få tilfeller med denne bølgeretning. Tilsvarende hyppighet av bølger med retningen vest (pålandsbølger) (Figur 5.8) er en helt annen. For denne retning er det en nedgang i antall tilfeller etter 1986.



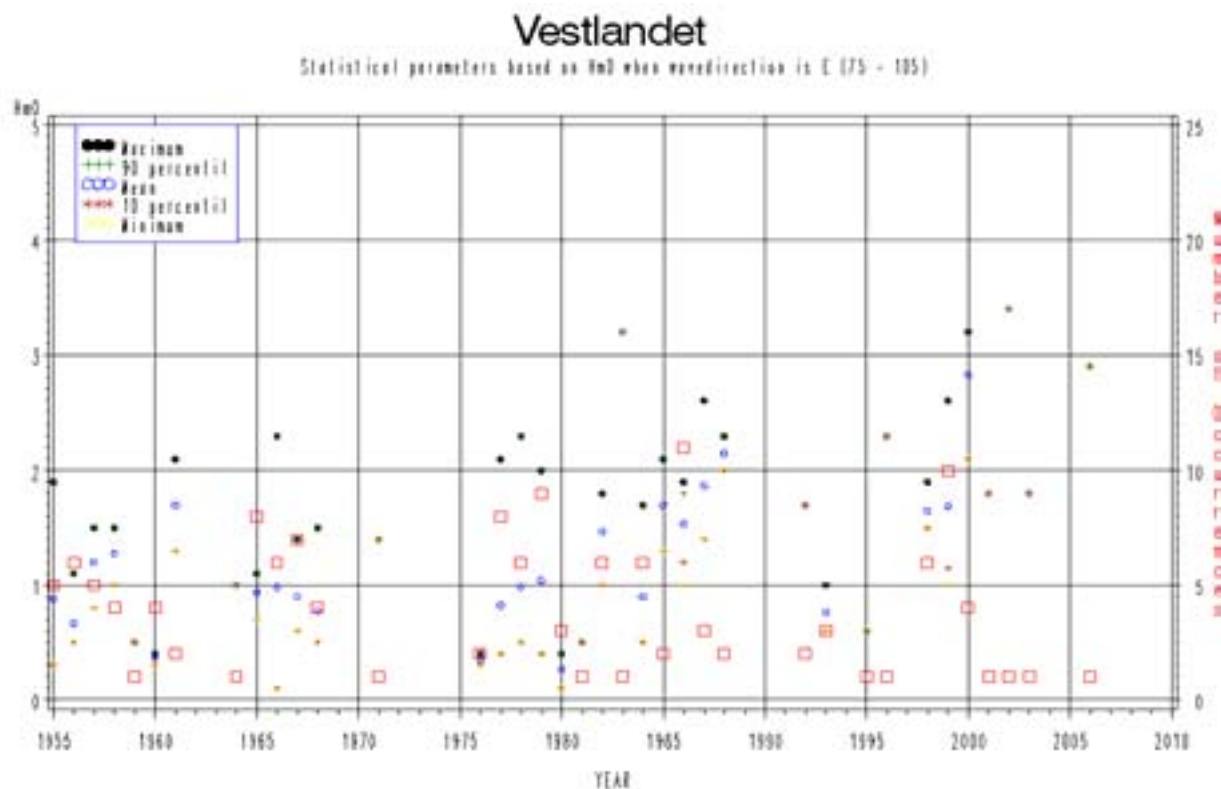
Figur 5.4 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra nord (fralandsbølger). Den røde linjen angir antall 6 timers observasjoner.



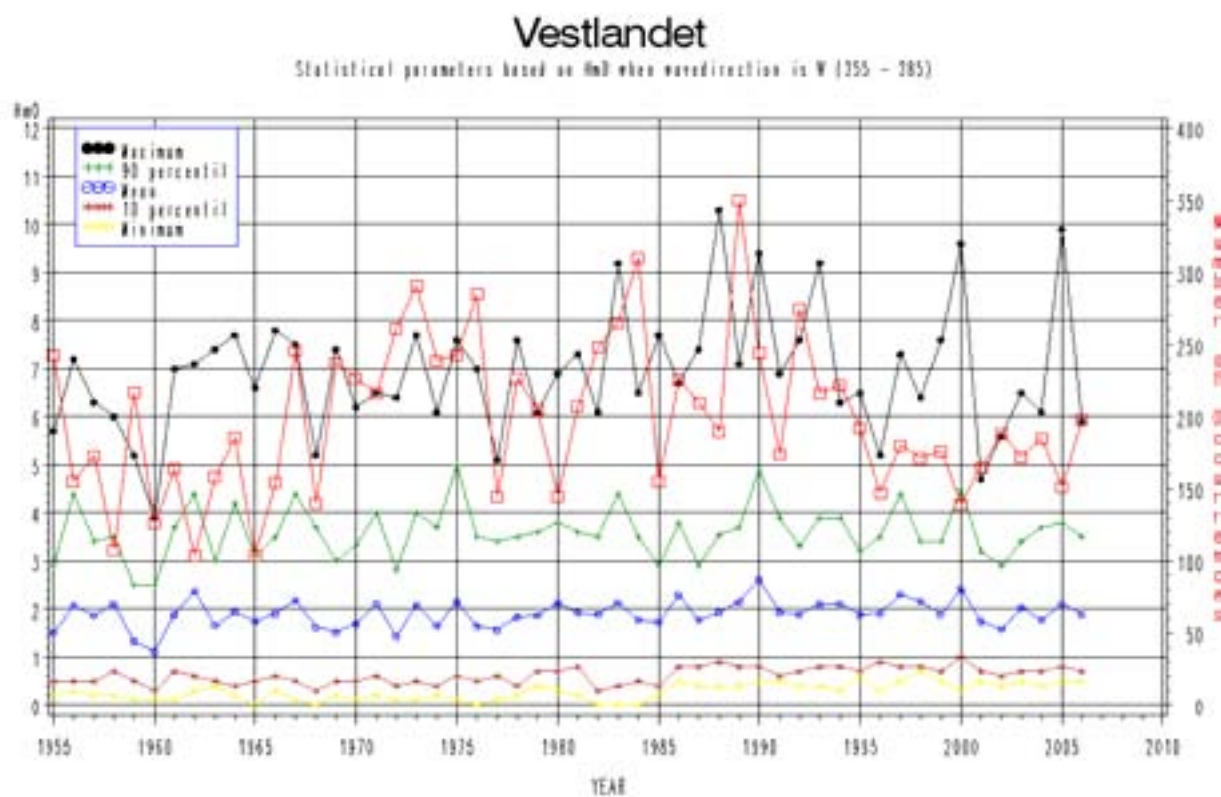
Figur 5.5 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra nord-vest (fralandsbølger). Den røde linjen angir antall 6 timers observasjoner.



Figur 5.6 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra nord (fralandsbølger). Den røde linjen angir antall 6 timers observasjoner.



Figur 5.7 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra øst (fralandsbølger). De røde firkantene angir antall 6 timers observasjoner.



Figur 5.8 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra vest (pålandsbølger). Den røde linjen angir antall 6 timers observasjoner.

6. Sjøtemperatur

Sukkertare er en kaldvannsart hvor sommertemperaturen i Sør-Norge og Skagerrak spesielt, kan være skadelig og i ekstreme tilfeller dødelig for sukkertaren. Sukkertarens sørlige utbredelsesgrense i Atlanterhavet går ved 19 °C isoterme og høyere temperaturer over lang tid regnes som skadelig for taren. Sjøtemperaturen er derfor en viktig faktor som kontrollerer sukkertarens forekomst og kan ha forårsaket bortfall av tare. Sjøtemperatur er en tradisjonell måleparameter slik at det finnes mange lange dataserier. I nyere tid overvåkes havtemperatur også fra satellitt og gir et utfyllende bilde til de tradisjonelle målestasjonene. Analysen av sjøtemperatur viser en klart negativ utvikling for sukkertare med stigende sommer-temperaturer på alle målestasjoner (svensk vestkyst, Sørlandskysten og Vestlandet) siden 1960. Siste 15-årsperiode har hyppig frekvens av varme somre og rekordhøy sjøtemperatur i 1997 og 2002. I 1997 ble det målt ca 2 måneder med sammenhengende overflatetemperatur på 19 °C eller mer i Flødevigen, Arendal, og det er meget sannsynlig at sommertemperaturen i 1997 kan ha hatt en kraftig regional negativ effekt på sukkertarebestandene i Sør-Norge. Analyser av langtidsserier viser at det har vært varme perioder også tidligere, som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene.

6.1 Sjøtemperatur fra direkte målinger

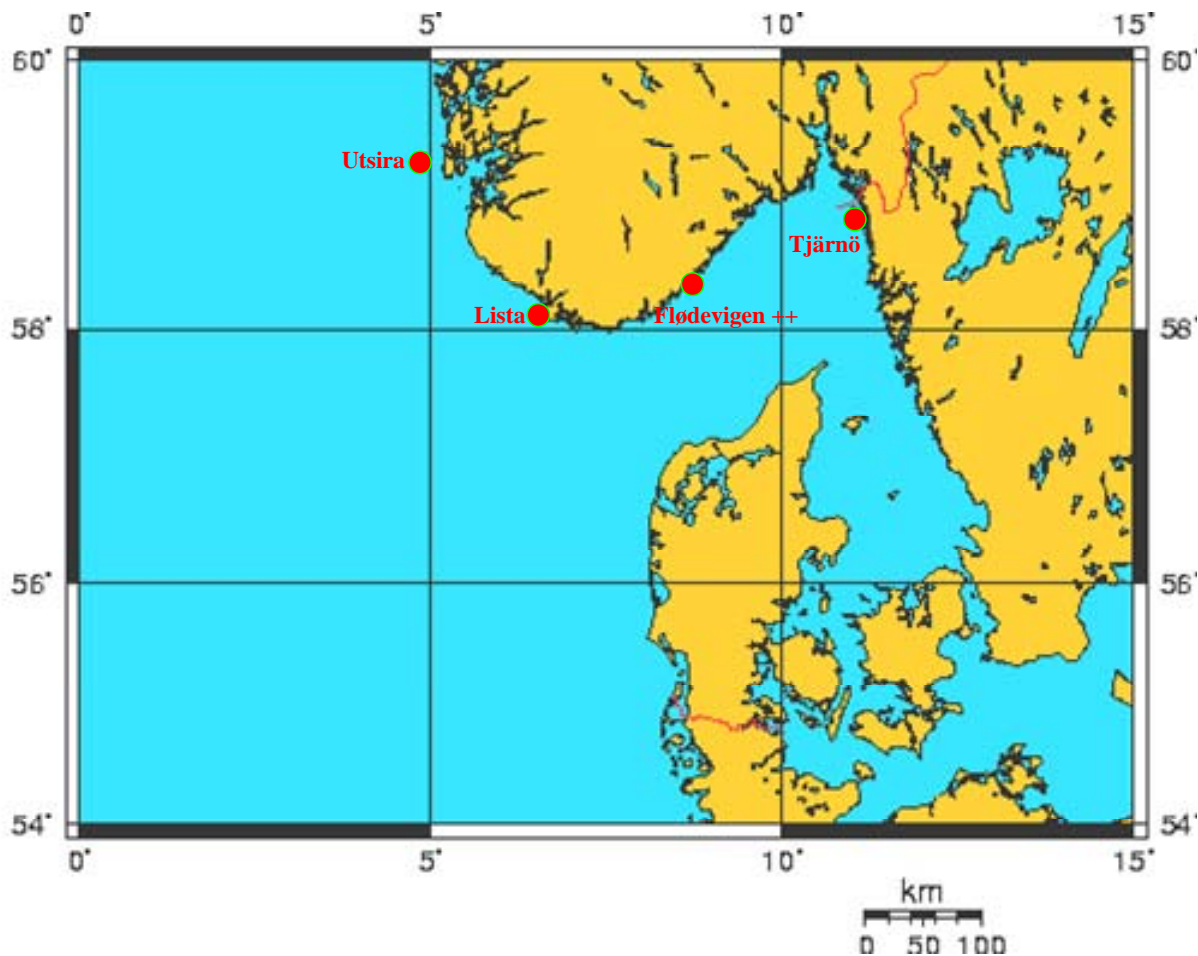
Henning Steen (HI)

Da sukkertare er en kaldvannsart som vokser best ved temperaturer fra 10 °C til 15 °C og er sårbar overfor høye temperaturer (jfr. kap. 1.2), er det blitt gjennomført en sammenstilling av sjøtemperaturdata fra fem temperaturmålestasjoner fra Svenskegrensen (Tjärnö) til Utsira (Tabell 6.1, Figur 6.1) for å undersøke om endringer i sjøtemperaturen samsvarer med reduksjonene i sukkertarebestandene i tid og rom.

En sammenstilling av tilgjengelige sjøtemperaturserier viser en økning av sjøtemperaturene i seneste 10-15 års periode langs hele dette kystavsnittet. Økningen i sjøtemperatur sammenfaller tidsmessig med tilbakegangen av sukkertare og kan ha vært en sannsynlig medvirkende årsak til bestandsreduksjonene på kyststrekningen.

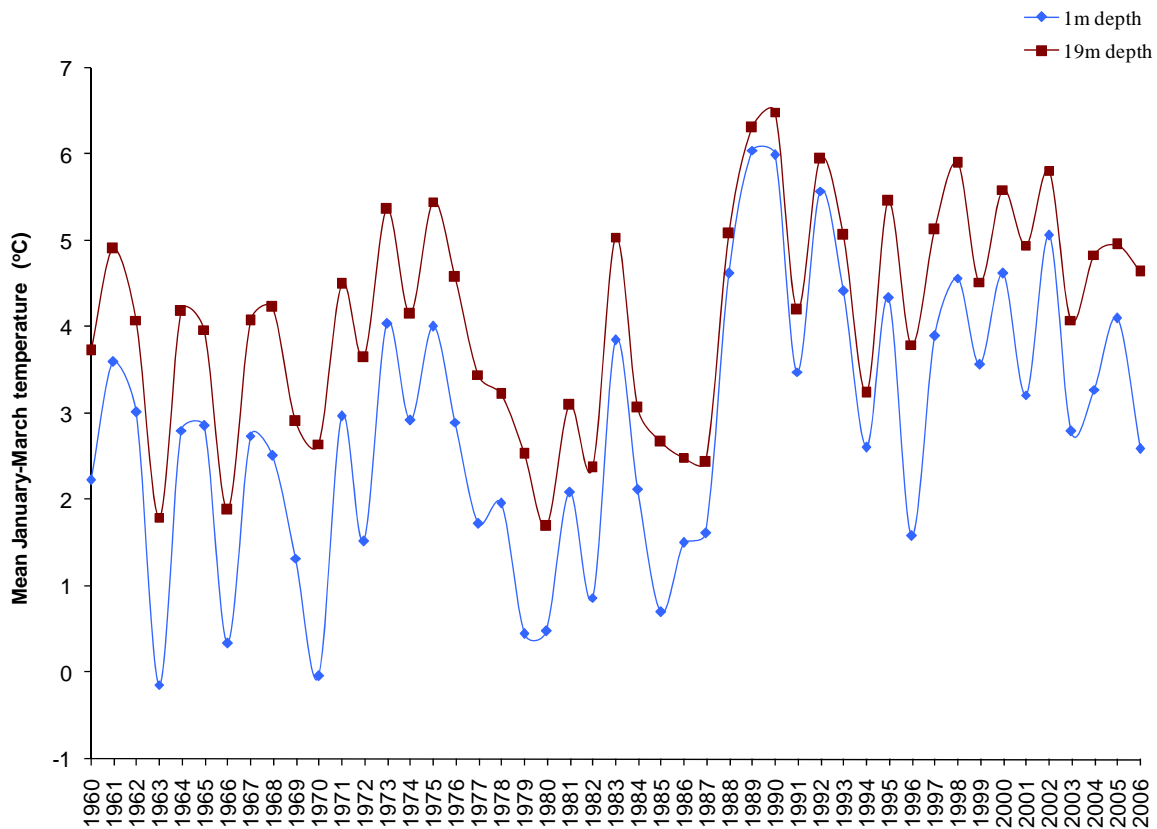
Tabell 6.1 Stasjoner med faste målinger av sjøtemperaturer på kyststrekningen Tjärnö (sør for Strömstad) – Utsira.

Stasjon	Tidsrom	Observasjonsfrekvens	Dyp (m)
Tjärnö (Bertils Brygga)	1980 - 2006	Daglig	1
Ærøydypet – Arendal 2	1980 - 2006	Månedlig	0, 5, 10, 20
Flødevigen	1960 - 2006	Daglig	0, 1, 19
Lista	1980 - 2006	3 – 4 ganger per måned	1, 10, 20
Utsira (Indre og Ytre)	1980 - 2006	2 – 3 ganger per måned	1, 10, 20



Figur 6.1. Kart over analyserte sjøtemperatur stasjoner

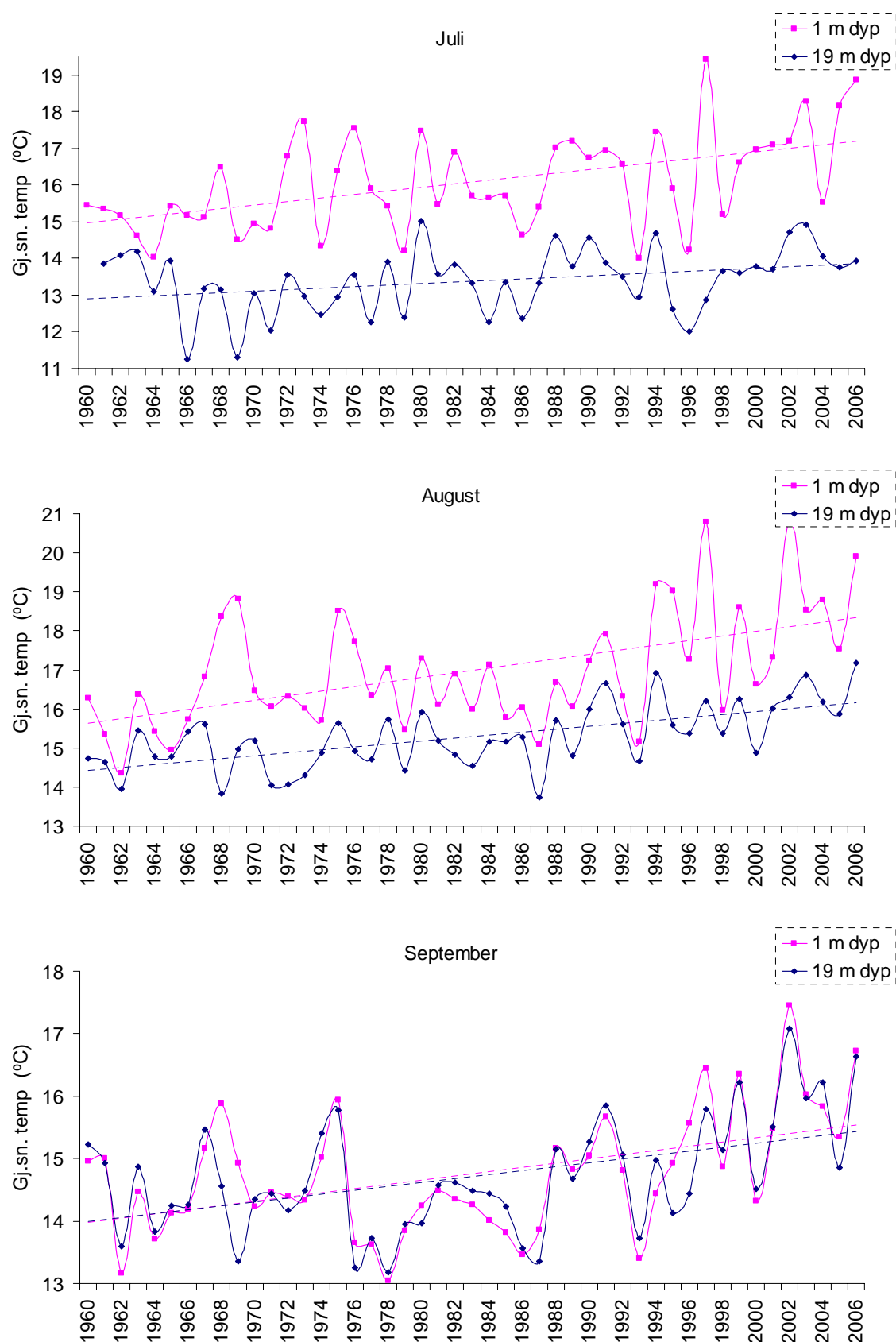
Sjøtemperaturen følger svingninger i klimaet, både som følge av mulig generell oppvarming og endringer i havstrømmer. De største sesongvariasjoner i sjøtemperaturer langs Norskekysten forekommer i Skagerrakområdet, der både de høyeste sommertemperaturene, og de laveste vintertemperaturene forekommer. Ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen har man daglige målinger av sjøtemperatur på 0, 1 og 19 m dyp siden 1960. I bølgebeskyttede områder i Skagerrak forekommer sukkertare sjelden dypere enn 20 meter, slik at temperaturregistreringene fra 1 og 19 meters dyp sammenfaller med henholdsvis øvre og nedre voksedyp for arten i denne regionen. Figur 6.2 viser utviklingen av årlig gjennomsnittstempertur for de tre kaldeste månedene i sjøen (januar - mars) på 1 og 19 meters dyp fra 1960-2006. Etter 1988 har vintertemperaturene med unntak av 1994 og 1996, gjennomgående vært et par grader høyere enn normalen for perioden 1960-87. En økning av vintertemperaturene vil ventelig ikke ha noen direkte negativ effekt på sukkertare, men kan ha en indirekte negativ effekt på arten ved å gi bedre overlevelse og vekstforhold for konkurrerende mer varmekjære arter.



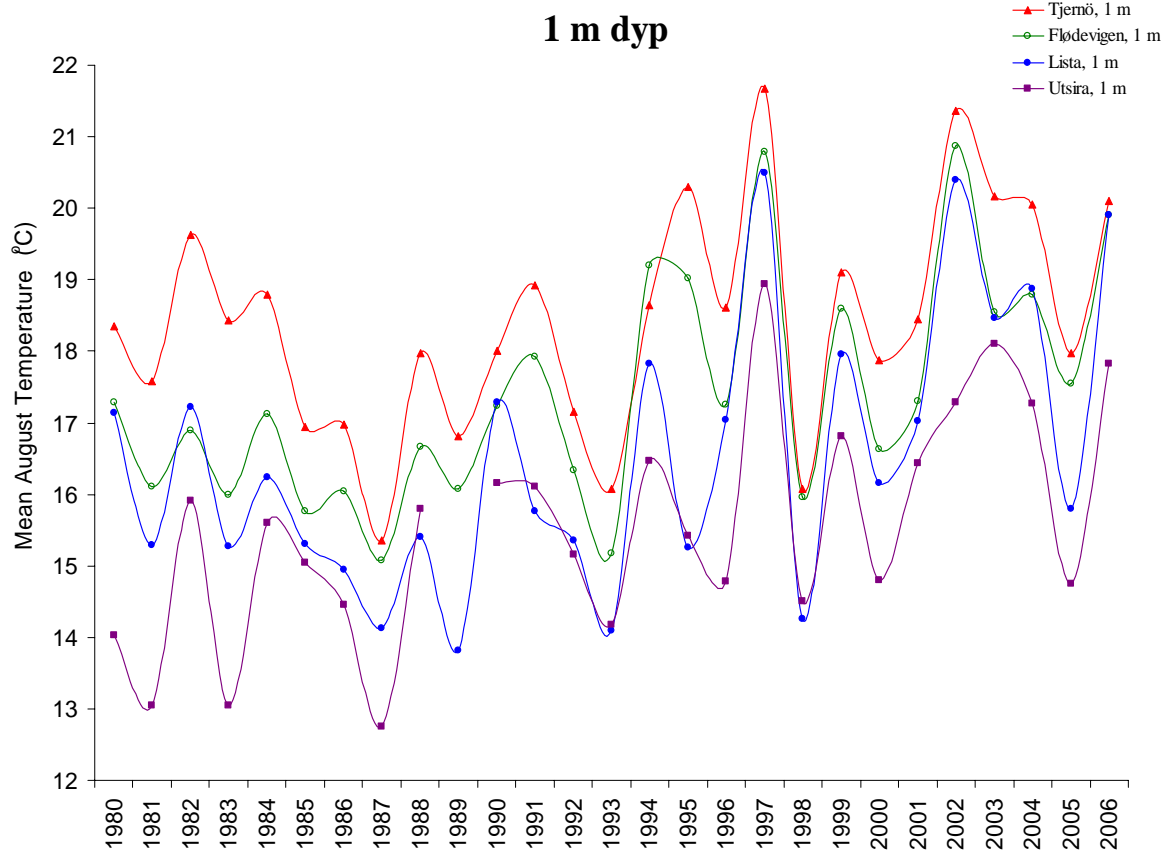
Figur 6.2 Årlig gjennomsnittlig vintertemperatur (januar-mars) for perioden 1960-2006 på 1 m og 19 m dyp målt ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen.

Den årlige gjennomsnittstemperaturen for de tre varmeste månedene (juli – september) i sjøen ved Flødevigen viser en økende trend i perioden 1960 – 2006 både på 1m og 19 m dyp for alle tre måneder (Figur 6.3). Effekten av temperatur på sukkertare er ikke bare avhengig av hvor høy temperaturen har vært, men også av hvor lenge algene blir utsatt for temperaturstress. Sukkertarens sørlige utbredelsesgrense sammenfaller med 19 °C isoterme for august (som er den varmeste måneden i sjøen på den nordlige halvkule), og i årene 1997, 2002 og 2006 ble det registrert temperaturer på 19 °C eller høyere på 1 m dyp i Flødevigen, i henholdsvis 58, 36 og 45 dager. Siden 1997 har gjennomsnittstemperaturen på 1 og 19 m dyp for både august og september, i de fleste år, vært høyere enn det som er optimalt for vekst av sukkertare. Langtidseksponering for sub-letale temperaturer vil kunne svekke algens reproduksjonsevne, konkurransegenskaper og øke sårbarheten overfor andre miljøpåvirkninger.

En geografisk sammenligning viser at sommertemperaturene i sjøen avtar fra øst (Tjärnö) mot vest (Utsira), men viser en økende trend i perioden 1980-2006 for alle stasjoner (Figur 6.4). I de varme somrene i 1997, 2002 og 2006 var gjennomsnittstemperaturen for august høyere enn 19 °C på målstasjonene på kyststrekningen Tjärnö – Lista, mens den var noe lavere på Utsira. Selv om sukkertaren på Vestlandet neppe vil bli eksponert for like høye temperaturer som sukkertaren i Skagerrak så kan det være grunn til å tro at Vestlandspopulasjonene er mer følsomme for høye temperaturer, enn populasjoner i Skagerrak, som trolig er mer adaptert til høye sommertemperaturer. En slik økotypedifferensiering mhp temperaturtoleranse hos sukkertare mellom de to regionene er foreløpig ikke vitenskapelig undersøkt, men vil bli testet ut gjennom transplantasjonsforsøk i et NFR finansiert forskningsprosjekt (SACCHARINA).



Figur 6.3 Gjennomsnittlig sjøtemperatur for juli (øvre panel), august (midtre panel), september (nedre panel) for perioden 1960-2006 på 1 m og 19 m dyp målt ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen.



Figur 6.4 Gjennomsnittlig sjøtemperatur for august i perioden 1980-2006 på 1 m dyp ved målestasjonene på Tjernø (rød serie), Flødevigen (grønn serie), Lista (blå serie) og Utsira (fiolett serie).

6.2 Havoverflatetemperatur målt fra satellitt

Lasse H. Pettersson (Nansen senter for miljø og fjernmåling, Bergen)

Havoverflatetemperatur målinger fra AVHRR satellittdata for Skagerrak, Kattegat og Tyskebukta for perioden 2002 til 2004.

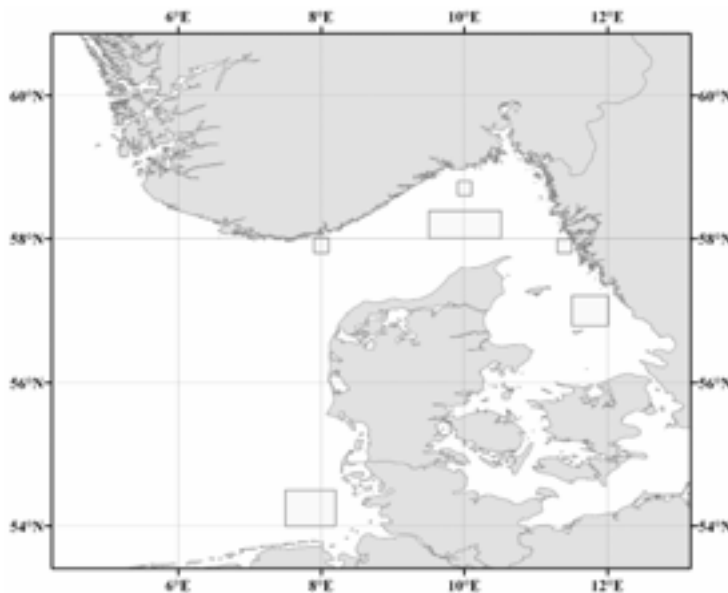
På oppdrag fra SFT er satellittdata gjort tilgjengelig og analysert for bruk i studier av variasjoner i utbredelse av sukkertareskogen i langs Sørlandskysten i Fase I av Sukkertareprosjektet. I Fase 2 ble disse data ikke prioritert videre, men en tidsserie av månedsmiddel av SST fra 1985 til 2004 har blitt beregnet, se figur 6.7.

Havoverflatetemperatur (SST – Sea Surface Temperature) data fra de meteorologiske NOAA satellittene sine AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensorer er utvalgt og analysert for perioden 1. januar 2002 til 31. desember 2004. Dataene er hentet fra de amerikanske re-analyserte Pathfinder (versjon 5.0) data settet (<http://pathfinder.nodc.noaa.gov>). Dataene er prosessert med kalibreringskoeffisienter fra 2001, noe som medfører at dataene er klassifisert som ”interim”, men er av de bedre SST dataene som p.t. er tilgjengelig fra satellitt. Nøyaktigheten til de daglige målingene er gitt til 0.3-0.5°C og dataene er tilgjengelig med en romlig oppløsning på 4 kilometer. Tilsvarende data er tilgjengelig for hele perioden 1985 til d.d.

Utvalgte data er i dette forprosjektet er månedsmiddelverdier av SST, men dataene er også tilgjengelig som daglige verdier og 8-dagers midler. Analyse av disse datasettene vil være nyttig for å kunne identifisere eventuelle ekstremhendelser i temperaturvariasjoner i løpet av månedsperiodene. De månedlige dataene er blitt midlet for tre utvalgte "åpne" havområder - Skagerrak, Kattegat og Tyskebukta, samt for tre "mindre" kystnære områder - Bohuslän, Nevlunghavn og Kristiansand - som oppsummert i Tabell 6.2 og Figur 6.5.

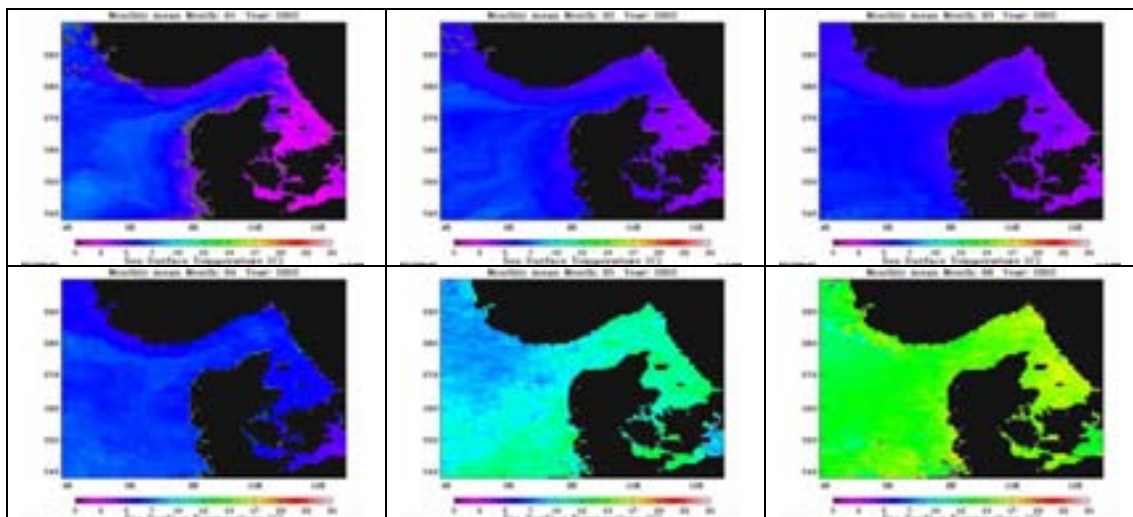
Tabell 6.2 Geografiske koordinater for de utvalgte hav- og kystområder som er analysert.

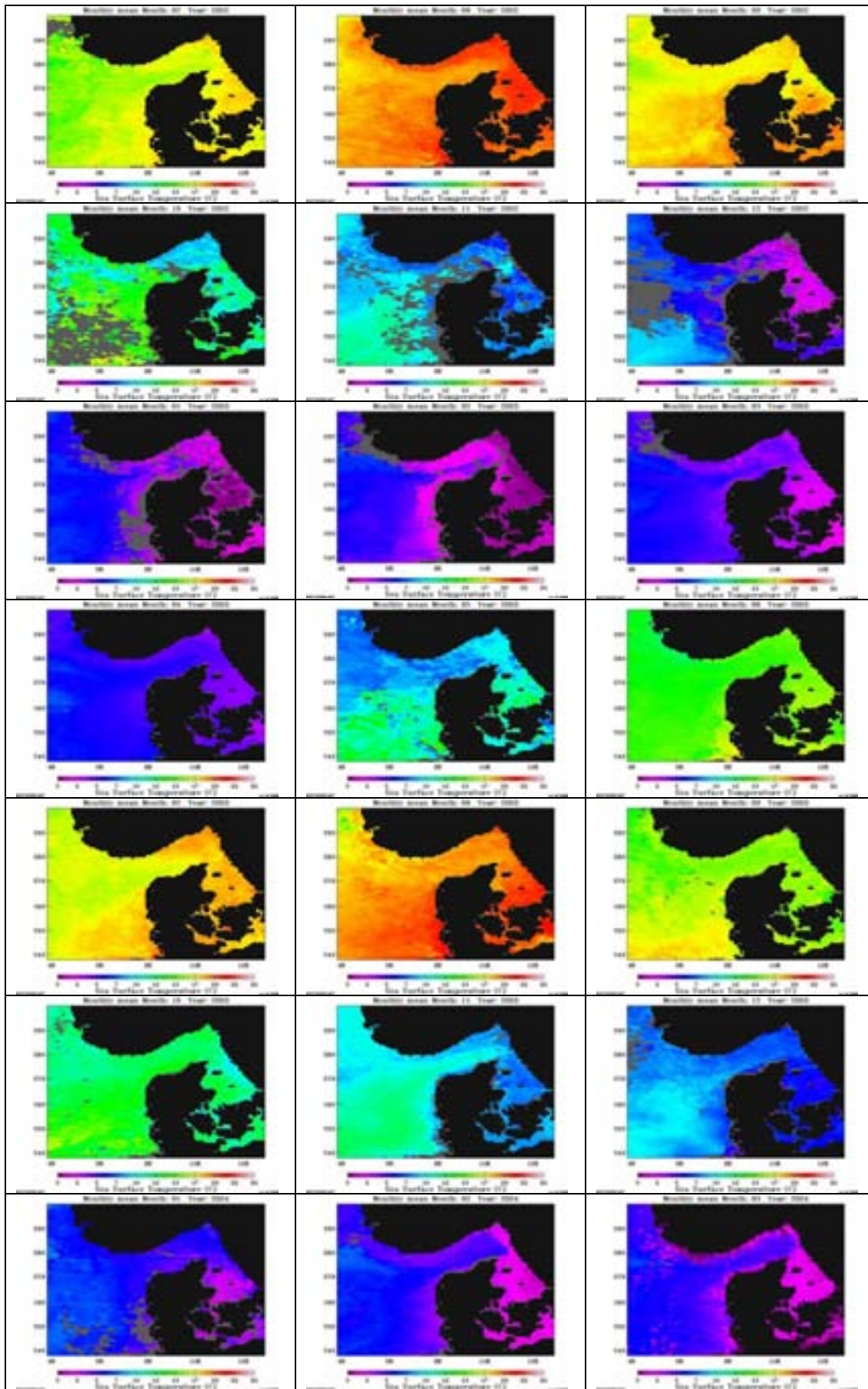
	Breddegrad		Lengdegrad	
Skagerrak	58,4°N	58,0°N	09,5°E	10,5°E
Kattegat	57,2°N	56,8°N	11,5°E	12,0°E
Tyskebukta	54,5°N	54,0°N	7,5°E	8,2°E
Bohuslän	58,0°N	57,8°N	11,3°E	11,5°E
Nevlunghavn	58,8°N	58,6°N	9,9°E	10,10°E
Kristiansand	57,8°N	58,0°N	7,9°E	8,1°E

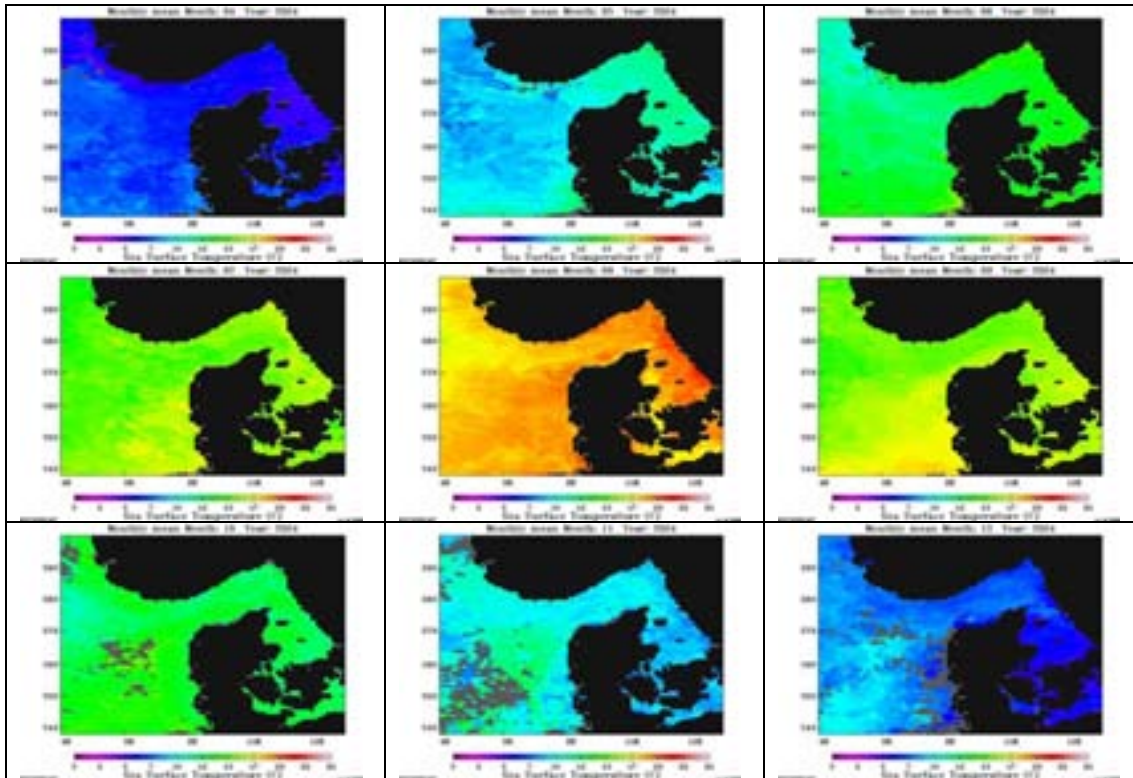


Figur 6.5 Kartoversikt med de utvalgte kyst- og havområder for analyse av månedsmidlet havoverflatetemperaturer i Skagerrak, Kattegat og Tyskebukt områdene.

Månedsmidlet temperaturkart for østlige deler av Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat er presentert for hele observasjonsperioden fra 2002 til 2004 i Figur 6.6 (figurer nedenfor).

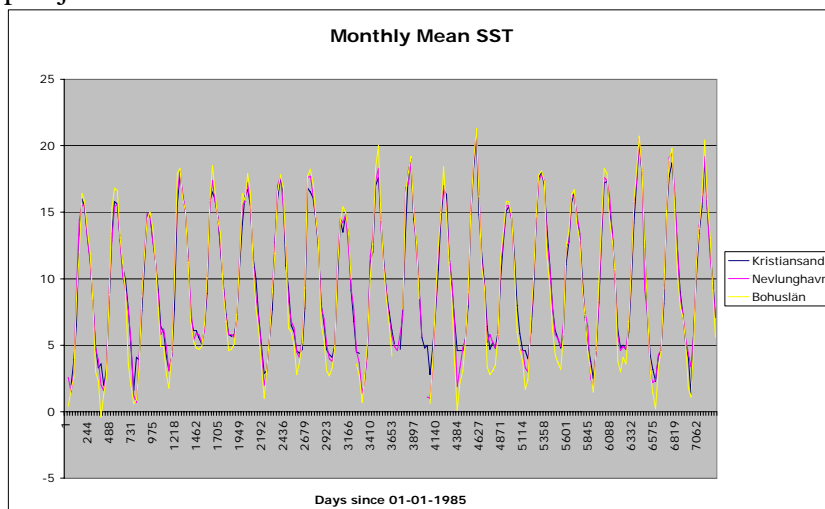




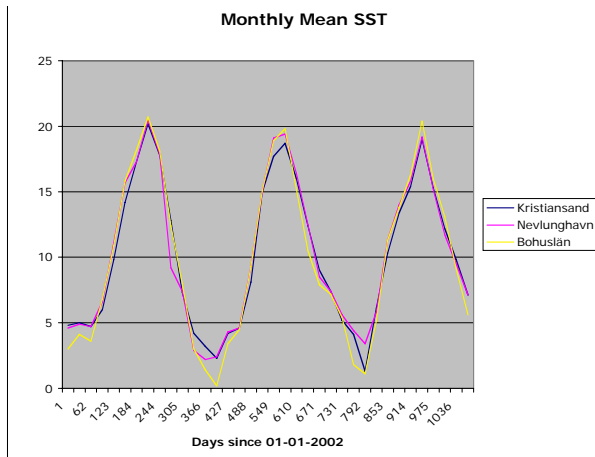


Figur 6.6 Månedsmidlet havoverflatetemperaturer basert på AVHRR satellitt data for perioden januar 2002 til desember 2004.

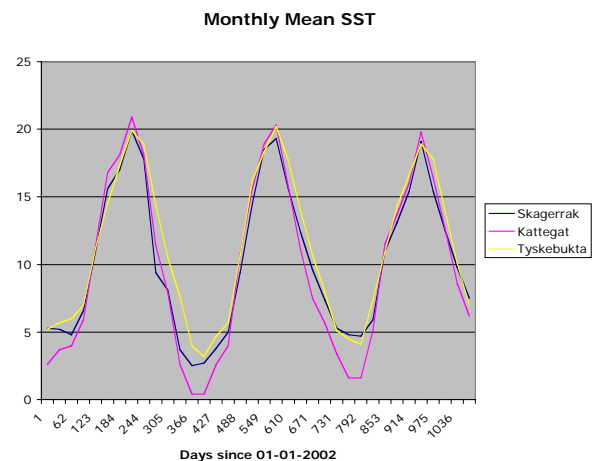
Månedsmiddeler av havoverflatetemperatur er utvalgt, midlet og presentert for hvert av de seks utvalgte hav- og kystområdene for perioden januar 2002 til desember 2004 (Figur 6.8 og 6.9). I fase 2 er også en tidsserie for månedsmiddel av havoverflate-temperaturer for Bohuslän, Nevlunghavn og Kristiansand i perioden Januar 1985 til Desember 2004 blitt beregnet (Figur 6.7). Til sammenlikning (med figur 6.9) er også 8-dagers middeler verdier for de "åpne" havområdene plottet i figur 6.10. I figurene ser en klart at månedsmidlene jevner ut eventuelle kortvarige ekstremhendelser i havoverflatetemperatur, samt at periodene med ikke-eksisterende data øker noe. Både daglige og 8 dagers middeler verdier bør derfor analyseres nærmere for å identifisere eventuelle ekstremhendelser som kan ha hatt betydning for sukkertareskogen (dette ble ikke prioritert i fase 2). Månedsmiddeler verdier er også tilgjengelig i Excel regneark for videre analyser sammen med andre relevante data i Sukkertareskog prosjektet for SFT.



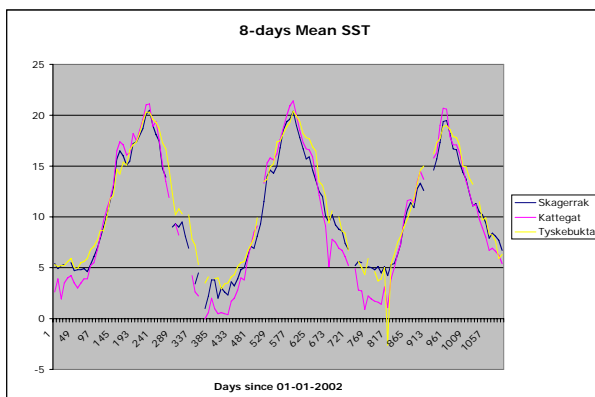
Figur 6.7 Månedsmidlet havoverflatetemperaturer for de tre kystnære områdene utenfor Bohuslän, Nevlunghavn og Kristiansand (se Figur 6.5) for perioden januar 1985 til desember 2004.



Figur 6.8 Månedsmidlet havoverflate-temperaturer for de tre kystnære områdene utenfor Bohuslän, Nevlunghavn og Kristiansand (se Figur 6.5) for perioden januar 2002 til desember 2004.



Figur 6.9 Månedsmidlet havoverflate-temperaturer for de tre havområdene i Skagerrak, Kattegat og Tyskebukta (se Figur 6.5) for perioden januar 2002 til desember 2004.

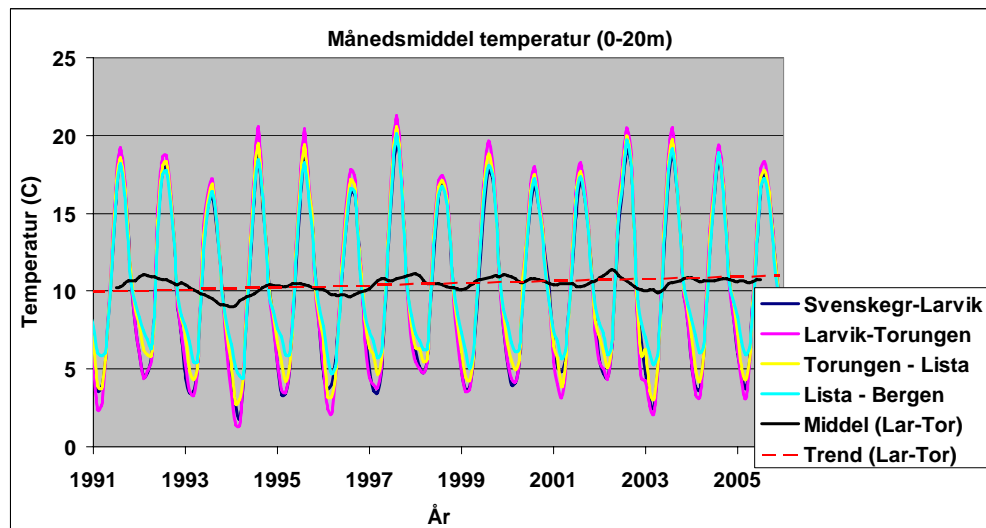


Figur 6.10 Åtte dagers middel av havoverflatetemperaturer for de tre havområdene i Skagerrak, Kattegat og Tyskebukta (se Figur 6.5) for perioden januar 2002 til desember 2004.

6.3 Sjøtemperatur fra hindcastsimulering med havmodell

Knut A. Iden, Bruce Hackett & Knut Harstveit (met.no)

Havmodellen som er brukt for å undersøke endringer i havsirkulasjonen i kapittel 8, beregner også vanntemperatur i alle modellens gitterpunkter og dybdenivåer. Temperaturendringer i det simulerte havet forårsakes av endringer i varmefluksen fra atmosfæren samt strøm og blandingsprosesser (adveksjon og diffusjon). Modellens temperatur gir et godt uttrykk for effekten av varmefluksen fra atmosfæren *innenfor* modellområdet (se figur 6.11), men tar ikke med endringer som føres inn i området fra de omkringliggende hav.



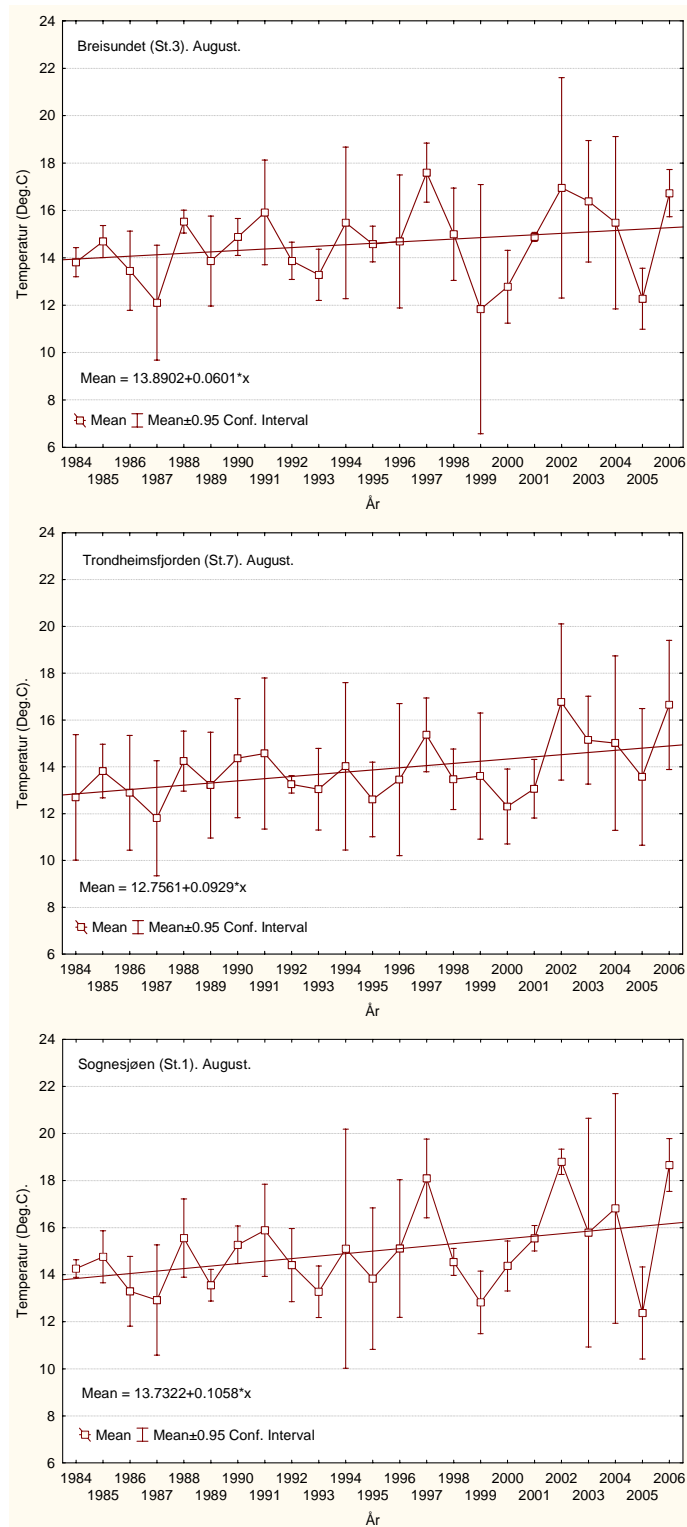
Figur 6.11: Tidsserier av midlere sjøtemperatur langs kysten av sydnorge fra en hindcast simulering med met.no's havsirkulasjonsmodell (jfr. Kap. 8). Kurvene er månedsmidler av vanntemperatur midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m. Også vist er 12-måneders glidende middel for strekningen Larvik – Torungen (svart heltrukket linje) og en lineær trend linje (rød stiplet linje) for samme strekning.

Figur 6.11 viser at:

- Maksimumstemperaturen kommer alltid i august langs hele kyststrekningen (Svenskegrense – Bergen).
- Minimumstemperaturen kommer i februar-mars for Svenskegrense – Lista gjennom 1990-tallet, mens minimumet for Lista – Bergen kom i april i 1992, 1994 og 1995. Det er en tendens for at minimumet inntreffer noe senere på 2000-tallet; siden 2000 har minimumet i strekningen Larvik - Bergen alltid kommet i mars.
- De høyeste temperaturer i seriene kom i 1997, med månedsmiddelverdier over 20°C for hele strekningen Larvik – Bergen. Dette maksimumet ble etterfulgt av en relativt varm vinter.
- De laveste temperaturer i seriene kom i 1994 med månedsmiddelverdier under 3°C for hele strekningen Svenskegrense – Lista.
- Strekningen Larvik – Torungen viser de høyeste sommertemperaturene og vanligvis den laveste vintertemperaturen.
- Temperaturen av vannet som strømmer ut av Østersjøen er satt automatisk til samme verdi som vannet like innenfor modellens rand, dvs. beregnet av modellen fra atmosfæriske varmekulser. Dette vil sannsynligvis underestimere temperaturen om sommeren.
- Middeltemperaturen for Larvik – Torungen oversteg 20°C i 1994, 1995, 1997, 2002 og 2003.
- Perioden 1994 – 1997 preges av relativt store sesongsvingninger, mens perioden 1998 – 2001 preges av mindre svingninger.
- Trendlinjen for Larvik – Torungen viser en økning på ca. 1°C over 15-års perioden. Årsmidling viser et lokalt minimum i 1994 og at temperaturen har stabilisert på et noe høyere nivå fra 1997.

6.4 Havoverflatetemperatur fra Hurtigrutens termografstasjoner på Vestlandet i perioden 1936 til 2006.

Kai Sørensen (NIVA)

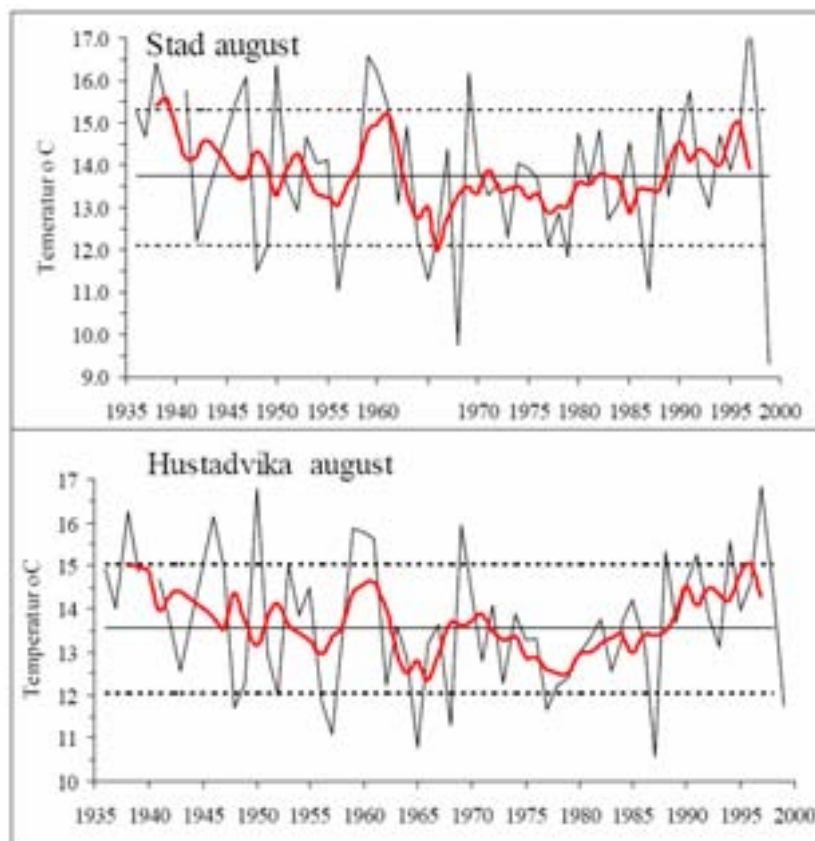


Temperaturdata har blitt gjort tilgjengelig fra Havforskningsinstituttets termografjeneste på Hurtigruten MS Vesterålen (Aure og Strand, 2001). Data for august måned fra 3 stasjoner på Vestlandet er sammenstilt for perioden 1984 til 2006 (Figur 6.12). Data for disse stasjonene finnes tilbake til 1936 når Havforskningsinstituttet, ved Dr. Jens Eggvin startet målingene. Målingene er foretatt på fartøyets vanninntak på 4-5 m dyp, og målefrekvenser er 3-4 målinger per måned. Aure og Strand oppgir nøyaktigheten på målingene til 0,05 og eventuelle avvik i absolutt-temperaturen.

Utviklingen over denne 20 års-perioden fra 1984 til 2006 viser en økning i overflatetemperaturen for august måned på ca 2 grader (Figur 6.12). Ekstremårene 1997, 2002 og 2006 kommer klart frem av dataene. Spesielt for Sognesjøen er variasjonene i august for disse ekstremårene betydelige lavere enn for øvrige år som indikerer en lengre periode med høye temperaturer. Gjennomsnittlig temperatur ved Sognesjøen for denne måneden er 18-18,5 C, for Breisundet 17-18 C og Rissa i Trondheimsfjorden 15-16,5 C.

Figur 6.12 Månedsmiddel i havoverflatetemperatur for august i perioden 1984-2006 for Sognesjøen (N60°58.8, E04°45.9, øvre panel), Breisundet (N62°27.5, E06°02.1, midtre panel) og Rissa i Trondheimsfjorden (N63°34.1, E09°50.8, nedre panel).

I Aure og Strand (2001) er temperatordata sammenstilt for et utvalg av disse termografstasjonene for perioden 1936 - 2000. For 2 stasjoner som ligger i det samme området som de 3 ovenfor (Stad N62°12.0, E05°05.2 og Hustadvika N63°00.7, E07°03.0) så hadde man rundt 1975-1980 en periode med lave sjøtemperaturer (Figur 6.13). Det hadde da vært en nedadgående tendens siden 30 tallet, hvor man også hadde hatt flere år med høye augusttemperaturer med temperatur over 16 °C både på Stad og Hustadvika. Selv om det er en tendens til økning i de siste 20 årene så finner man episoder med høye sommertemperaturer også i 1930 og 1950 årene.



Figur 6.13 Havoverflatetemperatur fra 2 termografstasjoner på Vestlandet i perioden 1935-2000 (Kilde: Aure og Strand, 2001)

7. Marin vannkvalitet

Jan Magnusson og Kai Sørensen (NIVA)

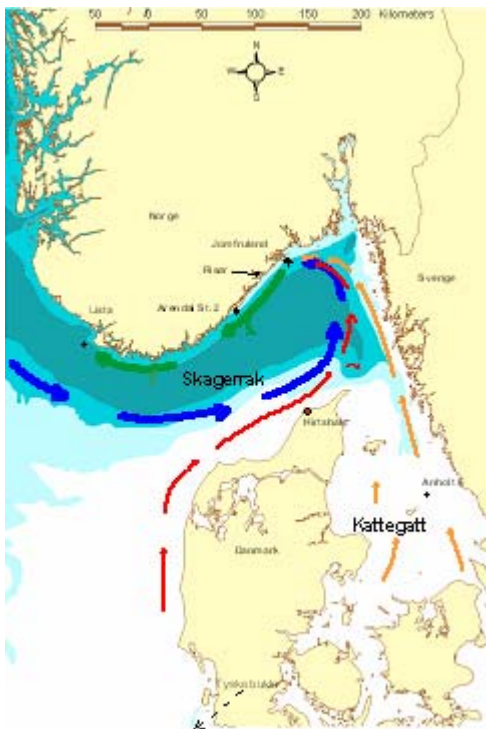
Eutrofiering og nedslamming av sukkertarens vekstmiljø er mulige årsaker til sukkertarens bortfall og følgelig kan endringer i den marine vannkvaliteten være en direkte eller medvirkende årsak til sukkertarens tilbakegang på kysten av Sør-Norge. Analysene viser økt partikkelkonsentrasjon i kystvannet og en periode med høye næringsalter rundt 1995.

Innledning

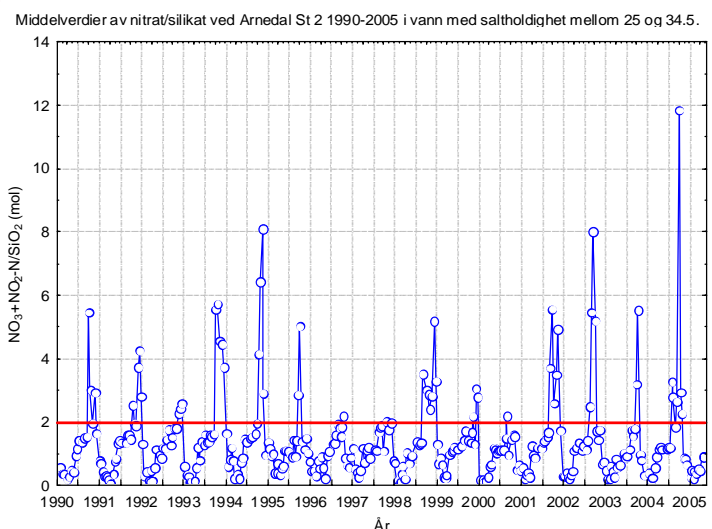
Analysene av observasjoner fra Kystovervåkingsprogrammet er presentert i flere SFT-rapporter (for eksempel Moy (Ed), 2002; Moy et al., 2004). Denne analysen presenterer i hovedsak observasjoner fra Jomfruland og Arendal mai 1990 til desember 2005. Gjennomgående er det 2 observasjoner pr. måned i februar til november, samt en observasjon i desember og januar måned. Imidlertid foreligger avvik fra dette skjemat enkelte år og enkelte måneder.

Analysene viser midlere variasjon gjennom året for de ulike parametere, samt årstidsvariasjonen i perioden 1990-2004. I tillegg til Kystovervåkingsdata (1990-2005) er det i analysen av marin vannkvalitet inkludert observasjonsserier fra Tyskebukta (Helgoland) og Kattegat (Anholt), samt observasjoner av partikler fra satellitt og Ferrybox-systemer.

Vår kyststrøm i Skagerrak er påvirket av tilførsler fra Nordsjøen, Østersjøen og avrenning fra land (Figur 7.1). Spesielt har vann fra sydlige del av Nordsjøen (Tyskebukta) betydning for næringssaltnivået i kystvannet og tidvis, som i 1994-5, 2002-3 og 2005, måles det stor tilførsel av nitrat (Figur 7.2). Dette har spesielt stor betydning i vårsesongen.



Figur 7.1
Innstrømming til Skagerrak: $0.5-1 \cdot 10^6$ (m³/s).
Gjennomstrømingstid: ca. 100 dager

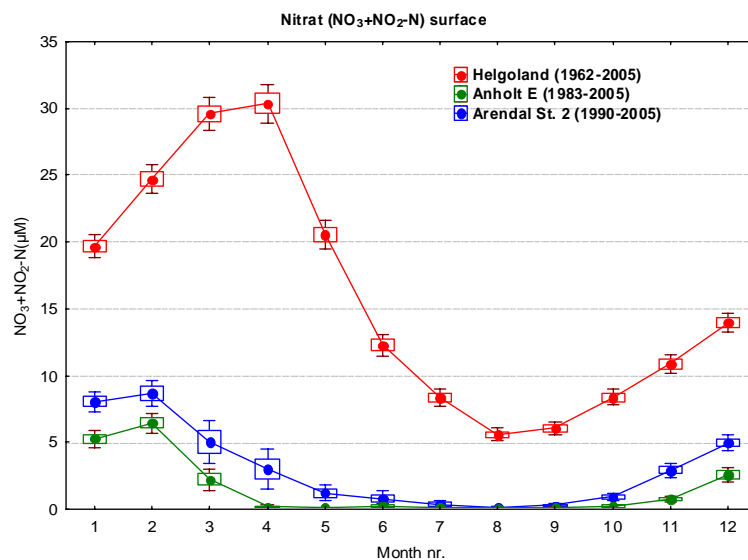


Figur 7.2
Forholdstall nitrat/silikat > 2 indikerer pulser med vann fra Tyskebukta.

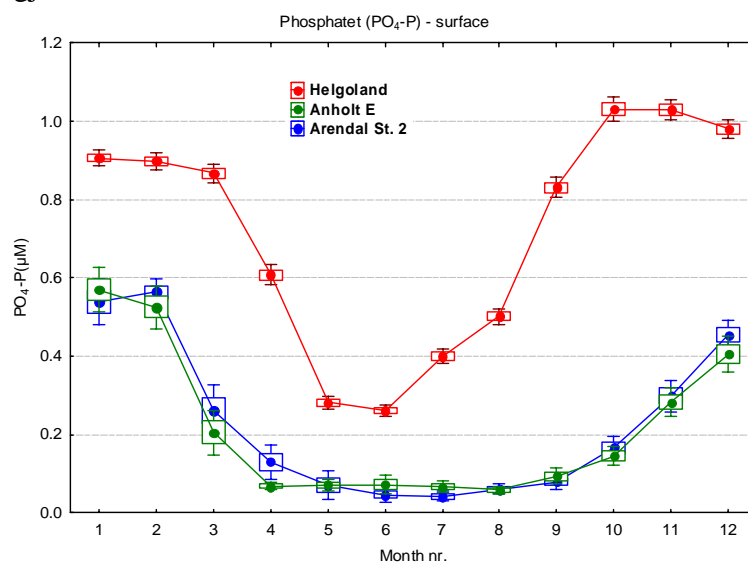
7.1 Stedsgradienter

Analyse av data fra Helgoland (Tyskebukta), Anholt (Kattegat) og Arendal st 2 (Kyststrømmen) viser at det er klart større konsentrasjoner av nitrat og fosfat i Tyskebukta enn i Kattegat og i den norske Kyststrømmen (Figur 7.3-4). Det er mindre forskjell i nitratkonsentrasjonen mellom Kattegat og Kyststrømmen, men det er likevel markert høyere konsentrasjoner i vår kyststrøm vinter, vår og høst. Det kan ha sammenheng med tilførsler fra sydlige Nordsjøen. Med hensyn til fosfat var det liten eller ingen forskjell mellom konsentrasjoner målt ved Anholt og ved Arendal.

Også for Tot-P og Tot-N er årsvariasjonen nokså lik i Kattegat og i Kyststrømmen (tot-P og tot-N måles ikke ved Helgoland) og konsentrasjoner er markert høyere i vår kyststrøm i april (tot-N) og mai-juni (tot-N og tot-P) (figurer i annex 7). N/P-forholdet har følgelig også nokså lik årsrytme, men klart høyere N/P-forhold i Kyststrømmen i mai-juni og september-november (figur i annex 7). Forholdet mellom næringssalter kan ha betydning for algevegetasjonen. For planktonalger fører et skjevt forhold til økt fare for oppvekst av giftige alger.



Figur 7.3 Månedsgjennomsnitt av nitrat+nitritt i overflatevannet.



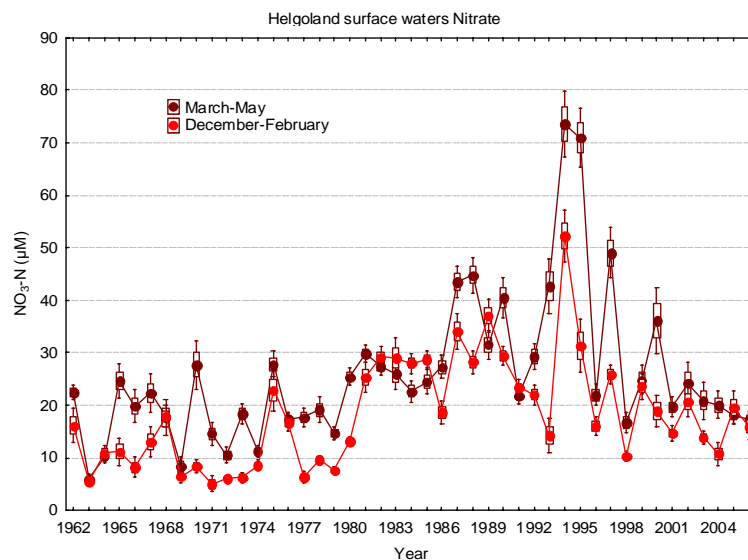
Figur 7.4 Månedsgjennomsnitt av fosfat i overflatevann.

7.2 Tidsgradient

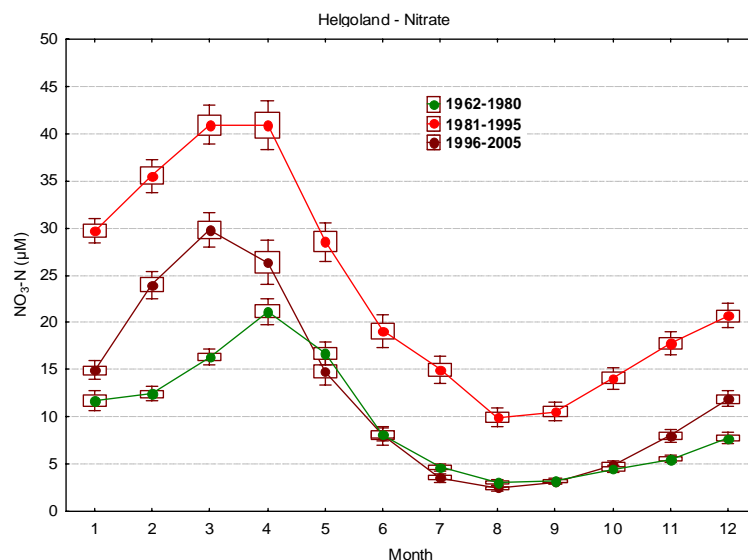
Tyskebukta

Tidsutviklingen for konsentrasjonen av nitrat (vinter/vår) i overflatevannet ved Helgoland viser en 4-dobling fra 1962 til 1995 (Figur 7.5). Rundt 1980 stabiliserer konsentrasjonen på et høyere nivå (opp mot 30 μM) enn tidligere og øker til over 40 μM i 1987-8 og 1990. Toppen nåes i flomårene 1994-5 (over 70 μM). Etter 1995 har konsentrasjonen av nitrat avtatt betydelig og er i 2004-5 omtrent tilbake på 1980-nivå (Figur 7.6). I den siste perioden ble det målt spesielt høye vinterkonsentrasjoner i 1997 og 2000. Nitrat/fosfat-forholdet økte frem til 1997 og har deretter avtatt til nivåer lik de i 1962-1980, unntatt vinteren 2001 som var høy.

Om det antas konstante vanntransporter fra Tyskebukta og inn i Skagerrak, har nitrogenbidraget til vår kyststrøm avtatt betydelig i perioden 1996-2005, etter en markert økning i perioden 1981-95, men årstransporten er fortsatt større enn i perioden 1962-80. Den kraftige økningen fra 1980 fram til 1995 kan ha betydning for konkurransen mellom makroalger på hardbunn og være medvirkende årsak til skifte i vegetasjon.



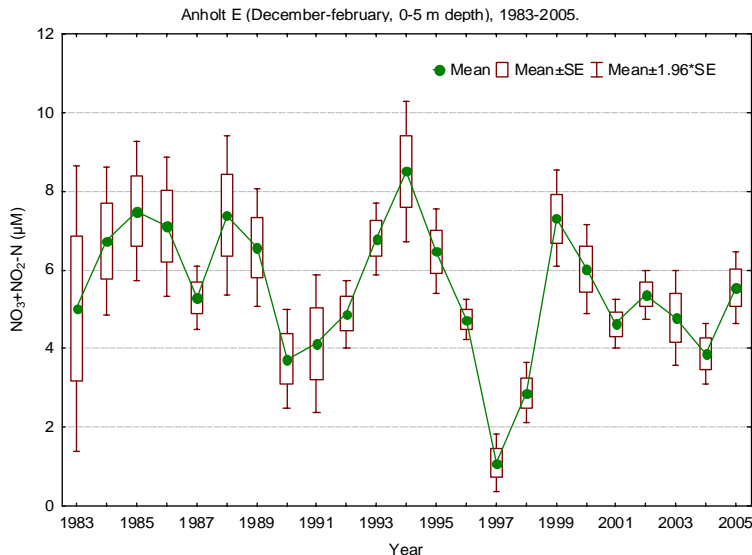
Figur 7.5 Nitratkonsentrasjoner i overflatevann vinter og vår ved Helgoland 1962-2005



Figur 7.6 Månedsverdier av nitrat i overflatevann ved Helgoland i periodene 1962-80, 1981-95 og 1996-2005.

Kattegat

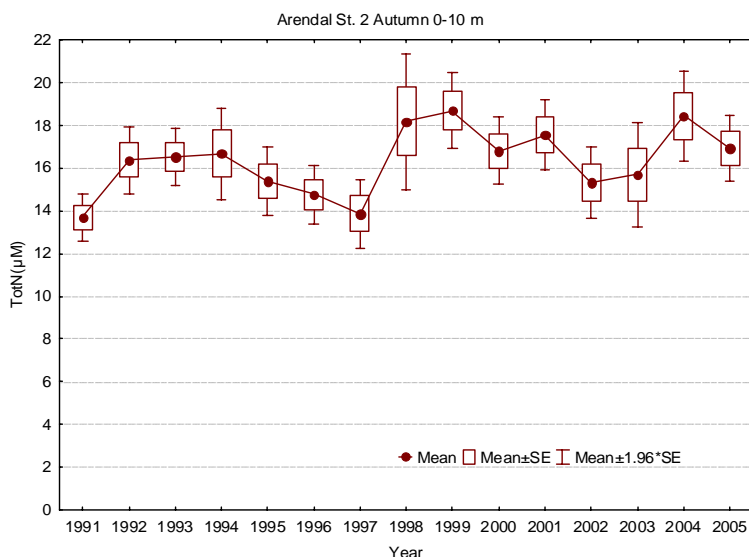
Tilførselen av vann fra Kattegat til vår kyststrøm er betydelig mindre enn fra sydlige Nordsjøen, men gir like fullt et betydelig bidrag. Vannkvaliteten i Kattegat er målt på overvåkingsstasjon øst av øya Anholt. Dataserien fra 1983 til 2005 viser ingen tydelig trend for nitrat, men 1996 var et år med klart lavere konsentrasjoner som også reflekterer seg i vinterverdiene for 1997 i figur 7.7. Fosfor viste avtakende konsentrasjoner (Figur i annex 7). N/P vinterstid viser ingen trend i materialet, men forholdstallet er mindre enn Redfield-forholdet.



Figur 7.7 Tidsgradient for konsentrasjonen av nitrat målt ved Anholt i Kattegat

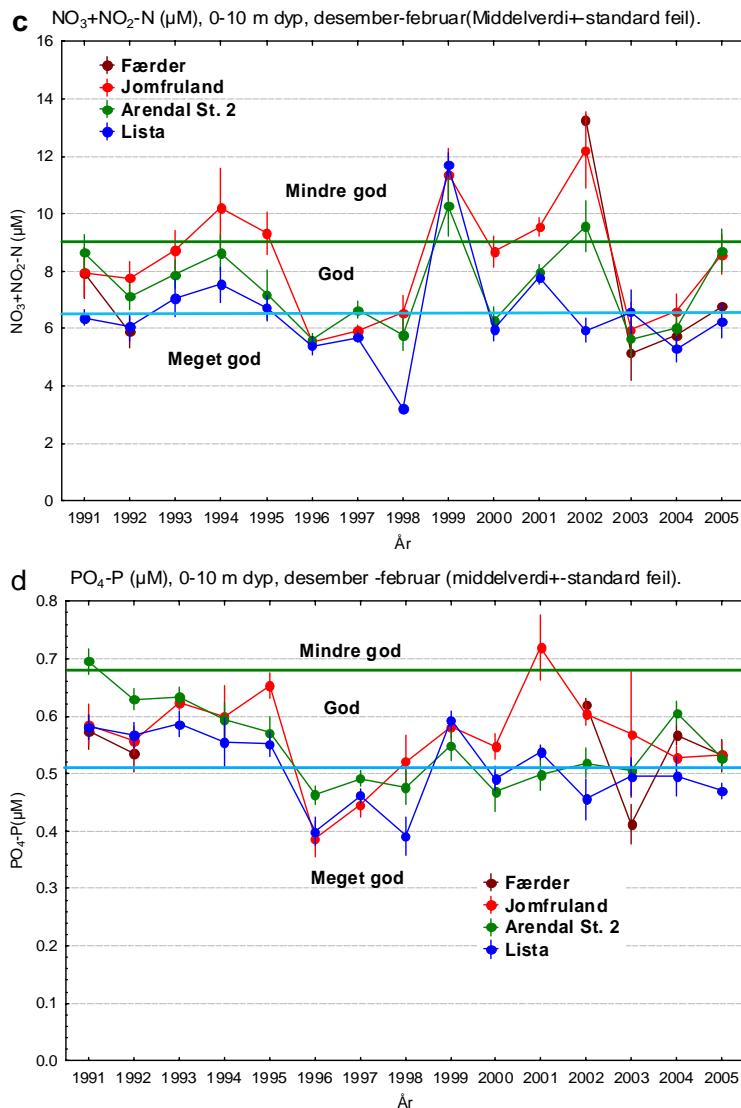
Kyststrømmen

Kystovervåkingsprogrammet har siden 1990 overvåket vannkvalitet i Kyststrømmen langs kysten av Sør-Norge med stasjoner ved Færder, Jomfruland, Arendal, Lista og Utsira. Som vist innledningsvis er kvaliteten i kystvannet bestemt av både lokale og langtransporterte tilførsler.



Figur 7.8 Total-nitrogen (Tot-N) målt i kystvannet (0-10m dyp) utenfor Arendal om høsten (Kystovervåkingsdata).

Analysen av overvåkingsdataene viser en økning i konsentrasjonen av nitrogen i kystvannet målt utenfor Arendal (illustrert ved høstkonsentrasjoner av total-nitrogen i Figur 7.8). Spesielt i årene 1998-2001 og 2004-2005 ble det målt høye konsentrasjoner. Tot-N er både løste salter og nitrogen bundet i plankton og partikler. Økningen i siste periode (etter 1996) synes ikke å harmonere med reduserte kontinentale elvetilførsler. Det kan reflektere økt vanntransport fra sydlige Nordsjøen og/eller økte lokale bidrag.



Figur 7.9 Vinterkonsentrasjoner av nitrat+nitritt (figur c) og fosfat (figur d) i kystvannet (0-10m dyp) (Kystovervåkingsdata). SFTs grenser for miljøtilstand er markert (SFT 1997).

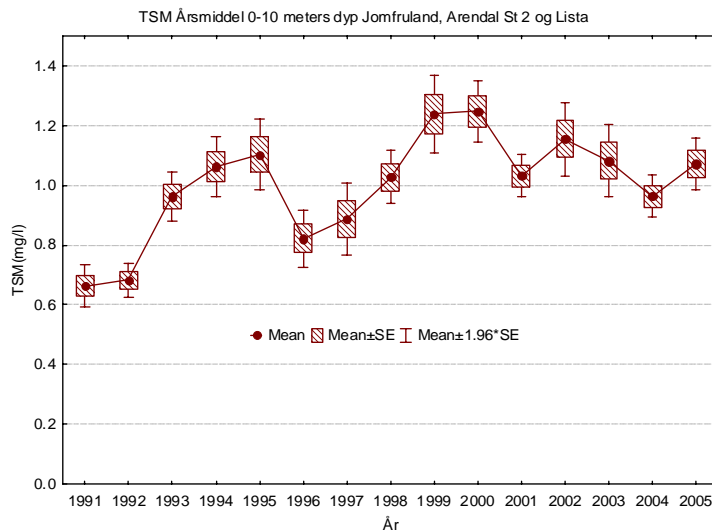
7.3 Partikler i kystvannet

Grumsete vann og nedslamming av sjøbunnen har vært fokusert i forbindelse med bortfall av sukkertare. Kystovervåkingsprogrammet måler partikler både som totalt suspendert materiale (TSM) og som partikulært bundet karbon, nitrogen og fosfor (hhv. POC, PON, POP). Utviklingen over tidsperioden 1991-2005 vises i utvalgte figurer nedenfor. Flere figurer er vist i annex 7. Statusrapport nr 2 fra sukkertareprosjektet viste at det var spor av kontinentale mineraler i bunnslamprøver fra Sørlandskysten, men at lokale leirmineraler dominerte.

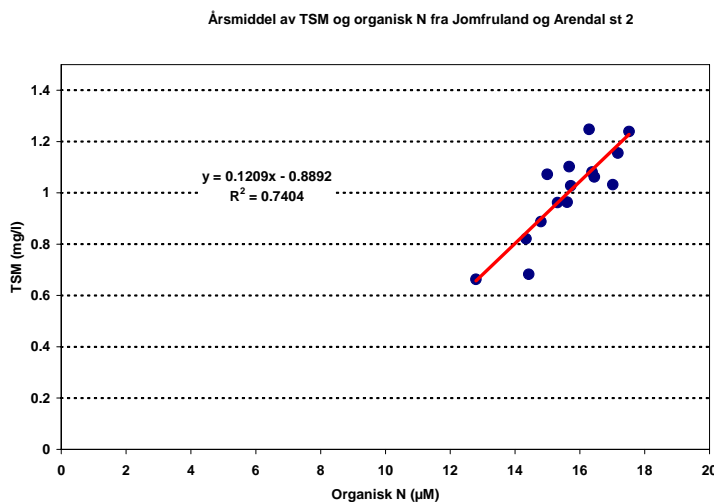
Konsentrasjonen av nitrat i kystvannet vinterstid utenfor Arendal (Figur 7.9) viser store årsvariasjoner og ingen nedgang i perioden. Høye konsentrasjoner ble målt i 1999, 2002 og 2005.

Vinterkonsentrasjoner av fosfat (figur 7.9) viser også store variasjoner fra år til år. Karakteristisk for utviklingen i perioden er høye konsentrasjoner målt i 1991-94, lave konsentrasjoner i perioden 1996-98 og deretter svært variable konsentrasjoner både mellom år og stasjoner. Etter den store høstflommen i 2000 ble det målt spesielt høy fosfatkonsentrasjon i kystvannet utenfor Jomfruland.

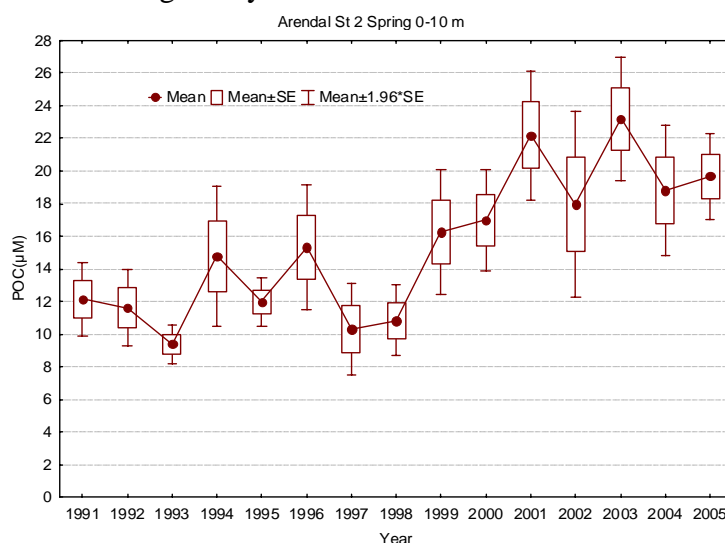
Løste salter av nitrogen og fosfor, hovedsakelig nitrat og fosfat, tas raskt opp av alger og er brensel for algeproduksjon.



Figur 7.10 TSM-Totalt suspendert materiale i kystvannet (0-10m) av Skagerrak (årsmiddel). Kystovervåkingsdata.



Figur 7.11 Total suspendert materiale (TSM) mot organisk bundet nitrogen i kystvannet utenfor Jomfruland-Arendal.



Konsentrasjonen av partikler i kystvannet har økt signifikant siden målingene i Kystovervåkingsprogrammet startet i 1990 (Figur 7.10). Spesielt er partikelmengden høy i tilknytning til flomepisoder i 1994-95 og 1999-2000.

Det viser seg å være god korrelasjon mellom partikler (TSM) og organisk bundet nitrogen definert som Tot-N minus ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4$) (Figur 7.11). Det indikerer at partiklene i hovedsak er organisk materiale som for eksempel planktonalger. (Dyr er filtrert bort før analyse.)

Konsentrasjonen av partikkelbundet organisk karbon i kystvannet har økt signifikant siden 1998 og ligger på nær det dobbelte av tidligere nivå (Figur 7.12).

Resultatene fra planktontellingene indikerer at den økte mengden av organisk materiale målt i kystvannet ikke er levende algeplankton som kan omsettes i næringskjeden på normal måte, men er annet organisk materiale for eksempel detritus, dvs. døde rester av alger og dyr.

Økt mengde organisk materiale som detritus, er en utvikling i feil retning som kan bidra til nedslamming og negative forhold for sukkertare.

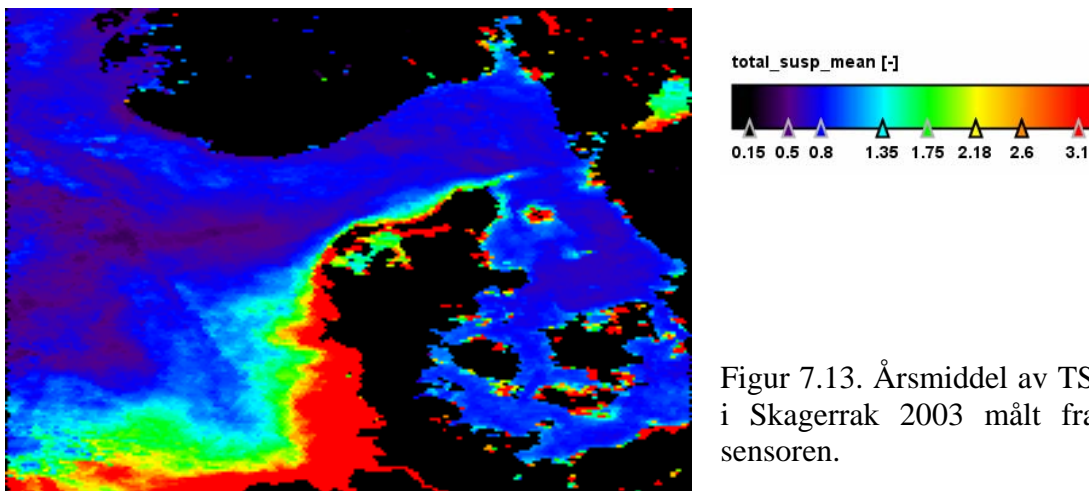
Figur 7.12 Partikkelbundet organisk karbon (POC) målt i kystvannet (0-10m) utenfor Arendal om våren. Kystovervåkingsdata

7.4 Partikler i Skagerrak og Nordsjøen

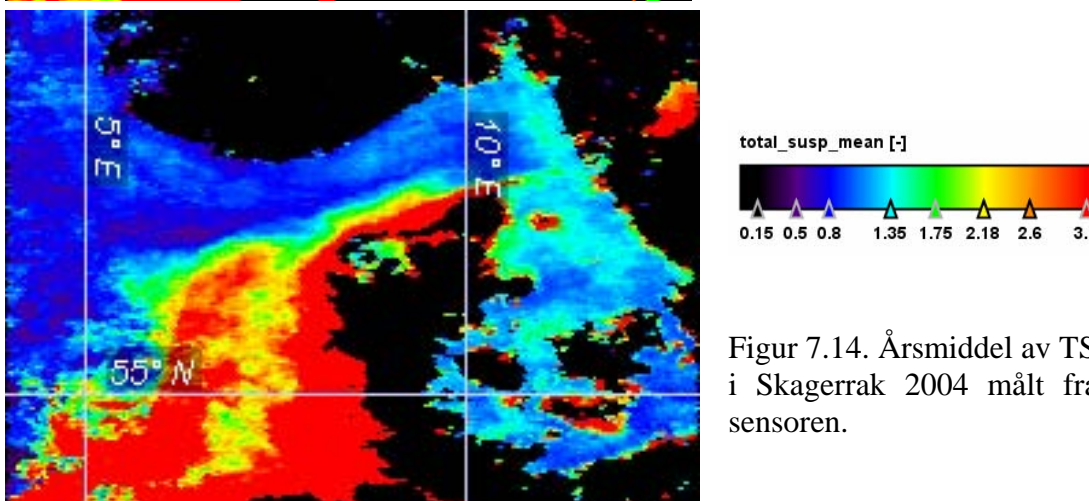
Det er sammenstilt et utvalg av satellittdata og Ferryboxdata fra Skagerrak og Nordsjøen med hensyn på å belyse partikler og deres konsentrasjon og transport. Satellittdata som kan måle TSM med rimelig nøyaktighet er tilgjengelig fra 2002, men i denne sammenheng er kun data fra 2003 og 2004 analysert, samt en enkeltepisode fra 2005. Videre er turbiditets-målinger utført med Ferrybox systemet i Skagerrak analysert for 2003 og 2004. "Color Festival" dekker strekningen Oslo (60 N) til Hirtshals (57.5 N).

Det er en generell antakelse at det er en nettotransport av partikler fra søndre Nordsjøen til Skagerrak der det meste av materialet sedimenterer i Norskerennen. Eisma & Kalf (1987) estimerte en akkumulasjon på mellom $4\text{-}7 \cdot 10^6$ tonn/år. For hele Norskerennen ble det senere beregnet en akkumulasjon på $17 \cdot 10^6$ tonn/år (North Sea Task Force, 1993). Van Weering et.al. (1987) observerte at de høyeste sedimentasjonsratene var i den nordøstre delen av Skagerrak. Transporten inn i Skagerrak varierer med styrken og retningen på Jyllandstrømmen og den er stor ved sør-sørvestlige vinder (Jakobsen, 2000). Det kan således være betydelige årlige variasjoner i transporten av vann fra søndre Nordsjøen inn i Skagerrak (se også kap. 8 Havsirkulasjon).

Se man på gjennomsnittlig TSM mengder for 2003 og 2004 (figur 7.13 og 7.14) så viser den relativt høye TSM-konsentrasjoner i Tyskebukta, som advekteres med Jyllandstrømmen mens konsentrasjonen avtar.



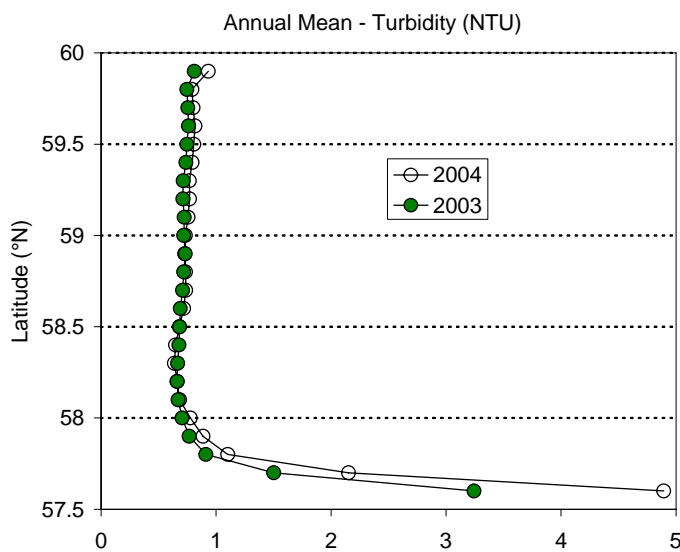
Figur 7.13. Årsmiddel av TSM (g/m^3) i Skagerrak 2003 målt fra MERIS sensoren.



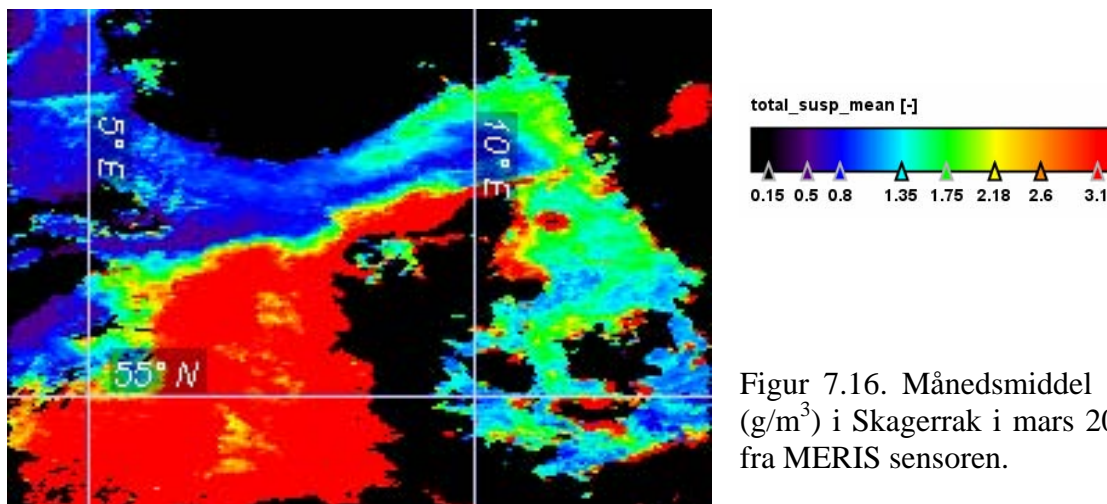
Figur 7.14. Årsmiddel av TSM (g/m^3) i Skagerrak 2004 målt fra MERIS sensoren.

Med den valgte oppløselighet i TSM (ca 0.3 mg/l for TSM < 1 mg/l) i figurene over er det kun neglisjerbare mengder som vises i de østlige deler av Skagerrak/nordlige Kattegat i 2003, og noe mer i 2004 som skyldes større bidrag fra vintermånedene januar og februar. På årsbasis er det heller ingen "signaler" som tyder på noen partikkeltransport direkte fra Jyllandstrømmen over til den norske kyststrømmen.

På strekningen Hirtshals-Oslo er det for 2003 og 2004 målt turbiditet på 4 meters dyp med Ferrybox systemet på Color Festival. Det gir gjennomsnittlig noe høyere verdier for 2004 på Danskekysten og i Skagerrak nord til 58 grader (Figur 7.15). Årsmidler avdekker ikke så store forskjeller fra år til år, men ser man på de enkelte måneder, er det vintermånedene som har de høyeste konsentrasjoner av TSM i Nordsjøen, illustrert her for mars 2004 (Figur 7.16). Her ser man også høyere konsentrasjoner i nordlige Skagerrak og på Sørlandskysten. Noe av bidraget til TSM kommer fra våroppblomstringen av planteplankton, men den kuliminerte tidlig i mars så den forklarer ikke alt.



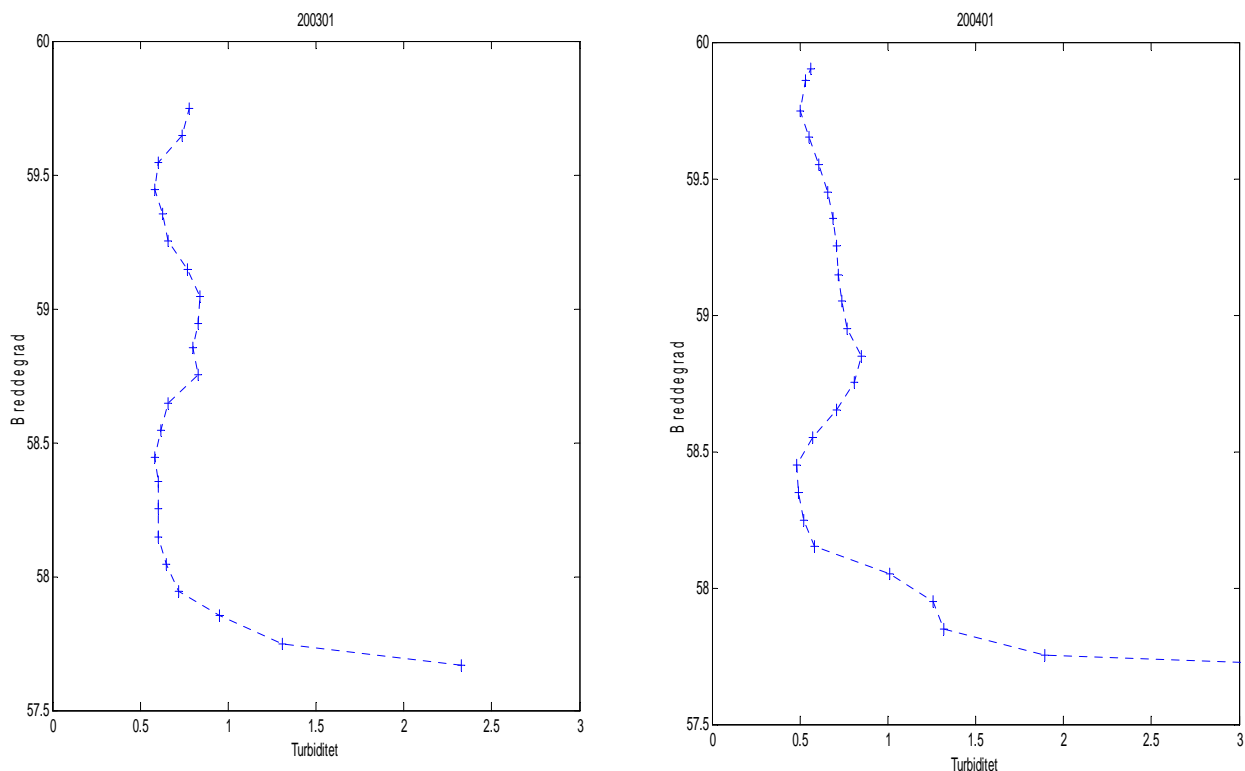
Figur 7.15. Turbiditet (~TSM) mellom Hirtshals (57.6) og Oslo (59.9) for 2003 og 2004



Figur 7.16. Månedsmiddel av TSM (g/m^3) i Skagerrak i mars 2004 målt fra MERIS sensoren.

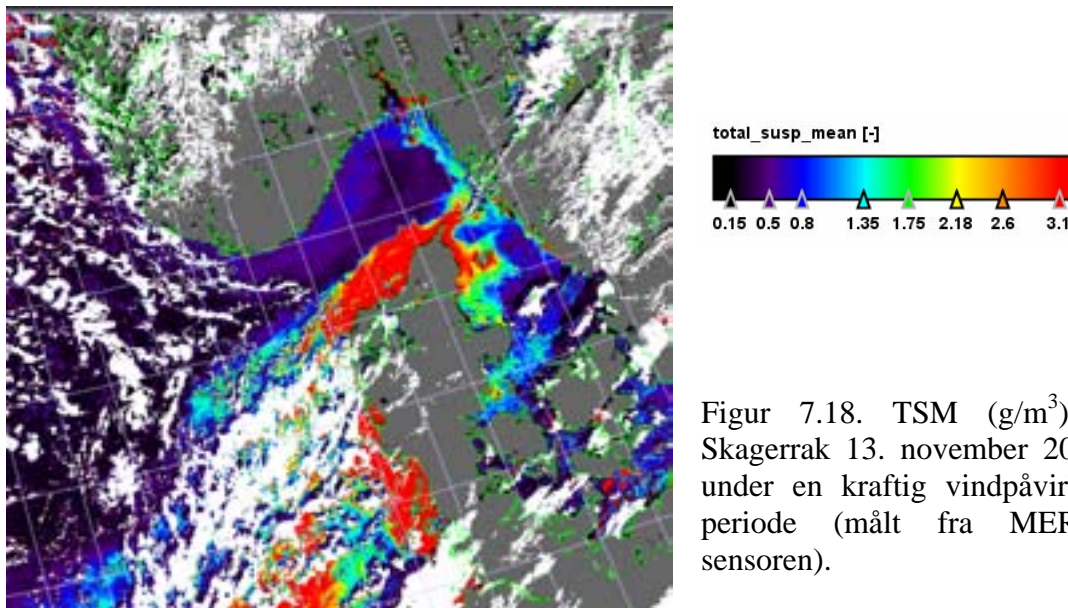
Data fra 2003 og 2004 bekrefter hva som tidligere har vært kjent, at vi har en adveksjon av partikler fra Tyskebukta med Jyllandsstrømmen. Videre ser vi at den potensielle transporten fra Tyskebukta er størst i forbindelse med flomsituasjoner, hvis vindforholdene skulle være gunstige. I 4-5 måneder av året har man meget høye partikkelmengder i Tyskebukten som arealmessig er større en Skagerrak. Den høye konsentrasjonen i søndre Nordsjøen dekker et så stort område både i årsmidlet og i vintermånedene at det ikke kan forklares kun med avrenning fra land (dvs. Elben). Tilførsler av partikler fra den Engelske kanal og elver som Rhinen og/eller resuspensjon av bunnsedimenter etter kraftige stormer kan være med å forklare situasjonen.

Vintermånedenes bidrag ser man også fra turbiditetsmålinger fra Color Festival (figur 7.17). Det er betydelig høyere partikkelmengder på Danskesiden, men også forhøyede partikkelmengder i deler av Skagerrak (58.5-59.0 N). Partiklene i de sentrale delene for disse månedene vil mest sannsynlig gå inn i den norske kyststrømmen og påvirke Sørlandskysten. Også her må man se om disse konsentrasjonene mengdemessig betyr noe for partikkelbelastningen relativt til lokale tilførsler etc.



Figur 7.17. Turbiditet i Skagerrak mellom Hirtshals og Oslo for vintermånedene januar for 2003 (venstre) og 2004 (høyre).

Under en stormperiode i november 2005 med mye oppvirvling av partikler i grunne områder ble det registrert høye partikkelmengder utenfor Danskekysten gjennom data fra Ferrybox systemet mellom Hanstholm-Bergen og Hirtshals-Oslo. Dette ble bekreftet av satellittdata (figur 7.18) og høyere konsentrasjoner ble funnet i hele Nordsjøen, helt over til Storbritannias østkyst og i den engelske kanal. Fra den 13. november 2005 er det helt tydelig at langtransporterte partikler fra Danmarks Vestkyst kommer inn til Svenskekysten og transporteres nordover og inn i den norske kyststrøm.



Figur 7.18. TSM (g/m^3) i Skagerrak 13. november 2005 under en kraftig vindpåvirket periode (målt fra MERIS sensoren).

Ut fra satellittdataen fra denne episoden, som bekreftes av Ferrybox dataene, så er det tydelig at det under slike episoder kan tilføres partikler til den norske Skagerrakkysten.

Oppsummert så vil det i 4-5 måneder spesielt vinterstid finnes betydelige partikkelmengder i Tyskebukta. Dette er en potensiell kilde for en videre transport inn i Skagerrak ved denne årstiden når vindforholdene er de rette. Vel inne i Skagerrak vil de delta i områdets normale strømtransporter og kunne nå sørlandskysten. Observasjonene viser også at det kan være store årlige variasjoner. I enkeltsituasjoner vil kraftig vind erodere sedimenter langs danskysten og kan ved vestlige vinder føre erodert materiale inn i indre Skagerrak.

Tidligere beregninger har vist at nordøstlige Skagerrak og Norskerennen er sedimentasjonsområde for partikler som i stor grad tilføres fra Nordsjøen. Observasjoner fra "Color Festival" og satellittbildene fra 2003-2005 viser at partikkelkonsentrasjonen i sørlige Nordsjøen er størst i vintermånedene og derved en mulighet for stor transport av partikler i denne perioden. At de reelt transporterte mengdene kan varierer i ulike år er også vist, men det gjenstår å kunne beregne hvor store de er, spesielt i relasjon til mer lokale tilførsler fra de norske elvene. Analyser så langt av bunnslam fra grunne hardbunnsstasjoner i sukkertareprosjektet viser spor av langtransporterte kontinentale mineraler på Sørlandet, mens det naturlig nok er lokale leirmineraler som dominerer.

8. Havsirkulasjon

Bruce Hackett og Jon Albretsen (met.no)

Langtransporterte tilførsler av næringsrikt vann fra sydlige Nordsjøen transporteres med havstrømmer opp til vår kyst og gir til tider et betydelig nærings saltbidrag. Både endring i tilførselskilder og variasjon i havsirkulasjonen med skiftende vindstyrke og retning, har betydning for hvor mye som transporteres til vårt kystvann. Sporstoff fra kilder (elver) rundt Nordsjøen ble tilsatt havsirkulasjonsmodellen og de numeriske simuleringer over en 15-års periode (1991-2005) viste at de kontinentale elvene i sydlige Nordsjøen bidrar omtrent like mye til kyststrekning Larvik-Arendal som Østlandselvene, og at bidraget fra Tyskland er omtrent likt med bidraget fra Østersjøen. Analysen viser også at bidraget fra sydlige Nordsjøen og Tyskebukta var dominerende i perioden 1994-95 og avtakende etter dette. Bidraget fra Østlandselvene på Sørlandskysten viser en økning fram mot en topp i 2001.

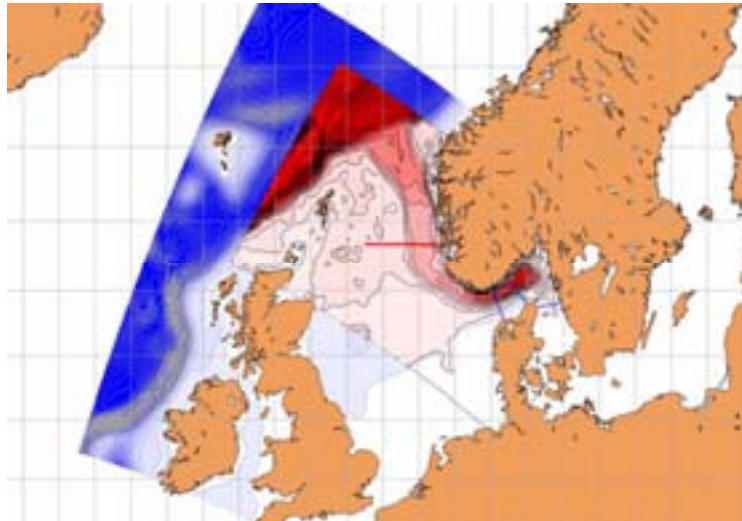
8.1 Metode

Målsettingen med denne aktiviteten er å avdekke klimatiske endringer i havsirkulasjonen og transport av sporstoff til vårt kystvann. Det ble laget numeriske simuleringer av havsirkulasjonen over en 15-års periode (1991-2005) drevet av realistisk atmosfærepådrag og de beste tilgjengelige estimater av reelle endringer i ferskvanns- og nærings salttilførsler (f.eks. nitrogen). MIPOM, met.no's numeriske havsirkulasjonsmodellsystem, ble satt opp for området Skagerrak, Kattegat og den nordlige Nordsjøen med 4 km gitterintervaller. MIPOM kjøres (hindcast) i 3-dimensjonal baroklin modus, dvs. at både de horisontale og vertikale variasjonene i temperatur, saltholdighet og strøm blir beregnet.

Atmosfærisk pådrag. Atmosfæriske data er hentet fra European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF), som lager det mest homogene og representative datasettet for den atmosfæriske tilstanden for tidsperioden. Analyserte felter av momentumfluks (vindpådrag), varmefluks og lufttrykk hver 6. time er brukt til å drive havmodellen.

Laterale randdata. Pådrag fra havet utenfor modellens beregningsområde hentes fra en større modell som dekker hele Nordsjøen (se figur 8.1). Denne modellen bruker den samme numerisk koden (MIPOM), men beregningsgitteret er både større og har et gitterinterval som er mye grovere (20 km). I praksis kjøres 20 km modellen først og dataene lagres for å gi laterale randbetingelser til den nestete 4 km modellen. På randen til den større modellen brukes klimatologiske verdier for temperatur, saltholdighet og strøm samt tidevannspådrag. Tidevannseffektene er således tilstede i begge modellene. Pseudo-N konsentrasjonen er satt til null på rendene av den større modellen, idet pålitelige estimater av totN konsentrasjon – og ikke minst endringene over tidsperioden - langs disse rendene mangler. Dermed er innflytelsen av endringer i totN fluks fra Atlanterhavet ikke inkludert i simuleringen.

Havmodellens område inkluderer ikke Østersjøen eksplisitt. For å representere utveksling av vann med Østersjøen blir det kjørt en separat barotrop (ingen dybdevariasjoner) versjon av MIPOM for Østersjøen og Kattegat. Denne modellen ble kjørt i forkant av hovedkjøringen med atmosfærepådragene (kun vind og lufttrykk) fra ECMWF. Den gir tidsserier av volumfluks gjennom Bæltene og Øresund hver 6. time for hele perioden. Disse dataene blir deretter brukt i hovedkjøringen som randdata.



Figur 8.1 Modellområder for simuleringene. Fargeleggingen viser dybdematrissen som er brukt i modellene. Hovedmodellen (4 km gitter) er vist i lyserøde farger. De lyseblå fargene viser den ytre modellen (20 km gitter) som gir laterale randbetingelser til hovedmodellen. De 4 røde og blå linjene utfra norskekysten viser vertikalsnittene.

Elver og sporstoff (”pseudo-N”). For å estimere den relative innflytelsen av tilførsler fra forskjellige ferskvannskilder, har vi først samlet de beste tilgjengelige dataene for volumfluks og nitrogentilførsler fra de viktigste elvene rundt Nordsjøen i den aktuelle perioden. Dataene stammer fra en rekke forskjellige kilder og er svært inhomogene mhp. måleenhet, tidsoppløsning, m.m. For elver fra Storbritannia (UK) har vi fått data fra CEFAS, mens for de andre kildene har dataene blitt skaffet tilveie av NIVA. For å få til et mest mulig homogent sett med inngangsdata til modellen har vi konvertert alle dataene til månedsestimater av volumfluks (m^3s^{-1}) og konsentrasjon av totN (mg l^{-1}). Detaljer om datasettet finnes i tabell 8.1. Disse dataene bør gjenspeile de viktigste endringene i volumfluks og totN konsentrasjon fra landkildene som man regner med vil kunne influere den sydlige kysten av Norge.

Volumfluksdataene er implementert som et alternativ til de klimatologiske dataene som vanligvis brukes i met.no’s havmodeller. For å kartlegge innflytelsen til forskjellige ferskvannskilder, er det implementert en rekke passive sporstoffer som tilføres ved elveutløpene. Det gjør det mulig å følge ferskvannet fra de forskjellige kildene gjennom hele havområdet.

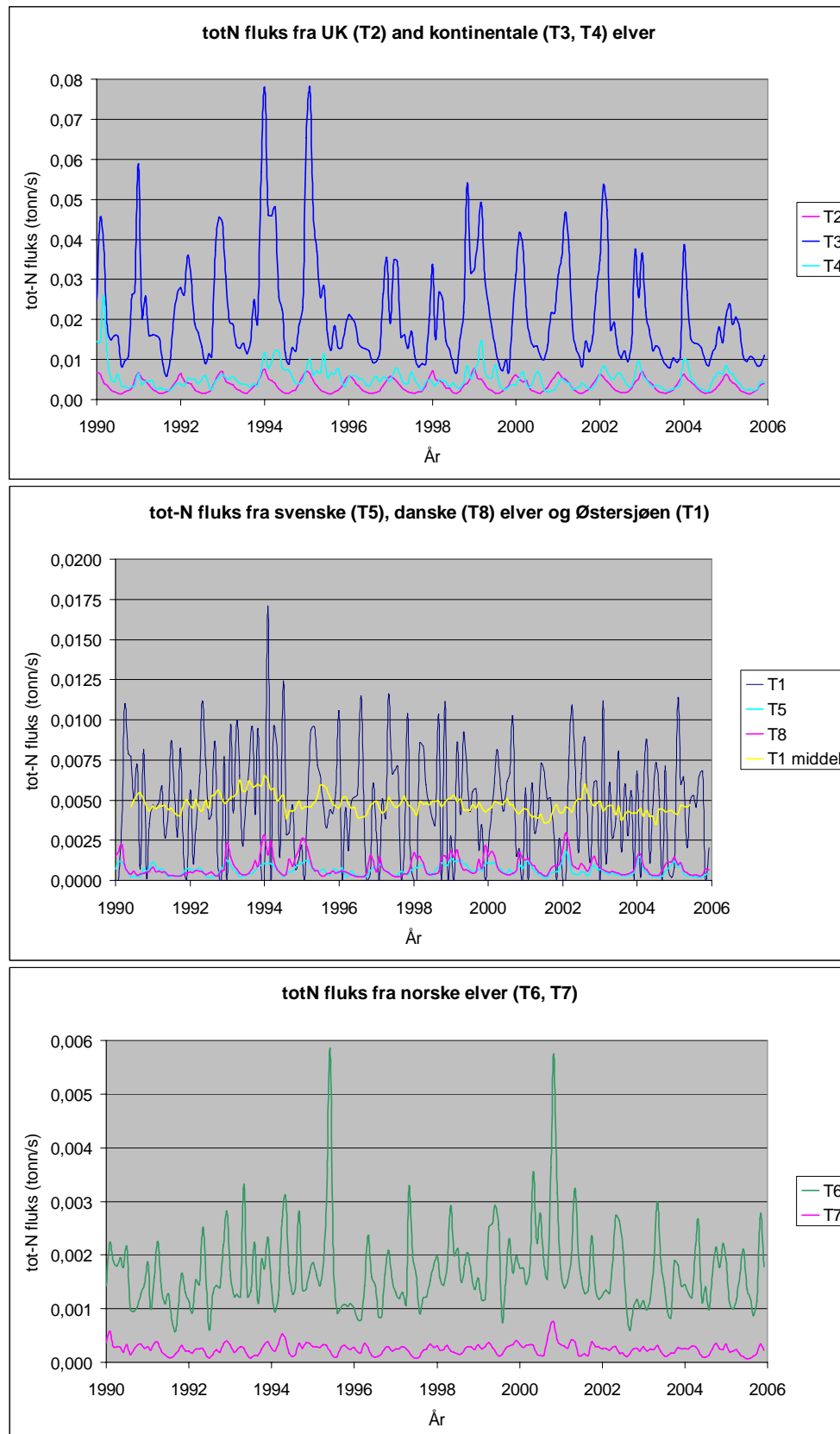
I tillegg er disse passive sporstoffene gitt samme konsentrasjon som totN for den aktuelle elven. Det er imidlertid ikke helt riktig å identifisere disse sporstoffene som totN gjennom hele havområdet etter hvert som simuleringen går frem. Modellen har ingen biokjemiske prosesser som er aktive på nitrogen, og det er kun spredning gjennom adveksjon og diffusjon som endrer konsentrasjonen når sporstoffet er kommet ute i havet. Derfor har vi valgt å benytte betegnelsen pseudo-N på spredning med havsirkulasjonen. Bruken av reelle totN konsentrasjoner ved kildene er gjort for å gi et noe bedre estimat av effekten av endringer i tilførslene og endringer i sirkulasjonsmønsteret. Av hensyn til regnetid må man begrense antall sporstoffer som beregnes. I dette tilfellet er det identifisert åtte N kilder og elvene er gruppert innenfor disse åtte som vist i tabell 8.2. Fluksen av totN er beregnet som produktet av vannføringen og konsentrasjonen. Tidsserier av fluksene er summert over elvgruppene i tabell 8.2 og figur 8.2.

Tabell 8.1 Beskrivelse av volumfluks og totN-konsentrasjon data benyttet som inngangsdata til modellkøringen.

REGION / LAND	DATAKILDE	TILRETTELEGGING
Østersjøen	NIVA: totN-konsentrasjon ble hentet fra klimatologiske månedsmidler for de to periodene 1990-1999 og 2000-2005.	Vi interpolerte de klimatologiske verdiene i tid for årene 1995 til 2002 mellom de to datasettene.
Storbritannia (Tweed, Wash, Forth, Tyne, Tees, Humber og Themsen)	Rådataene ble formidlet av the Environment Agency and the Scottish Environment Protection Agency, UK.	Rådataene ble prosessert av CEFAS (S. M. van Leeuwen).
Belgia, Nederland, Tyskland (Scheldt, Rhinen, Haringvliet, Massluis, Nordzeekanal, Lake IJssel, Ems, Weser og Elben)	NIVA: Komplette tidsserier av volumfluks og totN-konsentrasjon ble formidlet for Rhinen. Enkelte hull forekom for de andre elvene.	Data manglet for årene 2003-2005, men hver tidsserie av volumfluks og totN-konsentrasjon ble korrelert med tilsvarende tidsserier for Rhinen.
Danmark (flukser til Nordsjøen, Skagerrak og Beltehavet)	NIVA: Volumfluks og totN-konsentrasjoner ble formidlet av DMU for perioden 1993 til 2005. Dataene fra Beltehavet dekket hele perioden fra 1990.	Verdiene som manglet ble funnet gjennom korrelering med dataene fra Beltehavet. Legg også merke til at volumfluksverdiene for Beltehavet ble skalert for å passe de klimatologiske verdiene som er lagret ved met.no. De originale dataene er gyldige for et område som er større enn modellområdet, og den resterende volumfluksen må betraktes som en del av vannutvekslingen med Østersjøen.
Sverige (Lagan, Nissan, Ætran, Viskan og Gøta)	NIVA: Volumfluks og totN-konsentrasjoner ble formidlet for årene 1990-2000.	Tidsseriene med volumfluks og totN-konsentrasjon ble forlenget ved å korrelere med tilsvarende verdier fra de danske elvene i Beltehavet.
Norge (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva, Nidelva, Otra, Tovdalselva og Mandalselva)	NIVA: Stasjonsdata ble formidlet for hele simuleringsperioden.	Legg merke til at manglende tidsserie av volumfluks for Mandalselva ble kompensert med å bruke klimatologiske verdier.

Tabell 8.2 Liste over elvene som tilhører en sporstoffgruppe. NB! Kildene til sporstoff nr. T2 og T3 ligger utenfor området til 4 km modellen, men innenfor 20 km området. Disse to sporstoffene kommer inn i 4 km modellområdet som randbetingelser.

Nr.	Kortnavn	Elver inkludert
T1	BALT	Østersjøen (Lille Bælt, Store Bælt, Øresund)
T2	UK	UK (Tweed, Wash, Forth, Tyne, Tees, Humber og Themsen)
T3	BeNe	Belgia-Nederland-Tyskland (Scheldt, Rhinen, Haringvliet, Massluis, Nordzeekanal, Lake IJssel og Ems)
T4	EW	Tyskland (Weser og Elben)
T5	SE	Sverige (Lagan, Nissan, Ætran, Viskan og Gøta)
T6	NØ	Norge øst for Torungen (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva) – "Østlandselvene"
T7	NV	Norge vest for Torungen (Nidelva, Otra, Tovdalselva og Mandalselva) – "Sørlandselvene"
T8	DK	Danmark (til Nordsjøen, til Skagerrak og til Bæltehavet)



Figur 8.2 Månedsmidlet totN flukser fra elvgruppene definert i tabell 8.2.
NB! Vertikalskalaene er forskjellige.

8.2 Resultater

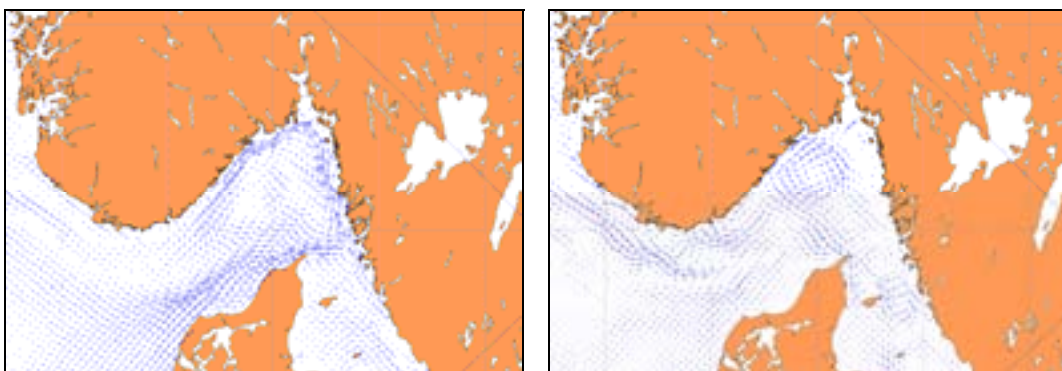
Modellkjøringen produserer direkte to datasett:

- A. Døgnmidlele horisontalfelter av temperatur, saltholdighet, strøm og konsentrasjon for de 8 sporstoffene ved 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 m dyp. Tilgjengelige som binære datafiler i "feltformat".
- B. Døgnmidlele vertikalsnitt av samme variable ved Torungen-Hirtshals, Hanstholm-Oksøy, Utsira-vest, Fredrikshavn-øst. Tilgjengelige som binære datafiler i "feltformat".

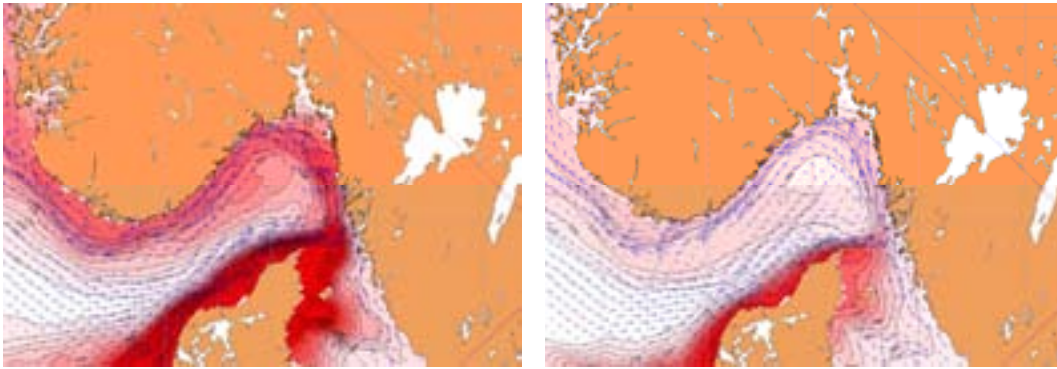
Fra disse dataene lages det spesielle produkter for analyse:

1. Månedmidlele horisontalfelter; alle variable; alle dyp. Tjener som utgangspunkt for videre bearbeiding. Tilgjengelige som binære datafiler i "feltformat". Visualiseres ved animasjoner i utvalgte dyp. Eksempler er vist i figur 8.3.
2. Månedmidlele horisontalfelter; alle variable; midlet over 0-20 m dyp. Tilgjengelige som binære datafiler i "feltformat". Visualiseres ved animasjoner.
3. Døgnsmidler ved alle gitterpunkter langs norskekysten; temperatur og sporstoff; midlet over 0-20 m dyp. Gir tidsserier ved alle modellens "kyststasjoner". Tilgjengelige som regneark.
4. Månedsmidler ved alle punkter langs norskekysten; temperatur og sporstoff; midlet over 0-20 m dyp; midlet over kystregioner: svenskegrense-Larvik, Larvik-Kristiansand, Kristiansand-Egersund, Egersund-Bergen. Gir uttrykk for den samlede dosen av sporstoffene (og varmen) på kyststrekningene. Tilgjengelige som regneark. Eksempler på disse dataene er vist i figur 8.4 og figur 8.5.
5. Månedsmidlet volumfluks og sporstoffluks gjennom de fire snittene; midlet over snittet og 0-150 m dyp; "inn + ut + netto". Tilgjengelige som regneark. Eksempler på disse dataene er vist i figur 8.6 og figur 8.7.

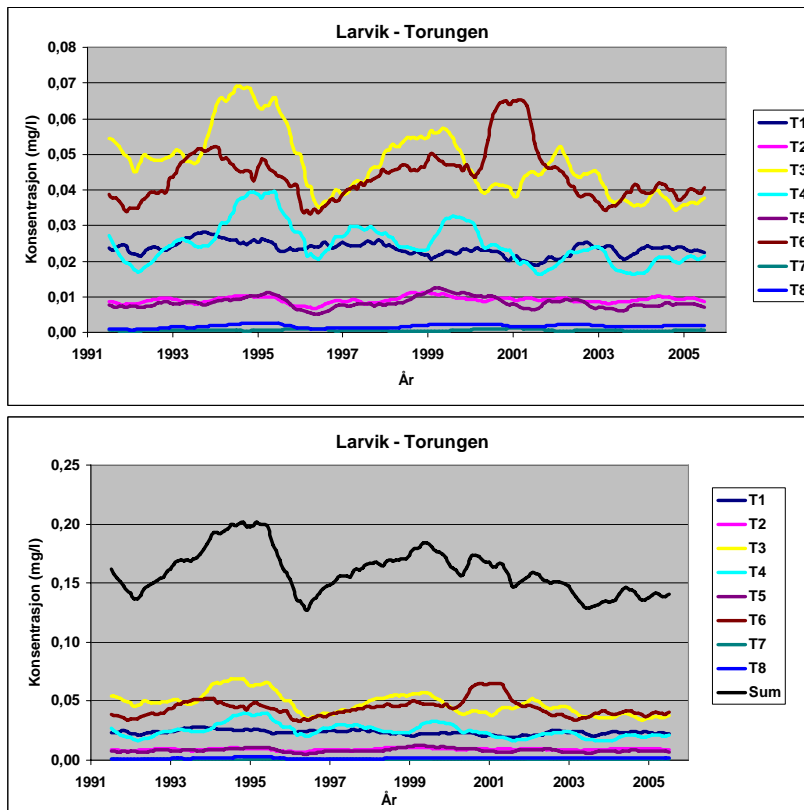
Som det går frem av listen har vi fokusert på månedsmidler i analysen. Denne midlingen gir et mer oversiktlig datasett, men beholder likevel det vesentlige av mellomårlege og sesongmessige variasjoner. I tillegg har vi fokusert primært på det øvre vannlag og på norskekysten, dvs. der sukkertaren hører hjemme. Merk at produktene 1-4 er avledet hierarkisk fra A og produkt 5 fra B. Det er fullt mulig å velge andre former for midling og aggregering i rom og tid.



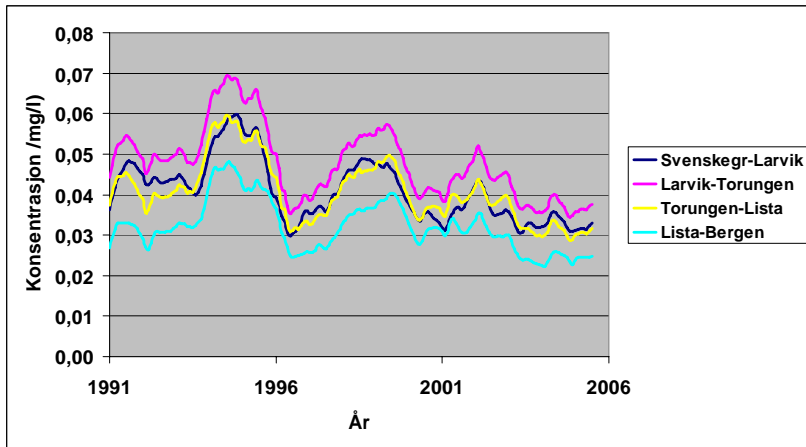
Figur 8.3 Sirkulasjonsmønsteret i Skagerrak fra modellsimuleringen. Vist er månedsmidlet overflatestrøm. Venstre panel (februar 1995) viser et typisk mønster for vinter: mot-klokke sirkulasjon, moderat kyststrøm langs norskekysten, strøm nordover langs Vestjylland og strøm nordover fra Kattegat. Høyre panel (februar 1996) viser omleggingen av mønsteret vinteren 1995-96: kyststrømmen er reversert og vannet fra Kattegat, Nordsjøen og Østlandselvene når ikke inn til Skagerrak-kysten..



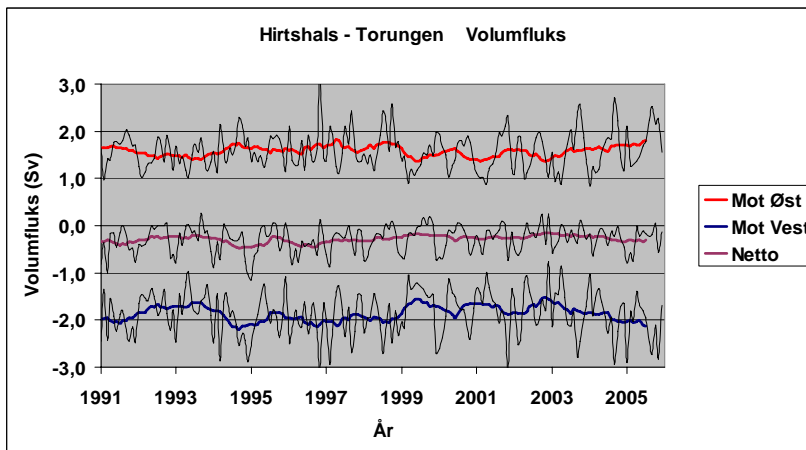
Figur 8.4 Fordeling av månedsmidlet sporstoff T3 (pseudo-N fra Belgia, Nederland og Tyskland (BeNe), jfr. Tabell 8.2) og overflatestrøm. Venstre panel (juli 1995) viser en typisk sommerfordeling med relativt høye konsentrasjoner langs kysten av Danmark, Sverige og Norge. Strømmen følger også det typiske sommermønsteret med relativt sterk strøm langs hele norskekysten. Høyre panel viser situasjonen i juli 1996, etter flere måneder med svak Jyllandstrøm og reversert Kyststrøm. Pseudo-N konsentrasjonen langs norskekysten er halvert i forhold til året før.



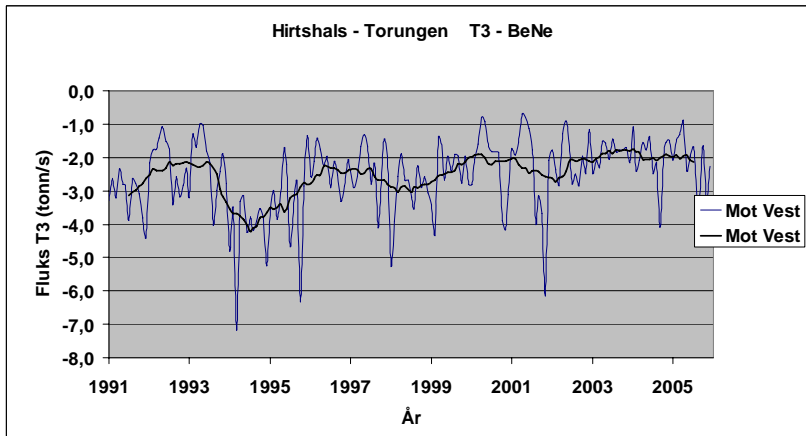
Figur 8.5 Øvre og nedre panel viser tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder ved kyststrekning Larvik-Torungen. Se tabell 8.2 for kildene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m. Nedre panel tar i tillegg med summen av de 8 kurvene.



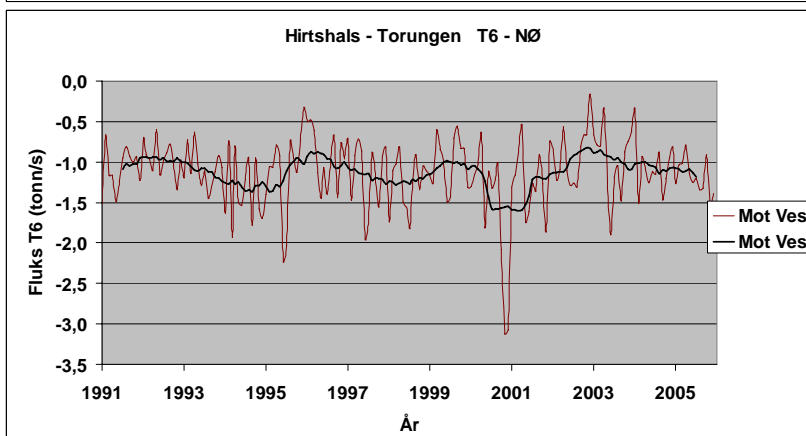
Figur 8.6 Tidsserie av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T3 (fra Belgia-Nederland-Tyskland, jfr. tab. 8.2) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



Figur 8.7 Tidsserie av volumtransport gjennom Hirtshals-Torungen-snittet. Kurvene er månedsmidler samt 12-måneders glidende midler av transport i dybdeintervallet 0-150 m. NB Transport mot øst er positiv, mens transport mot vest er negativ. Merk perioden med sterkest bruttotransporter (mot vest og mot øst) i 1994-98.



Figur 8.8 Tidsserie av transport mot vest av pseudo-N gjennom Hirtshals-Torungen-snittet: Øvre panel fra T3-BeNe (sydlige Nordsjøen); nedre panel fra T6-NØ (østnorske elver); se tabell 8.2. Kurvene er månedsmidler av transport i dybdeintervallet 0-150 m, samt 12-måneders glidende midler.



NB! Transport mot vest er definert som negativ. Merk de månedlige og mellom-årlege variasjonene, samt de relativt svake trender.

8.3 Konklusjoner fra havmodellen

Analysen av resultatene fra hindcastsimuleringen kan oppsummeres i følgende punkter:

- *Store variasjoner fra år til år.*
Variasjonene i havsirkulasjonen skyldes hovedsaklig variasjonene i vinden, som vi har sett er vesentlige (jfr. Kap. 6). Effekten på den simulerte havsirkulasjonen kan ses i for eksempel strømmønsteret. Figur 8.3 viser at det vanlige mønsteret med mot-klokke sirkulasjon i enkelte år kan endres radikalt og at kyststrømmen kan reverseres. Effekten ses også i variabiliteten til volumtransporten gjennom Skagerrak, for eksempel ved Hirtshals-Torungen snittet (figur 8.7). Der ser vi variasjoner av over 50% av middelverdien, både fra en måned til den neste og for samme måned i forskjellige år. Midlet over et år (se 12-måneders glidende midler i figur 8.7) er variabiliteten i volumtransport ca. 30%. For transport av sporstoffet pseudo-N gjennom Skagerrak er variasjonene prosentvis større, både fra måned til måned (over 100%) og fra år til år (opp til 60%), jfr. figur 8.8. Stor mellomårlig variabilitet ses også horisontalfordelingen av pseudo-N (for eksempel fra Belgia-Nederland-Tyskland, T3 figur 8.5) og i dosene av sporstoffet til kyststrekningene, jfr. figur 8.5 og figur 8.6. Endringer over noen få år kommer opp i mer enn 50% for alle sporstoffkildene og alle kyststrekninger.
- *Sesongmessige og mellomårlige variasjoner er større enn trendene.*
Styrken på volumtransporten gjennom Skagerrak viser ingen tydelig trend over hele simuleringsperioden. Når det gjelder transport av pseudo-N til norskekysten er det i noen tilfeller merkbare trender. For eksempel ser vi i figur 8.8 at det er en minkende bruttotransport fra Belgia-Nederland-Tyskland (T3) mens det er ingen tydelig trend for transport fra Østlandske elver (T6). I begge tilfeller, og likeledes for de 6 andre pseudo-N kildene, er variasjonene over måneder og år mye større enn trendene. Dette er også synlig i tidsseriene for pseudo-N dose til kyststrekningene, jfr. figur 8.5 og figur 8.6. Det er klart minkende trender for Østersjøen (T1) og de kontinentale elvene (Belgia-Nederland-Tyskland, T3 og Elbe-Weser, T4); noe økende trender for de UK (T2), danske (T8) og Sørlandske (T7) elvene; og ingen tydelige trender for de Østlandske (T6) og svenske (T5) elvene. Samtidig er variasjonene over noen år betydelige.
- *Sterkere sirkulasjon i Skagerrak i den antatte perioden for sukkertaredød enn før eller siden.*
Den midlere volumtransporten gjennom for eksempel Hirtshals-Torungen snittet (figur 8.7) er sterkest i perioden 1994-98, og svakere før og etter.
- *Variasjonene i sporstofftransport gjennom Skagerrak kan i en viss grad tilskrives variasjoner i sirkulasjonen i Nordsjøen.*
Sporstofftransportene gjennom Skagerrak, eksemplifisert ved to av de dominerende kilder ved Hirtshals-Torungen snittet (figur 8.8), viser også perioder med sterkere transport i perioden 1994-1998, selv om det er flere variasjoner i tillegg. Variasjonene i dosene av sporstoff til kyststrekningene er prosentvis ganske like for alle sporstoffene (jfr. figur 8.5 og figur 8.6), noe som tyder på at det er en fellesfaktor – havsirkulasjonsendringer – som bidrar signifikant.
- *Høyere pseudo-N doser til Skagerrakkysten i 1994-95, lavere doser i 1996, deretter noe høyere doser.*
Som vist i figur 8.5, er dosene til Skagerrakkysten relativt høye i 1994-95 for alle sporstoffkildene; Østersjøen (T1) og Østlandselvene (T6) har en topp allerede i 1993 som strekker seg utover i 1994-95. De samme maksima går igjen i alle fire kyststrekningene. Et minimum i 1996 går også igjen, med unntak av Østersjøen (T1) der minimumet inntreffer i 1995. Dette minimumet henger til dels sammen med en omlegging av sirkulasjonen i den nordøstlige Skagerrak vinteren 1995-96, samt generelt svakere strøm fra den sydelige

delen av Nordsjøen (Jyllandsstrømmen) utover i 1996 og en sterk reduksjon i totN fluks fra elvene.

Vanligvis svekkes kyststrømmen om vinteren men i desember 1995 ble den reversert og det dannes en antisyklonisk (med-klokke) virvel som varer fram til mars 1996 (se figur 8.3, høyre panel). Denne omleggingen henger sammen med spesielt svake vindforhold i perioden (jfr. Figur 6.1), noe som gir grobunn for virveldannelse. Virvelen fører til at vann fra den sydlige Nordsjøen tar veien utenom Skagerrak mens vannet fra Kattegat (Østersjøen T1 og svenske elver T5) stikker vestover fra Skagen. Samtidig blir vannet fra Østlandselvene (T6) ført ut i Skagerrak og vekk fra kysten. Vannet fra Sørlandselvene (T7) blir ført nordover langs kysten, og gir faktisk høyere doser til Larvik – Torungen strekningen. Fra sommeren 1996 reetableres det vanlige sirkulasjonsmønsteret og dosene stiger igjen for de neste 1-5 år. I tillegg til den spesielle situasjon i sirkulasjonsmønsteret vinteren 1996, var det også et markant minimum i totN fluksen fra de kontinentale elvene, jfr. Figur . Etter to vintre med store flukser var totN fluksen vinteren 1996 ekstremt lav. Det samme minimumet ses også for de Østlandske (T6), svenske (T5) og danske (T8) elvene.

Resultatene tyder på at totaldosen øker fram til 1999 og avtar deretter. Hovedårsak til minking på 2000-tallet er den minkende trend i bidragene fra de kontinentale elvene.

- *De viktigste bidragene til pseudo-N dosene på Skagerrakkysten er fra de kontinentale elvene (T3, T4), fra Østlandselvene (T6) og fra Østersjøen (T1).*

NB! Konklusjoner om den relative viktighet av pseudo-N-kildene må tas med et visst forbehold med tanke på inhomogeniteten i datagrunnlaget. I tillegg bør det gjentas at pseudo-N ikke er det samme som nitrogen, siden viktige biologiske prosesser er utelatt i beregningene. For strekningen Larvik-Bergen er bidraget fra de kontinentale elvene (T3 + T4) størst, etterfulgt av Østlandselvene (T6). For strekningen Svenskegrense-Larvik er Østlandselvene (T6) den største kilden. Bidragene fra UK (T2) og svenske elver (T5) er mindre, og bidragene fra danske (T8) og norske Sørlandselvene (T7) er minimale.

9. Endringer av betydning for sukkertare

Frithjof Moy (NIVA) & Per Stålnacke (Bioforsk)

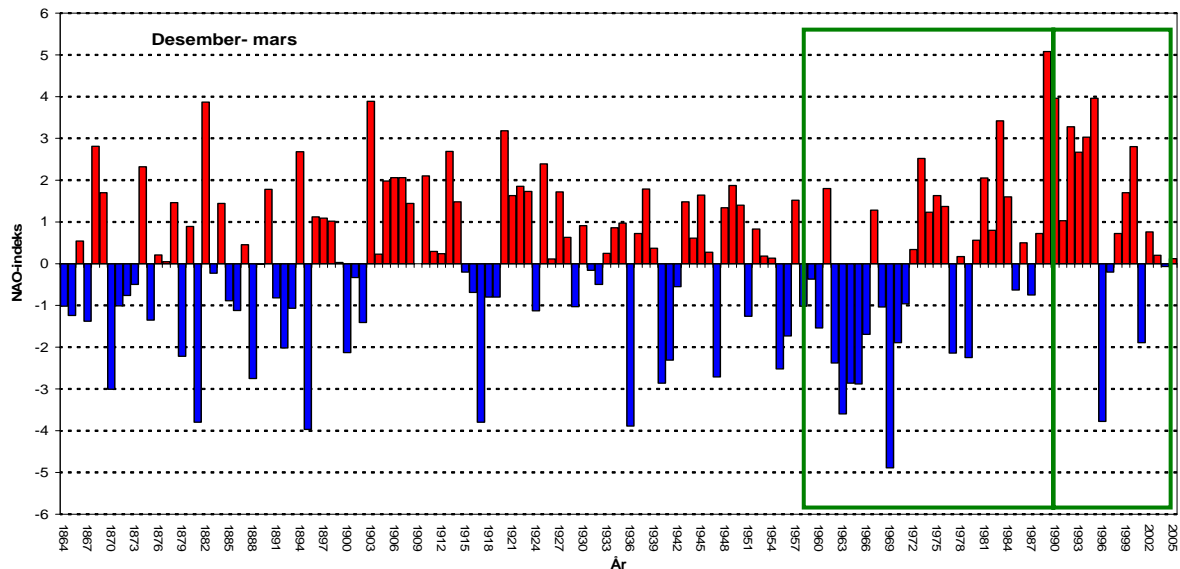


Den dramatiske nedgangen i sukkertare langs kysten av Sør-Norge, illustrert ved bildene over tatt på Kystovervåkingsstasjon B8 Buøy i Aust-Agder i 1992 og 2002, er bakgrunn for de tidsanalyser som er presentert her i denne rapporten fra Sukkertareprosjektet. I dette tidsrommet har frodig sukkertareskog (venstre bilde) blitt erstattet av et teppe av små, trådformede rød- og brunalger (høyre bilde). Spørsmålet har vært om klimarelaterte endringer eller avvik kan ha vært årsak til dette skifte i vegetasjonen. Kapittel 9 gir en oppsummering av de funn som er gjort i fagkapitlene, satt inn i en sukkertaresammenheng. (Foto: F.Moy)

9.1 Bakgrunn

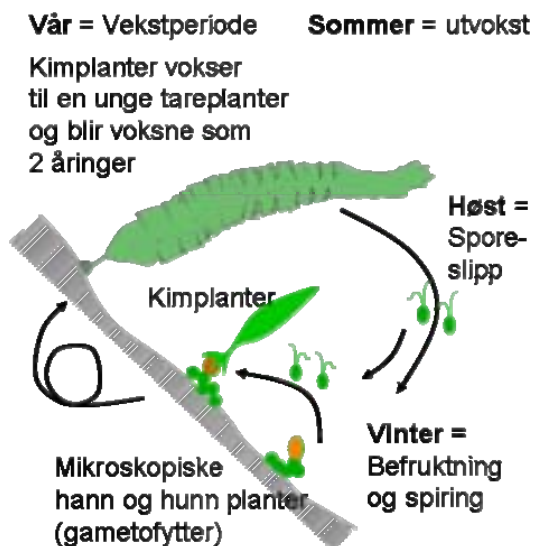
Denne studien har hatt som målsetning å avdekke eventuelle klimarelaterte endringer eller avvik (både i tid og rom) som kan settes i sammenheng med nedgang i sukkertarevegetasjonen. Analyseperioden ble satt til 1960-2005, men de fleste tidsserier hadde en mer begrenset tidsperiode. Mange overvåkingsprogram ble initiert tidlig på 1990-tallet og dekker bare de siste 15-år. Men som det framgår av Figur 9.1 var 90-tallet en klimatisk varm periode. Det var derfor viktig å få med så mange tidsserier som mulig tilbake til 1960 for å inkludere en kald eller normal tidsperiode i analysene.

Det har ikke vært mulig å utføre analyser direkte mot forekomst av sukkertare, dvs. teste klimavariasjon med sukkertareforekomst som responsfaktor, da det ikke finnes observasjonsdata på sukkertare eller andre arter for den saks skyld, fra samme tidsperiode og med tilstrekkelig observasjonsfrekvens. Vurdering av klimatiske endringer i forhold til forekomst av sukkertare har vært basert på spredte observasjoner av sukkertareforekomst, først og fremst fra Kystovervåkingsprogrammet. Det ble funnet sukkertareskog på Sørlandet i 1990, 1991, 1992 og 1996, mens ved neste gjenbesøk i 2002 var taren borte. Årlig oppfølging siden 2002 har til nå ikke vist tegn til gjenvekst av sukkertare. Gamle observasjoner indikerer at det var god sukkertareskog rundt Oslo-øyene for 100 år siden. Det er det ikke i dag. Det er usikkert når sukkertare forsvant fra Oslofjorden, men endringer i utbredelse av tang i strandsonen viste en dramatisk tilbakegang på 1970-tallet (Bokn & Lein 1978). Tiltak mot forurensende utslipp av næringssalter gjennom rensing av kommunalt avløpsvann, bedret forholdene i Oslofjorden slik at tangvegetasjonen kom tilbake (Bokn et al 1992). Som en kuriositet kan nevnes at det våren 2006 ble observert sukkertareplanter på Bygdøy utenfor Oslo.



Figur 9.1 North Atlantic Oscillation index (NAO) for vintersesongen (desember-mars) fra 1864 til 2005. (Hurrell (1995) og oppdateringer fra Hurrell).

Naturen, inkludert forekomst og utbredelse av tare, svinger naturlig mellom gode og dårlige år og uten at vi per i dag har klart å få det tidsfestet, fortelles det at tarevegetasjonen også tidligere har gått tilbake (det arbeides med å kartlegge dette.) Enkelte observasjoner tyder også på at det var lav forekomst og dårlig tilstand på taren i 1988-89 ("Chryso"-undersøkelser i forkant av Kystovervåkingsprogrammet). I motsetning til hva vi i dag registrerer, har taren tidligere alltid kommet tilbake. Målsetningen i dette arbeidet har vært å se om det har vært noe i klima som kan forklare regional utdøing av sukkertare og endrede livsbetingelser som hindrer gjenvekst av taren.

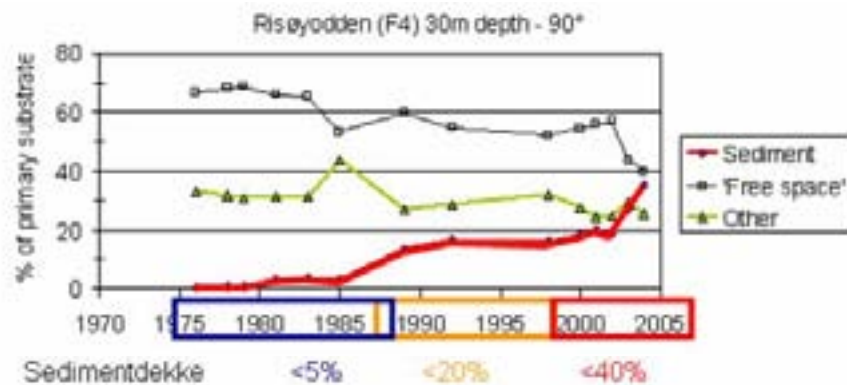


Figur 9.2 Livssyklus til sukkertare, med vekstfase på våren, modning av sporer på høsten, sporeslipp, mikroskopisk gametofyttstadium og befruktning i vinterhalvåret. Generasjonstiden er 3-5 år. (Ill: F.Moy)

Her skal vi forsøke å gi en oppsummering av fagkapitlene sammen med en sannsynliggjøring av mulige årsakssammenhenger til sukkertarens tilstand. Vurderingen er også basert på kunnskap om sukkertarens livs-syklus (Figur 9.2), vekstbetingelser og vekst-strategi. Det betyr at mulig betydning av både klimatiske vinter- og sommerforhold er vurdert.

Sukkertare vokser langs hele kysten av Norge fra ca 1 til 30 meters dyp. Sukkertaren er som mange av brunlagene, en kaldtvannsart og har en nordlig sirkumpolar utbredelse. Sukkertare er derfor følsom for høy temperaturer og Bolton & Lüning (1982) fant at veksten av sukkertare ble kraftig redusert ved 20 °C og at taren døde ved 23 °C. I Europa har sukkertaren sin sydlige utbredelsesgrense omtrent ved 19 °C overflate-sommerisotermen (van Den Hoek, 1982). Best vekst viser sukkertare i temperaturområdet 10-15 °C (Fortes & Lüning, 1980). Høy sommer-temperatur er altså en faktor som kan begrense sukkertarens utbredelse, spesielt i Skagerrak

hvor sommertemperaturen kan bli høy. Temperatur vinterstid er i våre farvann godt innenfor sukkertarens toleranseområde og endring i vintertemperatur synes ikke å ha direkte innvirkning på taren. Men varmere vintre kan ha en indirekte effekt ved å gi enkelte konkurrerende arter bedre livsvilkår. Vinterforhold er spesielt viktig for sukkertarens sporededslag, sporespiring, dens mikroskopiske gametofyttstadiet, befruktning og vekst av nye kimplanter. Klimatiske endringer som forårsaker sterk sedimentasjon av slam på hardbunn (Figur 9.3) som kan interferere med sukkertarens livssyklus, er derfor tatt med i vurderingene. Fokus på nedlamming er også begrunnet ut fra den sterke nedslammingen som er observert på mange av overvåkingsstasjonene opprettet i Sukkertareprosjektet i Skagerrak (Moy & al. 2007). Bunnforhold, tilstandsstatus og mulige årsakssammenhenger, er utførlig diskutert i Statusrapport 2 fra Sukkertareprosjektet (Moy & al. 2007).



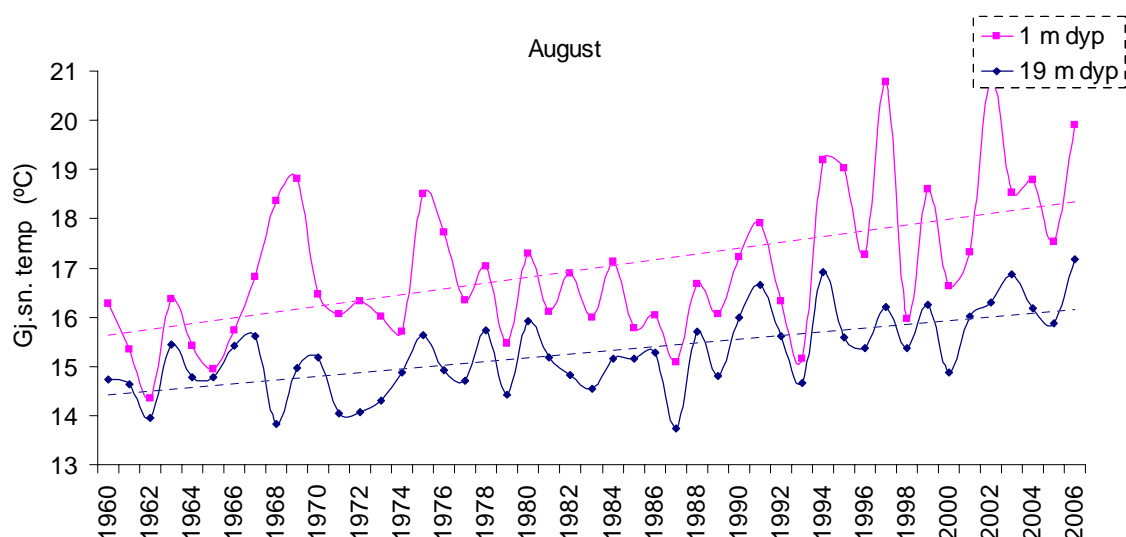
Figur 9.3 Dekningsgrad i prosent av bunnarealet av sediment (bunnslam), bar bunn (free space) og organismer (other) på vertikal fjellvegg på 30 m dyp i Frierfjorden. (Kilde: NIVA)

9.2 Sjøtemperatur

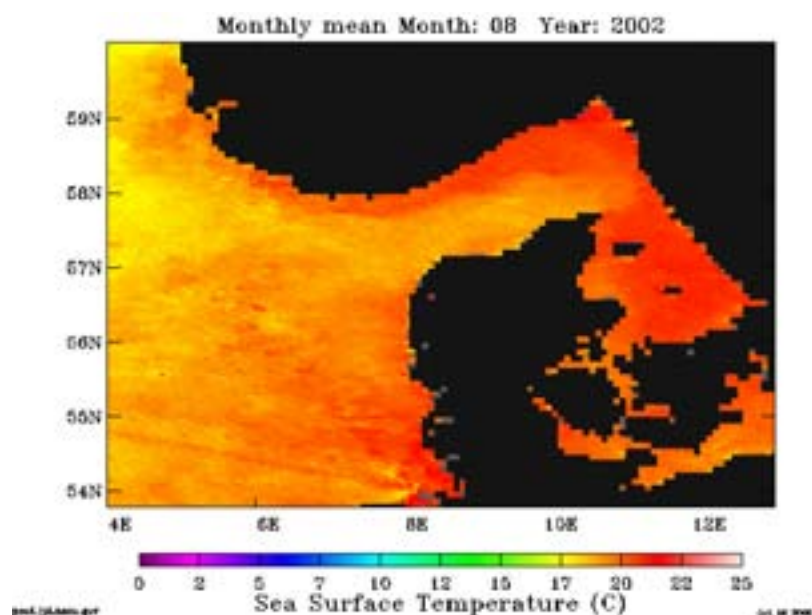
Sukkertare er som nevnt en kaldvannsart hvor sommertemperaturen i Sør-Norge og Skagerrak spesielt, kan være skadelig og i ekstreme tilfeller dødelig for sukkertaren. Endringer i sjøtemperatur er en direkte følge av klimatiske endringer med endret transport av vann via havstrømmer og lokal oppvarming fra lufttemperatur og solvarme, spesielt i stille perioder.

Analysen av sjøtemperatur viser klart negativ utvikling for sukkertare med stigende sommertemperatur på alle målestasjoner (svensk vestkyst, Sørlandskysten og Vestlandet) etter 1960. I 1997 og 2002 ble det målt henholdsvis ca. 2 og 1 måned med sammenhengende overflatetemperatur på 19 °C eller mer i Flødevigen, Arendal, (Figur 9.4) og satellittbildet (Figur 9.5) viser en gjennomsnittlig augusttemperatur på 19 °C i havet ved Utsira og store deler av Vestlandet i 2002. Ut fra temperaturanalysen er det meget sannsynlig at sommertemperaturene kan ha hatt en kraftig regional negativ effekt på sukkertarebestandene i Sør-Norge. Ut fra en totalvurdering er høy sjøtemperatur den enkeltfaktor som mest sannsynlig kan ha utløst en regional sukkertaredød i 1997. Nye varme somre i 1999 og 2002 kan også være viktig klimatiske hendelser i det påfølgende varme somre igjen kan ha redusert sukkertarebestanden og dens evne og mulighet til gjenvekst, som normalt skjer raskt etter en bestandsreduksjon.

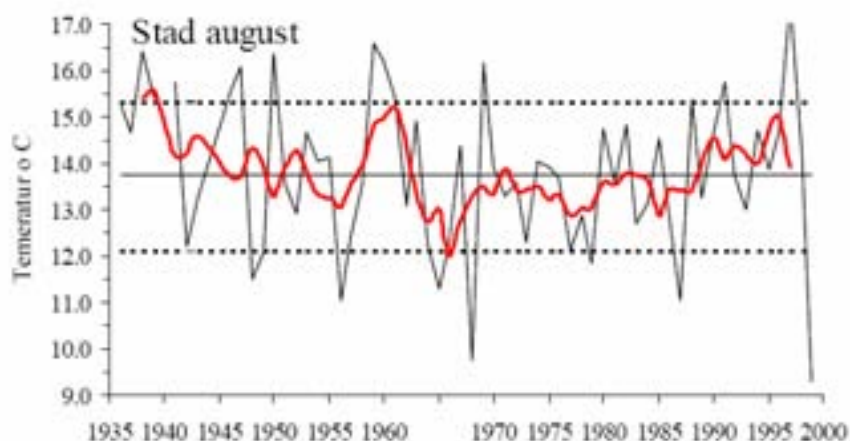
Figur 9.4 og Figur 9.6 viser at det også tidligere har vært varme perioder som i 1930-årene, slutten av 1950-årene, slutten av 1960-årene og midten av 1970-årene, og gamle fiskere og dykkere kan også fortelle at "taren har vært borte før" (det har ikke vært mulig å tidfeste disse observasjonene for sammenlikning med temperaturforhold). Forekomsten av tare varierer sannsynlig naturlig med sjøtemperaturen, men har generelt hatt god bestand på indre kyst fram til det siste 10-året. I motsetning til dagens varme periode har tidligere varme perioder vært korte og etterfulgt av kalde eller normale perioder.



Figur 9.4 Gjennomsnittlig sjøtemperatur for august for perioden 1960-2006 på 1 m og 19 m dyp målt ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen. Blågrått felt angir optimal temperatur for vekst hos sukkertare. (Kilde: Fig. 6.3, HI)



Figur 9.5 Overflate-temperatur i august 2002 målt fra satellitt (Kilde: Fig. 6.6, NERSC)

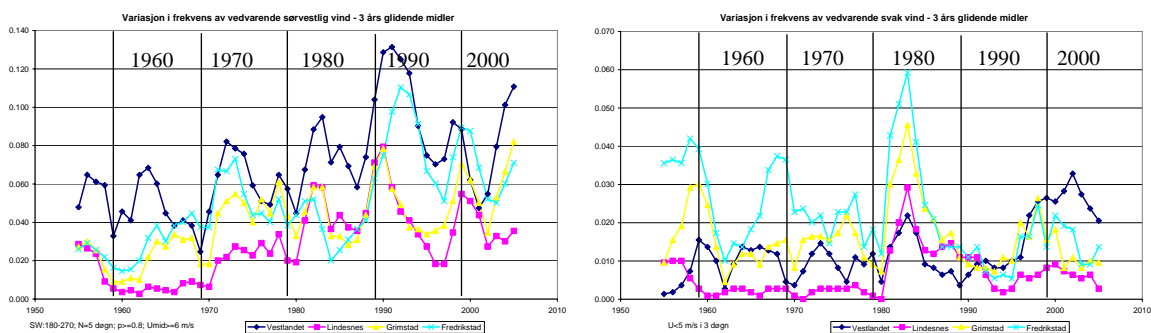


Figur 9.6 Havoverflate-temperatur målt i august måned ved Stad. Månedsmiddel (sort linje) og glidende 5-årsmiddel (rød linje) (Kilde: Fig. 6.13, Aure og Strand, 2001)

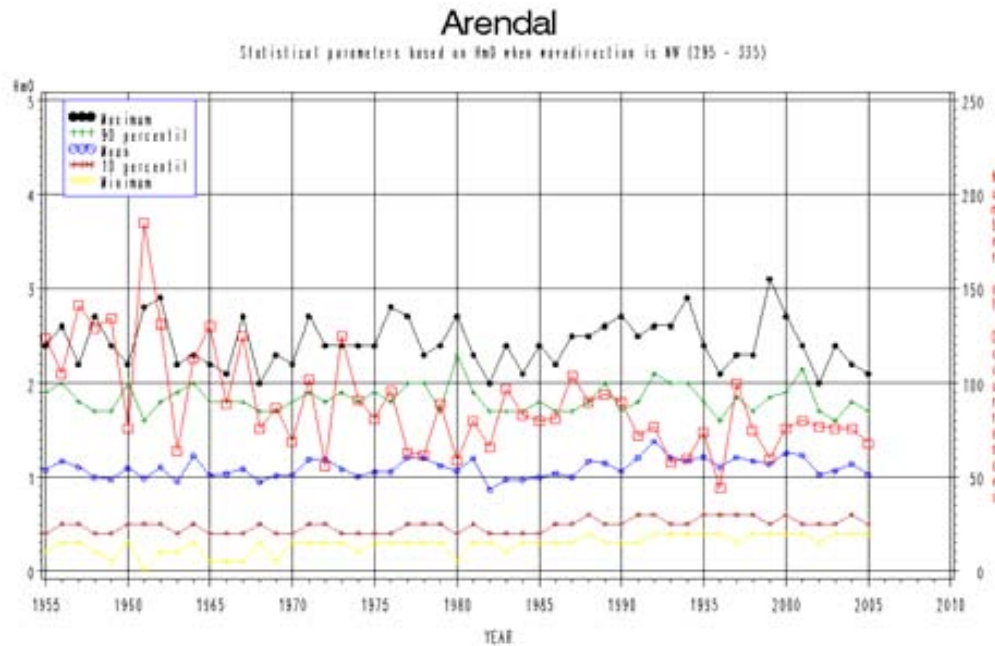
9.3 Vind og bølger

Vindstyrke og vindretning har mye si for bølger og omrøring av vannmassene. Omrøring er positivt for taren som med sin styrke og store blad kan feie bunnen fri for konkurrenter til begrenset tilgjengelig plass på hardbunn. Trådformede alger er mer skjøre og rives av med vannbevegelser slik at mengden av trådalger ikke hoper seg opp og blir et problem for langsomtvoksende arter som sukkertare. Ved ekstreme vind- og bølgeforhold, for eksempel vinterstormer, slites også taren av og kastet blant annet opp i store tarevoller på stranden.

Vindanalysen viser en økende grad av vinder fra sør-vest og økende frekvens av sterke vinder fra sør-vest (mer enn 6 m/s) til alle de 4 undersøkte regioner av Sør-Norge (Figur 9.7). Det kan være positivt for taren, men også negativt i det transporten av næringsrikt vann fra sydlige Nordsjøen også styrkes. En analyse av stille perioder (vedvarende svake vinder) viste imidlertid ingen trend for 1960-2005, men at det har vært flere perioder med stille vær om sommeren. Spesielt på 80-tallet (1981-84) var det mye stille vær over hele Sør-Norge og fra omkring 1996 til 2002 var det økt hyppighet av perioder med svake vinder, spesielt markert på Vestlandet. Svake vinder gir lav omrøring og for å belyse dette nærmere ble det også analysert på forekomsten av fralandsbølger. Fralandsbølger vil gi spesielt lite bølger og lite omrøring i sukkertarens primærområde i skjærgården inn mot land. Analysen viste en liten nedgang i frekvensen av fralandsbølger (Figur 9.8), det vil si at det ikke er blitt mindre bølgeomrøring nå enn sammenliknet med tidligere. Imidlertid skiller 1997 seg ut med høyere frekvens av fralandsbølger som kan ha gitt mer stillestående vann i skjærgården dette året. Sammenfall av svake vinder og stillestående vann med en lang sammenhengende varm periode, kan høyst sannsynlig ha skapt meget ugunstige miljøforhold for sukkertaren og utløst en regional taredød i 1997. De store tarebladene i en tett skog trenger vannbevegelse for at ikke de store bladene skal blir liggende stille på hverandre og for nødvendig vannutskifting rundt bladene for utskifting av ”vekststoffer” og ”avfallsstoffer”. Stillestående vann øker også varmetransporten fra overflaten og ned i dypet slik sukkertaren også på dypere vann utsettes for negativ oppvarming. Det regionale bortfallet av sukkertare kan således være forårsaket av spesielle vind- og bølgeforhold sammen med høy temperatur.



Figur 9.7 Frekvens av vedvarende sterk vind fra sørvest (venstre) og perioder med stille vær (lite vind, høyre) for de fire områdene. Vestlandet = mørk blå, Lindesnes = rosa, Grimstad = gul og Fredrikstad = lys blå. (Kilde: Fig. 5.2 og 5.3, met.no)



Figur 9.8 Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra nord-vest (fralandsbølger) Den røde linjen angir antall tilfeller av 6 timers observasjoner. (Kilde: Fig 5.5, met.no)

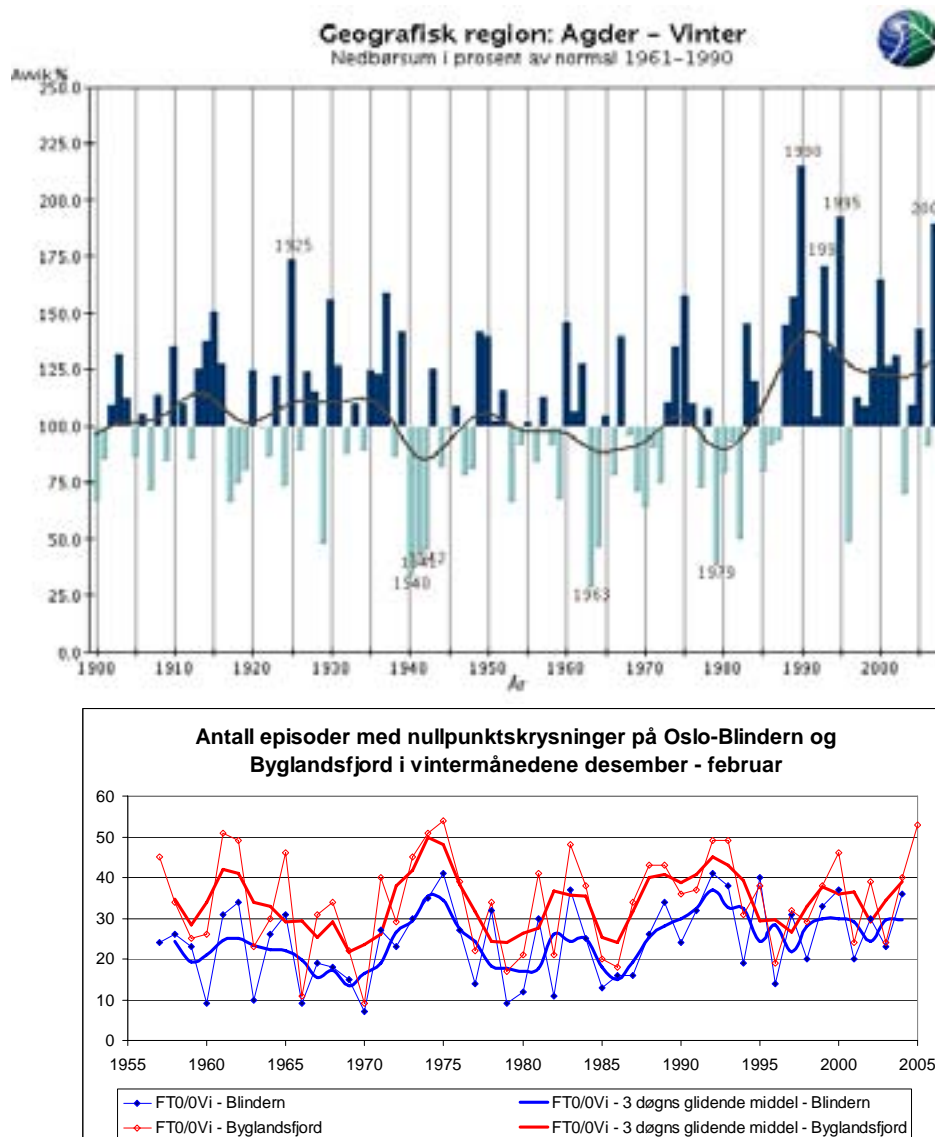
9.4 Nedbør og temperatur

Målinger av nedbør og lufttemperatur viser at Agder-regionen har blitt både våtere og varmere siden 1980 sammenliknet med årnormalen (1961-1990) og tidsperioden tilbake til 1900 (jfr. kap. 2 og Figur 9.9).

Markert økning i vinternedbør og et høyt antall nullpunktkrysninger (som har sammenheng med vintertemperatur og gir økt jorderosjon) i Agder, kan være årsak til økt partikkeltransport til kystvannet med etterfølgende nedslamming av bunnen. I periodene rundt 1962, 1975, 1992 og 2000 var det mange fryse-tinedøgn, og spesielt siden 1988 har en så å si hatt en sammenhengende ubrutt 15-årsperiode med unormalt høy vinternedbør. Høy temperatur førte også til at vinternedbøren kom som regn.

Interessant er det å merke seg at periodene rundt 1962 og 1975 med et høyt antall nullpunktkrysninger også sammenfaller med unormalt høy vinternedbør. Men til forskjell fra disse hendelsene som varte i 2-3 år og ble etterfulgt av normale eller kalde år, har klimaet i hele perioden etter 1988 avveket fra normalen.

Da sukkertaren bare lever i 3 til 5 år, må den nesten årlig ha god rekruttering for å opprettholde sin populasjon. Det vil med andre ord si at noen få sammenhengende ugunstige år vil føre til en midlertidig nedgang i bestanden, mens ugunstige forhold de siste 15 år kan være årsak til en vedvarende reduksjon av sukkertarebestanden.



Figur 9.9 Avvik i nedbør fra normal 1961-1990 for vintersesongen (des-feb) i Agder (over). Antall fryse-tine-episoder på Østlandet (blå) og Sørlandet (rød) i perioden 1957-2005 (under). (Kilde: Fig. 2.2 og 2.9, met.no).

9.5 Elvetilførsler

Tilførsel av næringsstoffer og partikler fra land til kystvannet henger i stor grad sammen med vanntransport i bekker og vassdrag. Studier i Numedalslågen (blant flere) har vist at 90 % av årstilførselen av partikler til kystvannet skjer i flomepisoder. Analyse av vannføring og flomfrekvens har derfor vært en viktig del av klimastudiet med betydning for sukkertare.

Imidlertid viser analysen av flomfrekvens ingen langtidstrend mht. antall flommer siden 1950, selv om det har vært mange flommer i perioden 1998-2001. Stor vannføring og flommer skapes av sterk snøsmelting om våren, men også av stor nedbør. Antall regnflommer har økt betraktelig i Norge siden 1990. Men det var også tilsvarende perioder på 1950-60 tallet og også på 1930-tallet, med høyt antall regnflommer og det er slik sett ikke unikt for siste 15-års periode.

1995-flommen på Østlandet var en spesiell hendelse hvor Glommavann kunne spores langt nedover Sørlandskysten. Høstflommen i år 2000 på både Østlandet og Sørlandet kan også karakteriseres som en spesiell hendelse med sannsynlige følger på kystmiljøet grunnet sin unormalt lange varighet (60 dager). Bortsett fra disse to episodene i siste 15-årsperiode er det ikke funnet vannføring eller flomfrekvens som avviker fra hva som har funnet sted tidligere. Likevel kan hyppig forekomst av høst- og vinterflommer på 1990-tallet på Sørlandet ha hatt en medvirkende negativ effekt på sukkertaren.

Foruten endring i vannføring er endring i stoffkonsentrasjoner viktig for endring i belastning på kystmiljøet. Analyse av karbonkonsentrasjonen (TOC) i elvevannet viser store år til år variasjoner, men likevel en økning i Sørlandselvene (signifikant i Tovdalsvassdraget). Det som kommer tydeligst frem i dette datamaterialet, er flommen i 2000 som førte til en nesten doubling av normal TOC-transport i vassdragene samt en sterk økning i tilførslene av nitrogen, fosfor og slam.

Nitrogen- og tildels fosfortransporten i elvene er korrelert med vannføringen. I de senere år synes det å ha vært hyppigere flomtopper og økt fosfortransport. Overvåkingsprogrammet for landbruksbekker (JOVA) viser økt avrenning av både fosfor og partikler fra landbruksbekker på Agder i perioder med høy vannføring i 1999-2002 sammenliknet med tilsvarende høy vannføring i 1994-1995. Høy transport av partikler er også notert i de norske store vassdragene i perioden 1999-2001 (2002). Denne endringen kan ha bidratt til økte lokale tilførsler av næringsstoffer og partikler til kystmiljøet.

Med tanke på årsak og virkning er det viktig å holde fast på det forhold at god forekomst av sukkertare ble observert i 1996, mens bortfall av tare ble registrert i 2002. Derimellom har vi ikke målinger. Overvåking på indre kyst i regi av Sukkertareprogrammet har pågått siden 2004 og det vil si at resultater fra Sukkertareprosjektet reflekterer de siste års hendelser med flommen i 2000 og 2002 som viktige bidrag.

9.6 Elvetilførsler fra ikke-norske elver

Nordsjøen tilføres i overkant av 1,1 millioner tonn nitrogen og omtrent 75,000 tonn fosfor per år fra alle land som drenerer til Nordsjøen, inkludert Norge. I tillegg kommer direkte atmosfærisk nedfall av nitrogen. Tilførsler siden 1990 (data fra 1990-2002) viser store variasjoner som først og fremst er knyttet til variasjoner i vannføring. Spesielt store nitrogentilførsler er notert i årene 1994 og 1995 i forbindelse med storflommer i elvene på kontinentet. I disse to årene var nitrogentilførselen mer enn 25 % over normalverdiene. Også i år 2000 var nitrogentilførselen høyere enn normalt. De laveste nitrogentilførslene er notert i 1996 og 1997 med tilførsler ca 20 % under langtidsmiddel. Lav vannføring er forklaringen på disse lave tilførslene av nitrogen.

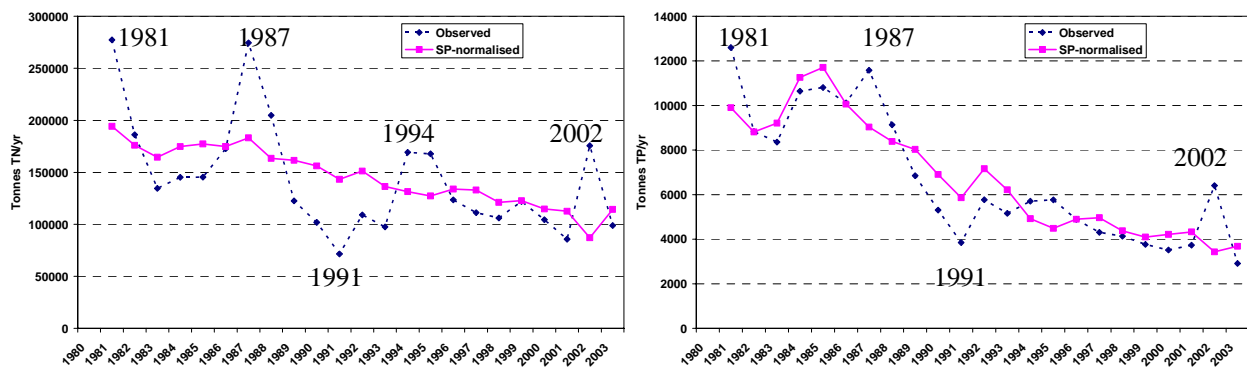
Fosforutslippene oppviser omtrent samme trend og variasjon mellom årene som nitrogen; med høye tilførsler i 1994, 1995 og 2000. I perioden 1996-2002 var tilførslene generelt sett lavere enn i perioden 1990-1995. Dette siste kan sees i direkte sammenheng med nedgang i tilførsler fra de store kontinentale elvene.

Tilførsler av nitrogen fra Elbe harmonerer delvis med målinger av nitrat i overflatevannet i Tyskebukta (ved Helgoland), hvor det ble funnet en økning i konsentrasjonen i 1981, 1987 og 1994 som stemmer med toppene i tilførsler (Figur 9.10 og Figur 9.11). Men konsentrasjonen av nitrat i Tyskebukta øker dramatisk fra rundt 20 μM til 80 μM i perioden fra 1981 til 1994-

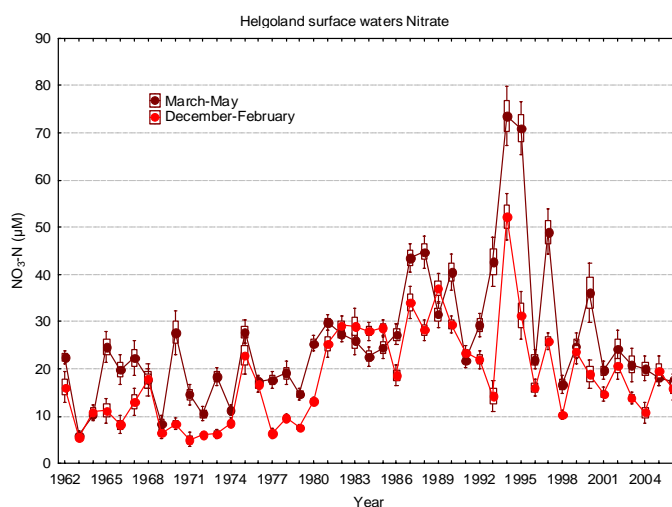
1995, men viser en markert nedgang etter 1995 og er siden 2002 på nivå med 1960-årene. Vinterkonsentrasjonene (desember-februar) ligger fremdeles litt over 1960-nivået.

Hvor mye av næringsstofftilførselen til sydlige Nordsjøen som også kommer til vår kyst, har i stor grad sammenheng med vind og sirkulasjonsmønsteret i Nordsjøen og Skagerrak og kan variere stort fra år til år. Figurene 10.10, 10.11 og 10.12 viser noen sammenhenger mellom topper i nitrat-konsentrasjoner i 1994-95, 1999 og 2002 i det norske kystvannet, Tyskebukta og kontinentale elvetilførsler. Men avvik i mønster viser at det ikke er noen lineære sammenhenger og at det er flere forhold som spiller inn. Modellberegnete tilførsler i Figur 9.14 viser en halvering av nitrogentilførselen i 1996 sammenliknet med 1995, slik at det i 1996 både var en reduksjon av kilden (Figur 9.10) og redusert transport til vår Skagerrakkyst som ga lave konsentrasjoner i Kyststrømmen (Figur 9.12).

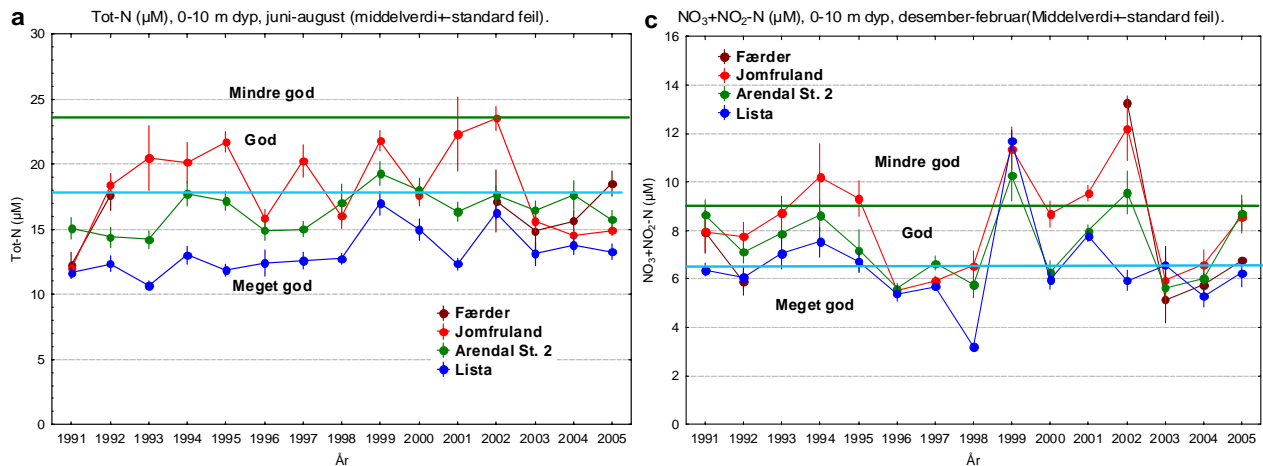
Når bidraget fra de kontinentale elvene går ned (Figur 9.10 og Figur 9.11) og analysene så langt ikke kan vise samme nedgang i tilførsler fra lokale elver, øker betydningen av de lokale elvetilførslene for vannkvaliteten i kystvannet av Skagerrak.



Figur 9.10 Venstre panel viser transport av totalnitrogen (tonn) og høyre panel av totalfosfor (tonn) i Elbe i Tyskland, i perioden 1980 – 2003. Rosa kurve er vannføringsnormalisert, dvs. at den nedgangen som vises i transport er justert og derfor relativt uavhengig av vannføringen. Merk at målingene startet allerede på 80-tallet og at nedgangen var størst da. (Jfr: Fig 4.17)



Figur 9.11 Nitratkonsentrasjoner i overflatevann ved Helgoland i 1962-2005, vinter og vår. (jfr. Fig 7.5)



Figur 9.12 Konsentrasjoner av nitrat (vinterverdier, venstre panel) og total nitrogen (sommerverdier, høyre panel) i overflatevann av Kyststrømmen på Sørlandet 1991-2005 (Kilde: Fig. 7.9, Kystovervåkingsdata, NIVA).

9.7 Vind, bølger og havsirkulasjon

Sydlig vinder i Nordsjøen driver overflatevannet nordover og øker transporten av næringsrikt vann fra Tyskebukta til Kyststrømmen. Vindanalysen viser en tydelig økning i vind fra sørvest til alle kystregioner av Sør-Norge for perioden 1960-2005. Det er også en økende frekvens av perioder med vedvarende sørvestlig vind både på kysten av Vestlandet og langs hele Skagerrak. Årene 1989-93 viser en markert topp og i 1999-2000 var det også mer vedvarende sørvestlig vind enn før og etter disse årene. En ny økning ble igjen målt fra 2004.

For å studere langtransporterte tilførsler av vann og stoffer over Nordsjøen i relasjon til klimatiske endringer, ble met.no's numeriske havsirkulasjonsmodellsystem MIPOM satt opp for Skagerrak, Kattegat og den nordlige Nordsjøen og kjørt over perioden 1991-2005.

For å estimere den relative innflytelsen av tilførsler fra forskjellige ferskvannskilder til sørlandskysten er volumfluks og nitrogentilførsler fra de viktigste norske, svenske, danske, tyske, hollandske, belgiske og engelske elver gitt som input til havsirkulasjonsmodellen. Konsentrasjonene er satt som passive sporstoffer, kalt pseudo-N, og reflekterer de forskjellige kildenes influens på havområdet. Merk at det ikke viser den reelle transporten av nitrogen, da transporten av nitrogen i høy grad påvirkes av biologiske prosesser underveis.

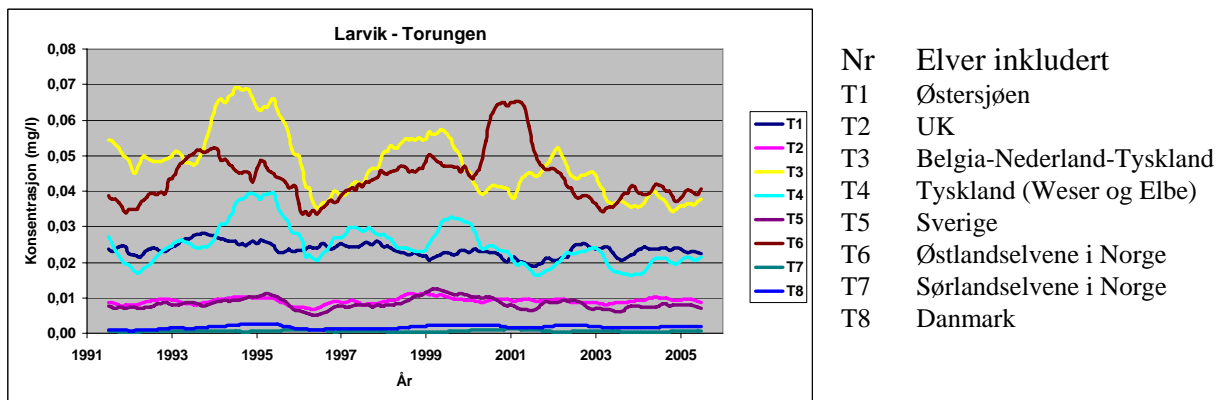
Analysen av det passive sporstoffet viser at de kontinentale elvene i sydlige Nordsjøen (Belgia, Nederland) bidrar omtrent like mye til kyststrekning Larvik-Arendal som Østlands-elvene (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva) og at bidraget fra Tyskland (Weser og Elbe) er omtrent likt med bidraget fra Østersjøen (Figur 9.13). Analysen viser også at bidraget fra Sydlige Nordsjøen og Tyskebukta var dominerende i 1994-95, men viser en avtakende trend over analyseperioden, mens Østlandselvene viser en økning fram til en topp i 2001.

Beregninger av J.Aure (HI) for perioden 1990-95 har vist at 80 % av nitraten i kyststrømmen utenfor Arendal om våren er langtransporterte tilførsler fra sydlige del av Nordsjøen (Kystovervåkingsrapport for 2004) og de modellerte verdiene stemmer overens med dette. Det lages nå nye beregninger for perioden etter 1995 og disse vil bli publisert i Kystovervåkingsprogrammets årsrapport for 2006 (Moy et al. in press).

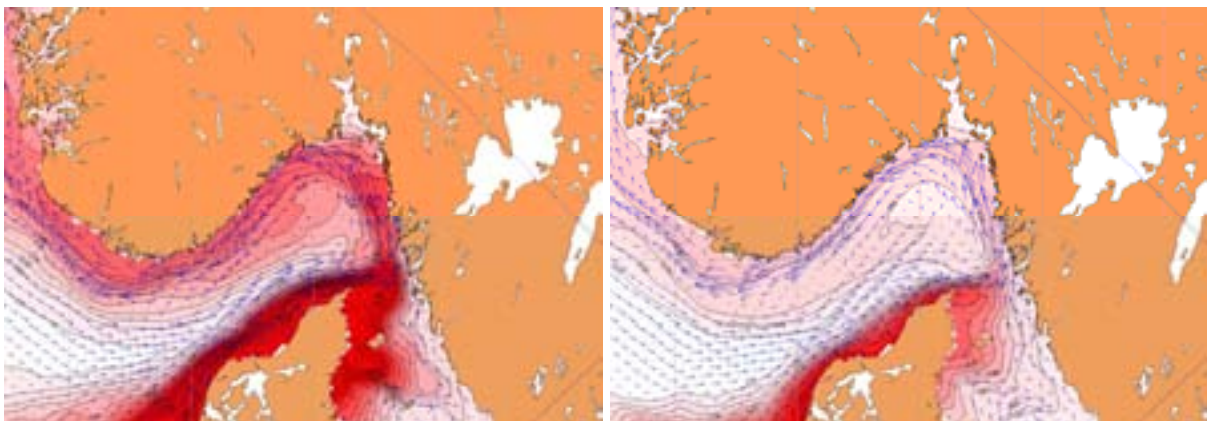
Næringsalter vil, i motsetning til det modellerte passive sporstoffet, vil som nevnt påvirkes av biologiske prosesser underveis og kunne således ha en annen fordeling ettersom de tas gradvis ut av transportkjeden. De Østlandske elvene har en klar innflytelse på Sørlandskysten og med kort avstand er deres tilførsler mer direkte.

Elvenes modellerte influens på Sørlandskysten er markert lav i 1996. Det henger ikke bare sammen med lite nedbør og lave elvetilførsler, men havsirkulasjonsmodellen viser også at strømmønsteret i Skagerrak dette året var sannsynligvis unormalt med reversert Kyststrøm (Figur 9.14).

Storskala endringer i de klimatiske forholdene ga stor nedbør på kontinentet og stor transport av næringsrikt vann til Sørlandskysten i 1994-95 og motsatt lite nedbør og transport i 1996. Store nedbørsmengder på Østlandet og Sørlandet med høstflom i år 2000 førte til et betydelig lokalt bidrag av nitrogen, fosfor, karbon og partikler til Sørlandskysten.



Figur 9.13 Konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder til kyststrekning Larvik-Torungen. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m vanddyb. (Jfr: Fig. 8.5)

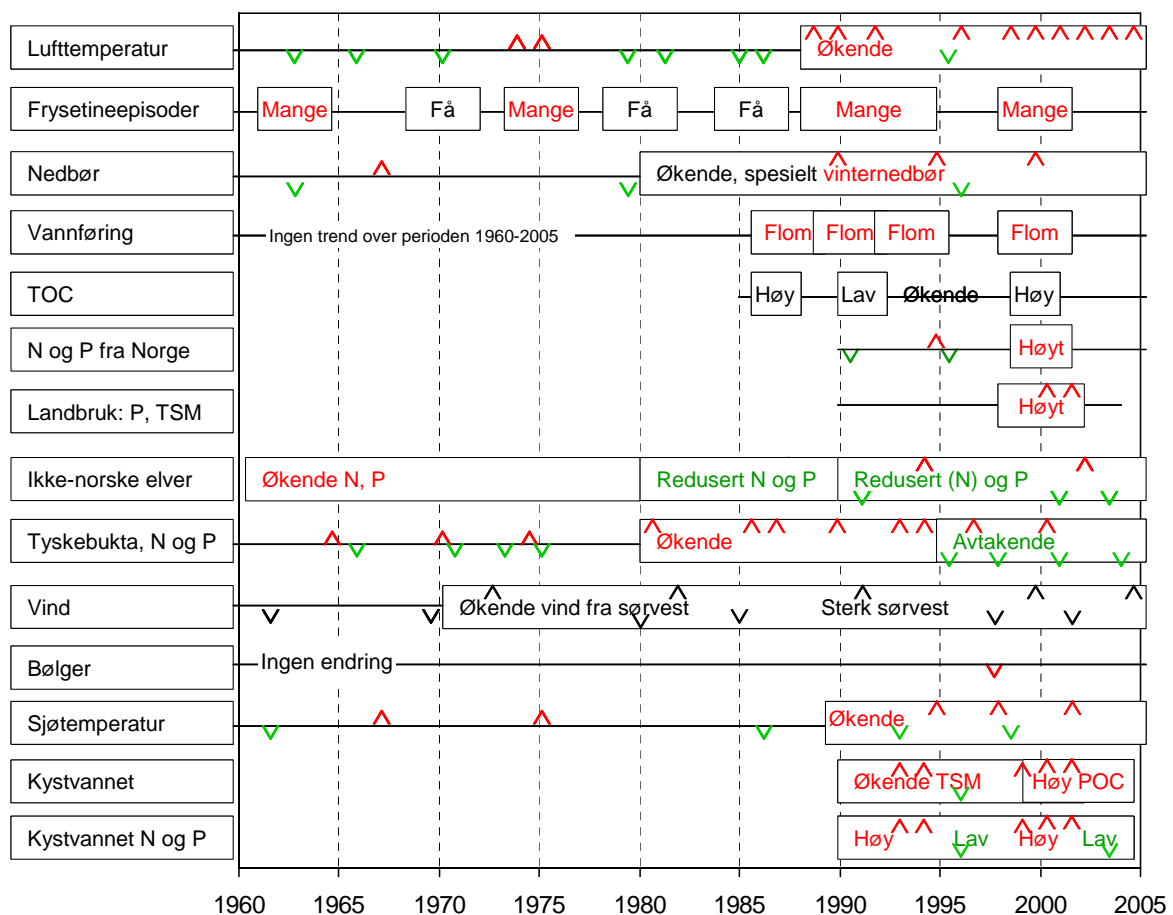


Figur 9.14 Fordeling av månedsmidlet sporstoff T3 (rødfarge = pseudo-N fra Belgia-Nederland og Tyskland, jfr. Figur 9.13) og overflatestrøm (piler). Venstre panel (juli 1995) viser en typisk sommerfordeling med relativt høye konsentrasjoner langs kysten av Danmark, Sverige og Norge. Strømmen følger også et typisk sommermønsteret med relativt sterk strøm langs hele norskekysten. Høyre panel viser situasjonen i juli 1996, etter flere måneder med svak Jyllandsstrøm og reversert Kyststrøm. Disse forhold har ført til at Pseudo-N konsentrasjonen langs norskekysten er halvert i forhold til året før. (Kilde: Fig. 8.4, met.no)

9.8 Oppsummering

Sammenfall av høy sjøtemperatur, lite vind og bølger, høy tilførsel av nitrogen, fosfor og partikler i tidsrommet før bortfall av sukkertare (Figur 9.15), sannsynliggjør en sammensatt årsakssammenheng med disse som viktige faktorer. Mangel på sukkertareobservasjoner i tidsrommet 1996-2002 gjør at vi ikke kan tidfeste bortfallet av sukkertare nøyaktig. Men høy sjøtemperatur er ut fra en totalvurdering den enkeltfaktor som mest sannsynlig kan ha utløst en regional taredød i 1997, med mulig nye bestandsreduksjoner de varme somrene 1999 og 2002.

Tidligere varme perioder har sannsynlig også ført til nedgang i sukkertarebestandene, men sukkertareskogene har kommet tilbake ved naturlig gjenvekst. Manglende gjenvekst av sukkertare de siste årene, synes ut fra analysene å kunne skyldes en mer langvarig utvikling med gradvis dårligere livsbetingelser for sukkertaren i perioden 1980-1995. Biologiske systemer og spesielt klimakssamfunn som et sukkertaresamfunn er, har en stor treghet og innbygget motstand mot endringer. Klimakssamfunn responderer lite på økende belastninger inntil en grenseverdi er nådd, eller en direkte skadelig faktor inntreffer. Da endrer samfunnet seg brått og et nytt samfunn etableres med dominans av nye arter som er favorisert av den nye miljøtilstanden.



Figur 9.15 Illustrasjonen summerer opp resultatet av klimatiske hendelser i perioden 1960-2005. Linje eller boks indikerer lengden på de ulike dataserier som er undersøkt. Topp- og bunn-symboler viser henholdsvis år med høy og lave verdier. Fargen indikerer positivt (grønt) eller negativt (rødt) for sukkertare. Begge deler eller ukjent effekt er i sort.

Store tilførsler av næringsalter til Skagerrak i perioden fra 1988, kombinert med økende nedbør, mange fryse-tine-episoder og store flommer i 1994-95, har trolig redusert vannkvaliteten for sukkertare og samtidig begunstiget vekst av konkurrerende opportunistiske organismer, inkludert de trådalger, fastsittende dyr og bakterier som dominerer dagens samfunn.

Modellberegninger viser at langtransporterte tilførsler av næringsalter har gått ned etter 1995, basert på at bidraget av nitrogen og fosfor fra de kontinentale elver har gått ned. Reduksjoner i disse langtransporterte næringsalttilførsler kan føre til bedre vannkvalitet på Skagerrakkysten, med håp om naturlig gjenvekst av sukkertare. En periode med mer fremherskende og sterkere sørvestlige vinder har imidlertid gitt økt transport av vann fra sørlige Nordsjøen, til vår kyststrøm, og muligens kompensert for ovennevnte positive utvikling. Utvikling etter 2002 tyder på en mulig normalisering av vind- og strømforholdene med reduserte langtransporterte tilførsler og bedring i vannkvaliteten på Skagerrakkysten (jfr. Kystovervåkingsrapport for 2006, Moy et al. in press). Analysen indikerer ingen nedadgående trend i tilførsler av nitrogen og fosfor fra norske elver, som da relativt sett får en større betydning for tilstanden på kysten. Mange fryse og tine-episoder, stor nedbør og flommer i vinterhalvåret, bidrar til store lokale elvetilførsler av både næringsstoffer og partikler til kystområdene.

Figur 9.15 visualiserer at mange av dataseriene har en økende hyppighet av unormale hendelser de siste 15 år, som i mange tilfeller faller på samme tidspunkt. I Tabell 9.1 er disse satt opp mer systematisk for regionene som ble undersøkt og viser at de fleste klimatiske hendelser synes relativt like i Sør-Norge. Noen mindre forskjeller er indikert, men det er usikkert hvilken betydning de regionale forskjeller har for sukkertareproblematikken.

Foreløpig synes samfunnet som har etablert seg etter sukkertaren å ha en selvforsterkende mekanisme som opprettholder ugunstige betingelser for sukkertarerekrutter, dvs. hemmer gjenvekst av taren. Disse forhold er til undersøkelse i andre løpende aktiviteter i Sukkertareprosjekt.

Tabell 9.1 Oversikt over endringer funnet i dataanalysene kategorisert på 4 regioner; Øst-Norge, Sør-Norge, Vest-Norge og Utlandet (Sverige, Danmark, Tyskland m.fl.). na = data ikke tilgjengelig eller tilstrekkelig for analyse.

Data	Øst-Norge	Sørlandet	Vestlandet	Utlandet
Sjøtemperatur	Økt siste 15 år na	Økt siste 15 år Varm sommer 1991, 1994, 1995, 1997, 1999, 2002, 2006 Oppvarming av dypvannet	Økt siste 15 år Varm sommer 1997 og 2003	Økt siste 15 år Varm sommer 1982, 1991, 1995, 1997, 1999, 2002, 2003, 2004, 2006
Vind	Økt vind fra sørvest. Høy i 1973, 2000. Maks i 1992 Stille vær i 1955-60, 1967-9, 1981-4, 1998	Økt vind fra sørvest. Høy i 1990, 2000. Maks i 2005 Stille vær i 1958-9, 1981-4, 1998	Økt vind fra sørvest. Høy i 1972-4, 1982- 3, 1990-4, 1998-9, 2004-5. Maks i 1992 Stille vær i 1983, 1997-2004	na
Fralandsbølger, høyde	Svak nedgang	Svak nedgang. Relativt høy frekvens i 1997	Svak nedgang	
Bølgehøyde	Ingen endring	Ingen endring	Ingen endring	
Nedbør		Økende. Høy i 1990, 95, 2000		

Data	Øst-Norge	Sørlandet	Vestlandet	Utlandet
Temperatur, luft		Økende siden 1988. Høy i 1934, 1989-90, 2000, 2006 Kald i 1940-42, 63-70, 76-81, 85-87		
Fryse-tine, antall nullpasseringer	Økt siden 1985. Topp i 1973-76, 1988-93, 1999-2000, 2004	Økt siden 1960. Topp i 1973-76, 1983, 1988-93, 1999-2000, 2005	na	na
Flomfrekvens, endring eller spesielle episoder	Ingen økning i frekvens av f.eks. 5-års flommer	Ingen økning i frekvens av f.eks. 5-års flommer	Ingen økning i frekvens av f.eks. 5-års flommer	
Vannføring	Storflom i Glomma i 1995 Høstflom i 2000	Høstflom 1987-90, 2000 Vinterflom 1991-93		Høy i kontinentale elver i 1994-95
Nitrogen fra elver		Ingen trend. Topp i 1994-5, 1999-2000. Avtagende siden 2000	Økende tilførsler. Topp i 1990, 2000, 2005. Høy i 2000-5	Avtagende siden 1988
Fosfor fra elver		Ingen trend. Topp i 1990, 1995, 1999-2002. Avtagende siden 2002	Økende tilførsler. Topp i 1990, 2000, 2005. Høy i 2000-5	Avtagende siden 1988
TOC fra elver	Økende trend. Høy i 1988 og 2000. Lav i 90-93 Dobling under flommen i 2000	Økende trend. Høy i 1988, 1994, 2000. Lav i 90-93 Dobling under flommen i 2000	Ingen trend	na
Landbruksbekker	Høy fosforutlekking i 1999-2002 Nitrogen følger vannføring Høy partikkelforu. i 1999-2002	Spes. høy fosforutlekking i 1999-2002 Nitrogen følger vannføring Spes. høy partikkelforu. i 1999-2002	Fosfor følger nedbør Nitrogen følger vannføring Partikler følger vannføring	na
Marin vannkvalitet - Nitrogen, nitrat - Fosfor - Partikler	Økende tot-N kons Høy nitrat-kons i vinter 2001 Høy konsentrasjon i 1993-5, 2001 Økende	Økende tot-N kons Høy tot-N kons i 1999, 2002 og 2005 Avtakende. Høy i 1990-5, 1999, 2004 Økende kons. Høy i 1994-95, 1999-2000, 2002-2005	 Avtakende. Høy i 1990-5, 1999 na	Tyskebukta: Nitrat-hopp opp i 1987-88, 94-95. Normalnivå 2005.
Langtransporterte tilførsler fra sydlige Nordsjøen	Sv.grensa-Larvik mottar på nivå med Torungen-Lista	Larvik-Torungen mottar størst mengde Markerte tilførsler i 1994-95, 1999, 2002	Stor i 1994 og 1999. Likevel langt lavere enn Skagerrak	Sv.grensa-Larvik mottar på nivå med Torungen-Lista
Elvetilførsler til Sørlandet, Havsirk. modellering	Sterkt bidrag fra østlandselver i 2000-2001			Sterkt bidrag fra utlandet i 1994-95, 1999, 2002
Vannføring , Sirkulasjon i Skagerrak		høy i 1994-1998		

10. Referanser

- Aure J, Strand Ø. 2001. Havforskningsinstituttets termografstasjoner. Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann mellom 1936 og 2000. *Fisken og Havet*, nr 13 2001
- Bokn T, Lein TE. 1978. Long-term changes in furoid association of the inner Oslofjord, Norway. *Norw.J.Bot.* 25;9-14
- Bokn T, Murray SN, Moy FE, Magnusson J. 1992. Changes in furoid distribution and abundance in the inner Oslofjord, Norway; 1974-80 versus 1988-90. *Acta Pytogeogr. Suec.* 78:117-124
- Bolton JJ, Lüning K. 1982. Optimal growth and maximal survival temperatures of Atlantic *Laminaria* species (Phaeothyta) in culture. *Mar. Biol.* 66: 89-94
- Borgvang, S.A., Skarbøvik, E., Selvik, J.R., Stålnacke, P.G., Bønsnes, T.E. and Tjomsland, T. 2006. Load and Source Orientated Approaches for Quantifying Nutrient Discharges and Losses to Surface Waters. May the methodologies of and the synergies between the two approaches be improved? NIVA Report 5307-2006. 84 pp.
- Borgvang, S., Stålnacke, P., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J., Tjomsland, T., Harsten, S. 2006. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2004. OSPAR Commission. SFT-report 947-2006, 159 pp.
- Coles, S. 2001. An Introduction to Statistical Modelling of Extreme Values. Springer-Verlag. London, 208 pp.
- Drageset T.-A. 2003: Flomberegning for Flaksvatn i Tovdalselv. Flomsonekartprosjektet. Dokument 14-2003, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo
- Eisma, D.& Kalf, J., 1987. Dispersal, concentration and deposition of suspended matter in the north Sea- *J.Geol.Soc.London* 144:161-178.
- Fortes MD, Lüning K. 1980. Growth rates of North Sea macroalgae in relation to temperature, irradiance and photoperiod. *Helgol. Meeresunters.* 34:15-29
- Førland, E.J., Benestad, R., Haugen, J.E., 2007. "Endringer i ekstrem nedbørforhold". Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning, Eirik J. Førland, Helene Amundsen, og Grete K. Hovelsrud (red.). Cicero Report 2007:03, s.13-18.
- Førland, E.J., Roald, L.A., Tveito, O.E. & Bauer-Hanssen, I., 2000. Past and future variations in climate and runoff in Norway. DNMI Report no. 19/00.
- Hisdal, H., Holmqvist, E., Kuusisto, E., Lindström, G. and Roald, L.A., 2004. Has streamflow changed in the Nordic countries? NHP Report No.48, Tartu, 2004.

- Hoek, van Den, C. 1982. The distribution of benthic marine algae in relation to the temperature regulation of their life histories. *Biol. J. Linnean Soc.* 18:81-144
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H., Hopen, T. 1998. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles results and discussions B. Data report. SFT-report 750-1998, 139 pp.
- Hurrell, J. W., 1995: Decadal trend in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676–679
- Jakobsen F. (2000). The wind influence on the Jutland Coastal Current interpreted on the basis of some observations. *NORDIC HYDROLOGY* 31 (2): 127-148 2000
- Killingtveit, Å., 2006. "Om flommer og årsak til flom". Flom og ras i vassdrag (Ånund Killingtveit, NTNU og Einar Sæterbø, NVE). Presentasjon på seminar i Norges Tekniske Vitenskapsakademi Trondheim 24 jan. 2006.
<http://www.ntva.no/seminarer/manus/killingtveit-240106.pdf>
- Kundzewicz, Z. W., Graczyk, D., Maurer, T., Pińskwar, I., Radziejewski, M., Svensson, C., Szwed, M., 2005. Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow, *Hydrol. Sci. J.* 50 (5), 797–810.
- Lindström, G. and Bergström, S. 2004. Runoff trends in Sweden 1807-2002. *Hydrological Sciences Journal* 49: 69-83.
- Moy, F (Ed). 2004. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2003. SFT Rapport: 901/2004, TA-nummer: 2025/2004, ISBN-nummer: 82-577-4523-5
- 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.
- Moy FE, Alve E, Christie H, Helland A, Magnusson J, Steen H, Tveiten L, Åsen PA. 2007. Statusrapport nr.2 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA2232/2007. NIVA-rapport 5344. 60s.
- Moy F, J Aure, T Falkenhaus, T Johnsen, E Lømsland, J Magnusson, KM Norderhaug, A Pedersen, B Rygg. In press. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2006.
- North Sea Progress Report 2002. Fifth Ministerial Conference on the Protection of the North Sea. 20-21 March 2002. Progress Report 2002.
<http://www.dep.no/md/html/nsc/progressreport2002/hoved.html>
- North Sea Task Force (1993). Assessment report.
- Roald, L.A., Asvall, R.P. 2007. "Endring i ekstreme nedbør- og flomforhold". Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Utredning på oppdrag fra Statens

- Landbruksforvaltning, Eirik J. Førland, Helene Amundsen, og Grete K. Hovelsrud (red.). Cicero Report 2007:03, s.18-27..
- Roald, L.A., Beldring, S., Engen-Skaugen, Torill, Førland, E.J., Benestad, R., 2006. Climate change impacts on streamflow in Norway. Consultancy report A no 1-2006. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oslo. 76 pp
- Roald, L.A., Førland, E.J., Tveito, O.E. & Bauer-Hanssen, I., 2000. Annexes to Past and future variations in climate and runoff in Norway. *DNMI Report no. 20/00*.
- Roald, L.A. 1999. *Analyse av lange flomserier*. HYDRA-rapport no. F01, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oslo.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. FMI-AQ-31 report. Finnish Meteorological Institute, 35 pp.
- Selvik, JR., Tjomsland, T., Borgvang, SA. og Eggestad. HO. 2006. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder i 2005, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL2. NIVA-Rapport 5330-2007.
- Skjelkvåle, B.L. 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2004. SFT-rapport 941-2005. 149 s.
- Sælthun, N. R., 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE-Rapport nr. 14-1997. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 81 s.
- Sælthun, N.R., Aittonemi, P., Bergström, S., Einarsson, K., Jóhannesson, T., Lindström, G., Ohlsson, P-E., Thomsen, T., Vehviläinen, B., and Aamodt, K.O., 1998. Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic countries. Final report from the project "Climate Change and Energy Production". TemaNord 1998:552. ISBN 92-893-0212-7. ISSN 0908-6692. Copenhagen. 170 p.
- Van Weering, T.C.E. , Berger, G.W, and Kalf, J., (1987).Recent sediment accumulation in the Skagerrak, northeastern North Sea. *Neth.J.Sea.Res.* 21: 177-189.
- Wang, Q. J. (1996). Direct sample estimators of L moments. *Water Resources Research*, 32, 3617-3619.
- Wulff, F., L. Rahm, A. - K. Hallin and J. Sandberg. 2001. A nutrient budget model of the Baltic Sea. Chapter 13 in: F. Wulff, L. Rahm and P. Larsson (Eds.) A systems analysis of the Baltic Sea. *Ecological Studies*, Vol 148, pp 353-372. Springer Verlag.



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
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning, NIVA	Kontaktperson SFT Ingrid Marie Nissen	ISBN-nummer 978-82-577-5189-0
--	--	----------------------------------

	Avdeling i SFT OMI	TA-nummer 2279/2007
--	-----------------------	------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	År 2007	Sidetall 210	SFTs kontraktnummer 6007011
--	------------	-----------------	--------------------------------

Utgiver Statens forurensningstilsyn	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
--	--

Forfatter(e) Redaktører: Frithjof Moy (NIVA) og Per Stålnacke (Bioforsk) Øvrige forfattere: Line Johanne Barkved, Øyvind Kaste, Helen de Wit, Jan Magnusson, Kai Sørensen (NIVA), Knut Iden, Hans Olav Hygen, Knut Harstveit, Bruce Hackett, Jon Albretsen (met.no), Johannes Deelstra (Bioforsk), Henning Steen (HI) Lasse H. Pettersson (NERSC)

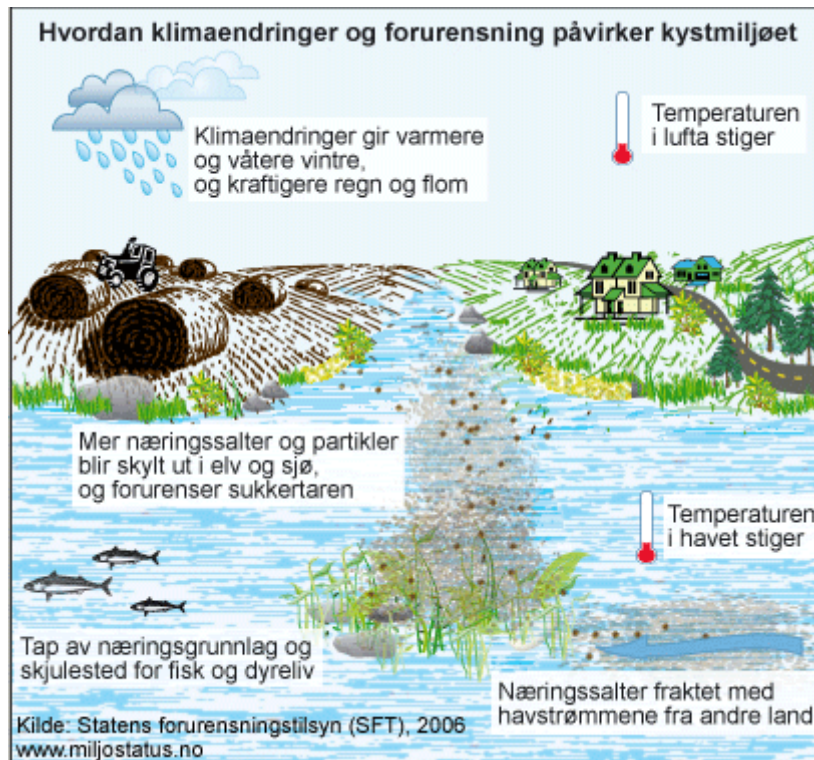
Tittel - norsk og engelsk Sukkertareprosjektet Analyse av klima- og miljøovervåkingsdata med betydning for sukkertare Sugar Kelp Project: Analyses of climate and environmental data with relevance for sugar kelp
--

Sammendrag – summary Klimatiske- og klimarelaterte endringer eller avvik, er analysert med henblikk på årsaks-sammenhenger – både direkte og indirekte - til sukkertarens (<i>Saccharina latissima</i>) bortfall langs sørlandskysten av Norge. Rapporten sammenstiller tilgjengelige miljøovervåkings- og klimadata, og beskriver de største klimatiske og miljømessige hendelser og endringer i Skagerrak regionen tilbake til 1960. Eutrofiering siden 1980 har sannsynlig gitt sukkertaren tiltakende dårligere vilkår, og høy sjøtemperatur i 1997 kan sannsynlig ha vært utløsende faktor til regionalt tap av sukkertareskog.

Climatic variance and related events have been analysed for plausible changes or anomalies in relation to cause-effect (direct and indirect) for the loss of the sugar kelp forest (<i>Saccharina latissima</i>) along the southern coast of Norway. The report compiles existing environmental and climate data, including an assessment of the largest climate and environmental changes back to 1960. Eutrophication since 1980 has probably reduced the conditions for sugar kelp and high sea temperature in 1997 is probably the triggering factor for regional loss of sugar kelp forest.
--

4 emneord Sukkertare; Klima; Vannkvalitet; Overvåking	4 subject words Sugar kelp; Climate; Water quality; Monitoring
--	---

Sukkertareprosjektet: Analyse av klima- og overvåkingsdata ANNEX



Annex

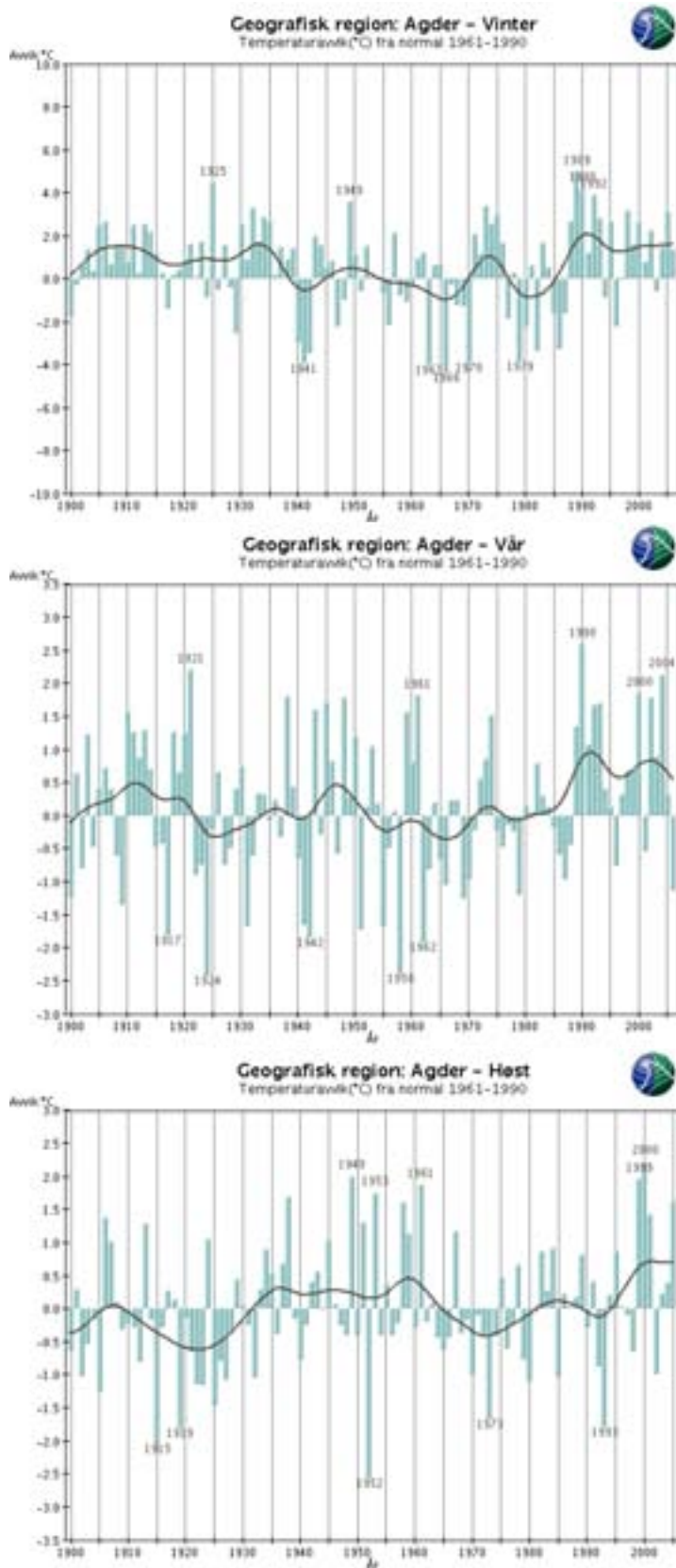
Vedleggsdel til rapporten fra Sukkertareprosjektet: Analyse av klima- og overvåkingsdata. SFTrapport TA2279/2007, NIVArapport 5454-2007

Vedlegget inneholder figurer og tabeller det ikke ble funnet plass til i hovedrapporten, men som kan inneholde informasjon for mer spesielt interesserte, for eksempel utfyllende figurer som viser alle årstider, alle elver, etc. Figurene er bare unntaksvis blitt gitt utfyllende tekst. For omtale av resultater vises det til hovedrapporten.

Innholdsfortegnelse

2. Nedbør og lufttemperatur	2-109
3. Vannføring og flomfrekvens	3-110
4. Elvetilførsler	4-132
5. Havbølger og vind	5-164
6. Sjøtemperatur	6-179
7. Marin vannkvalitet	7-187
8. Havsirkulasjon	8-202

2. Nedbør og lufttemperatur



Figur A2.1. Temperaturavvik (°C) fra normal (1961-1990) for vinter, vår og høst i Agder.

3. Vannføring og flomfrekvens

Vannføringsstasjoner for flomanalyse

Kriterier for valg av stasjoner:

- Seriene må dekke perioden 1996-2002
- Så lange serier som mulig
- Kystnær lokalisering for at man skal kunne knytte analysen til flom og transport av sedimenter/næringsalter ut i sjøen med tanke på sukkertareproblematikken
- Så lite preget av regulering som mulig, eller at det finnes tilsigsserie som også kan benyttes for å kunne knytte analysen opp mot klimaparametere
- Serien bør helt ikke ha brudd i seg som følge av reguleringer eller stasjonsendringer (homogenitet (Astrup 2000), NVE rapport no 7-2000)
- Analysen gjøres på døgnmidler

Det benyttes felles periodegrunnlag alle seriene (for å minimere forskjellig samplingsusikkerhet for de ulike seriene som følge av forskjell i antall observasjoner): **1920-2005**.

Normalperiode som også vil bli benyttet for sammenligning: **1961-1990**

For Holmfoss (Numedalslågen) benyttes perioden 1971-2005 (startet i 1970). Denne serien er tatt med pga spesiell interesse for Numedalslågen også i andre prosjekter.

Det vil i lange hydrologiske serier være forskjell i hvordan data er blitt hentet inn (manuelt eller automatisk) i løpet av måleperioden som kan påvirke resultatet. Det kan her være forskjeller for de ulike seriene.

Vannføring: målt /observert vannføring/vannstand. Den faktiske vannføring. Det er interessant å analysere på observert vannføring i fordi den viser de faktiske forhold i vassdraget. Dersom vassdraget er regulert vil vannføringen ikke kunne knyttes direkte til klimaparametere.

Tilsig: En tilsigsserie er en beregnet serie som representerer uregulert serie - serie uten regulering, magasinering både naturlig og som for av regulering.

Tilsigseriene kan ha noe støy i seg særlig for lavvansperioder (vurdert som mindre problematisk for dette studiet) og tilsigsserier kan i noen tilfeller bli litt større enn hva *naturlig* vannføring ville vært, fordi å legge inn naturlig demping krever detaljkunnskaper om vassdraget.

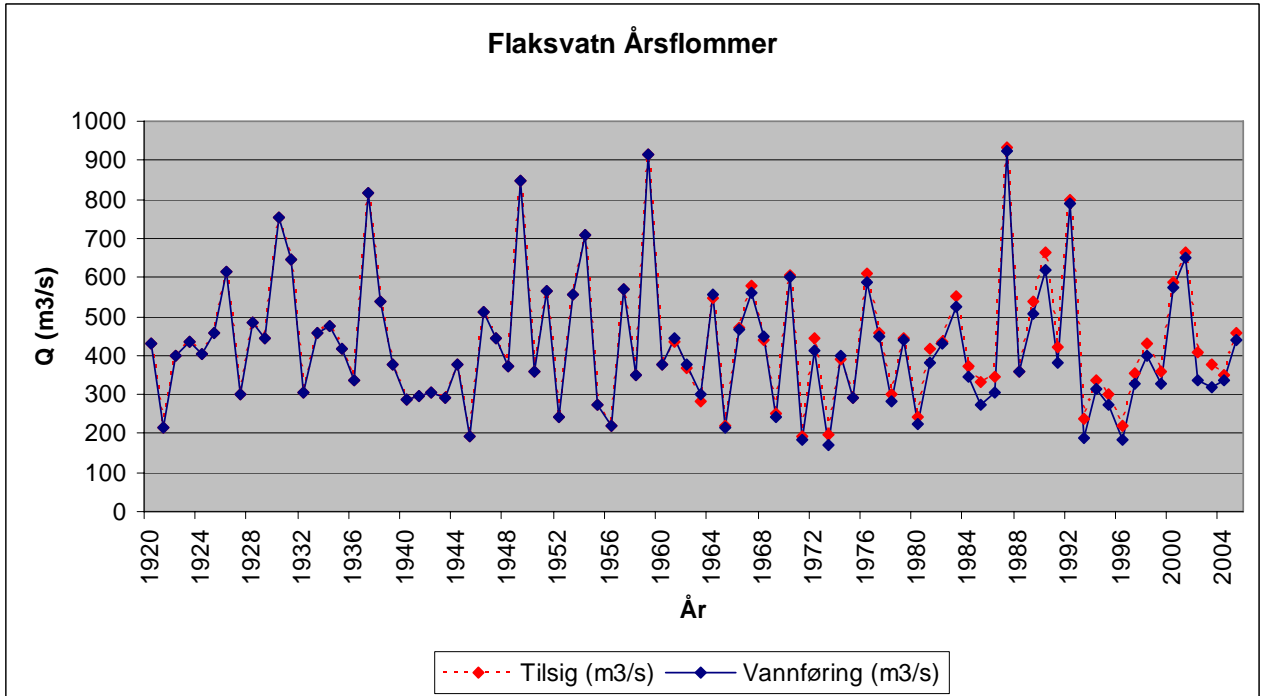
Se oversikt over stasjoner neste side.

Tabell A3.1 Oversikt over vannføringsstasjoner benyttet i flomanalysen

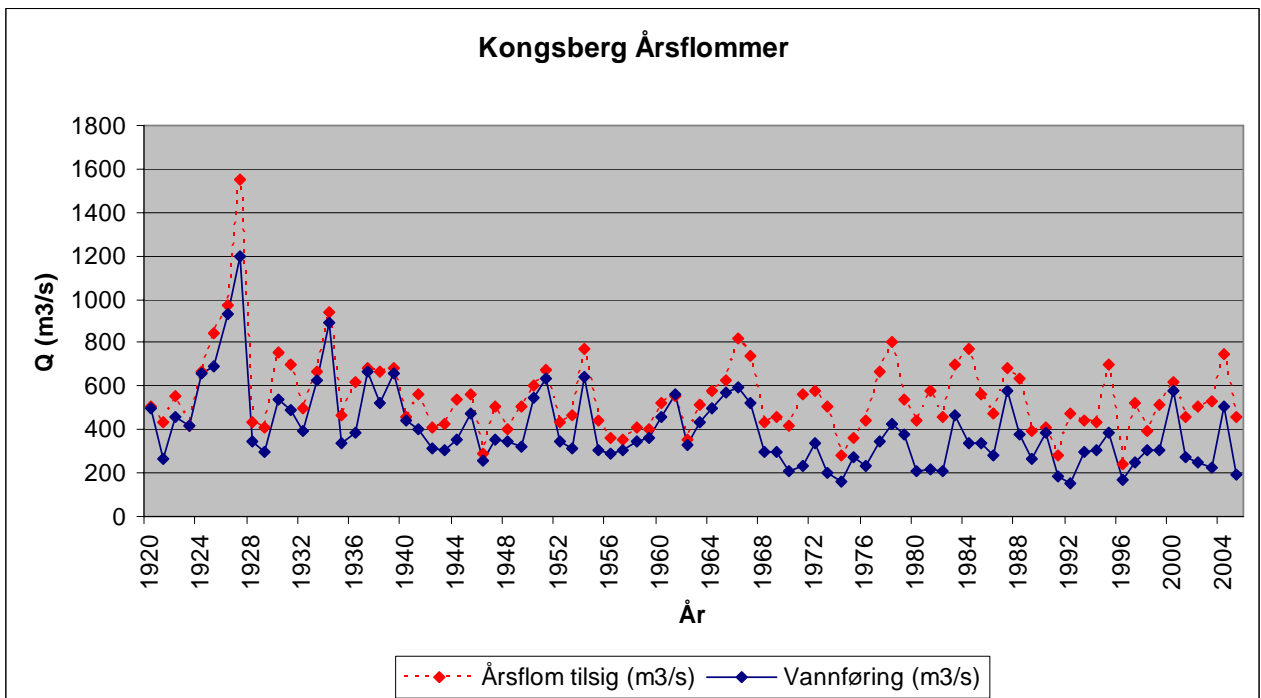
Region	Stasjons nr	Stasjonsnavn	Vassdrag	Areal (km ²)	Data type*	Fra	Til	Kommentar
Sørlandet	20.3.1050.2 20.3.1001.1	Flaksvatn	Tovdal	1794	Tilsig Vannføring	1899	DD	Regulert 14/10 1899 Vurdert til å påvirkes kun i mindre grad av reguleringen. For Flaksvatn er avviket mellom VF og Tilsig lite. Tilsigserien benyttes i andre flom/klimastudier så denne er også benyttet her.
Sørvestlandet	27.25.1001.0	Gjedlakteiv	Bjerkreim	639	Vannføring	1887	DD	Sammensattserie. Ny VF-kurve 1975, påvirker seriens homogenitet (Astrup 2000). Hull i serie 10.10-15.11 2001, her interpolert med NVE-stasjon 27.15 for dette året i samråd med Øyvind Kaste som også bruker denne stasjonen for TOC-analyser i forbindelse med denne rapporten. Skaleringsfaktor er basert på normaltilsig (mill m ³ /år) ved de to stasjonene i perioden 1961-90 (1665/183.4 = 8,53).
Sørvestlandet	27.26.1001.0	Hetland (Ogna v. Hetland)	Bjerkreim	70	Tilsig Vannføring	1915	DD	Ønske om også å inkludere ett mindre felt. Her finnes også tilsigsserie. Vannføringsserie benyttet.
Østlandet	15.15.1050.2 15.15.1001.1	Kongsberg	Numedalslågen	4219	Tilsig, Vannføring	1912	DD	Reg. 1916. Tilsigsserie finnes. Sterkt preget av reguleringen. Tilsigserie benyttet her.
Østlandet	15.61.1001.1	Holmfoss	Numedalslågen	5192	Vannføring	1970	DD	Sterkt preget av regulering! Het tidligere Fosserød. Tilsigsserie ikke tilgjengelig
Vestlandet	82.2.1001.1	Viksvatn	Gaula	505	Vannføring	1902	DD	Magasindempningen i innsjø er ikke veldig stor slik at serien egner seg til flomanalyse (<i>Pers.med. L.Roald NVE</i>)
Vestlandet	41.1.1050.4 41.1.1001.1	Stordalsvatn	Stordalsvatn	127	Tilsig Vannføring	1912	DD	Kystnærstasjon. Sterkt preget av flom som følge av kraftige nedørsepisoder (<i>Pers.med. L.Roald NVE</i>).

Effekten av reguleringer

Regulering og andre inngrep i vassdrag påvirker vannføringen og gjør det vanskelig å si om vannføringen er naturlig endret som følge av klima



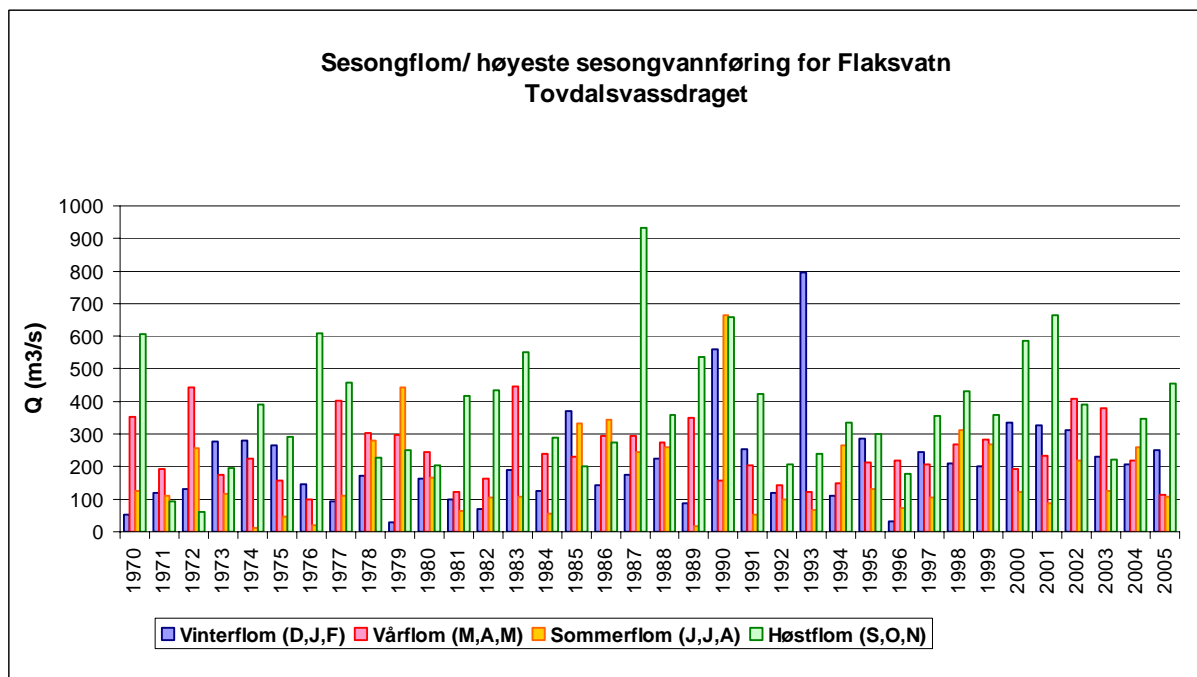
For Flaksvatn (Tovdalsvassdraget) er reguleringsgraden relativt liten. Påvirker maksimalverdiene noe, men ikke sesongfordeling av flommene. Forskjell kan også delvis skyldes naturlig demping i vannføringsserien.



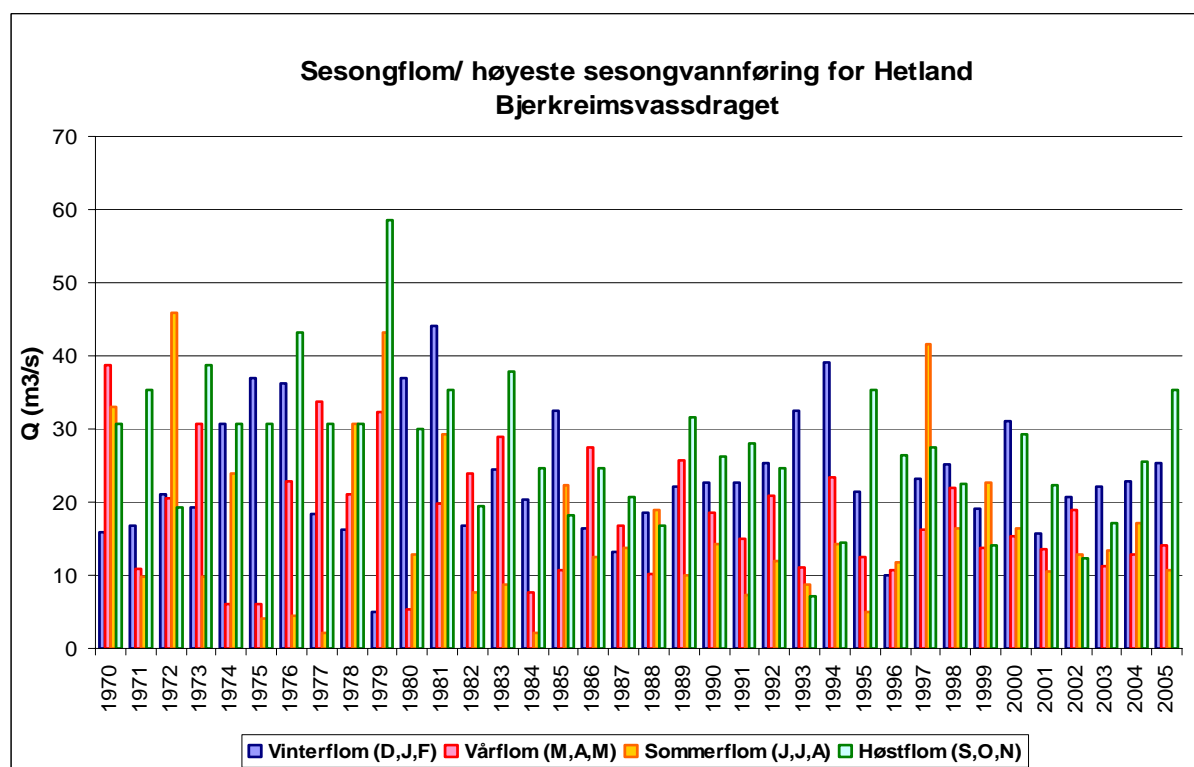
Numedalslågen er sterkt preget av regulering.

Plott av sesongflommer

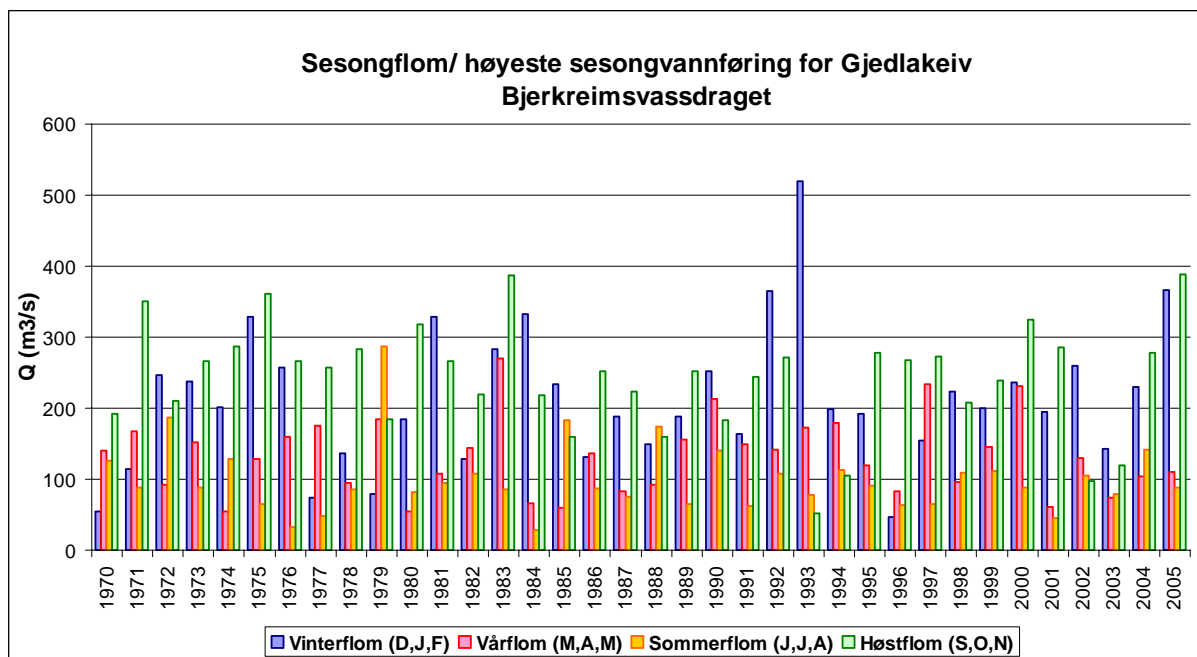
Plott av sesongflommer (høyeste vannføring for hver årstid) for perioden 1970-2005



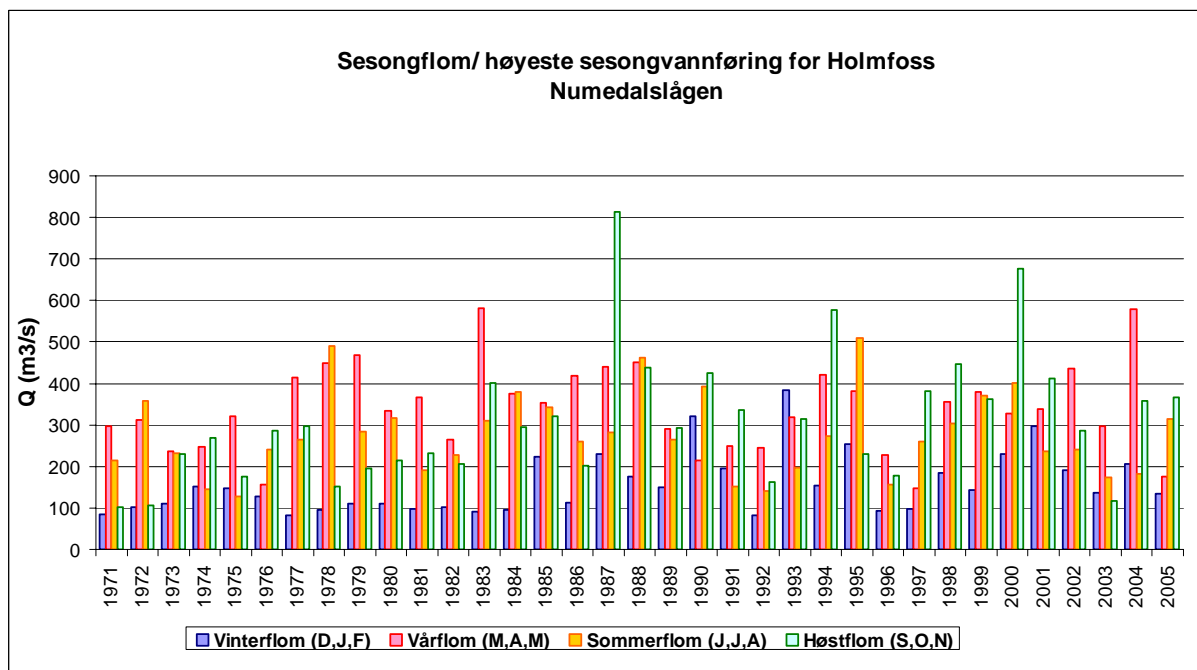
For detaljerte sesongflomplott for Flaksvatn se side 117



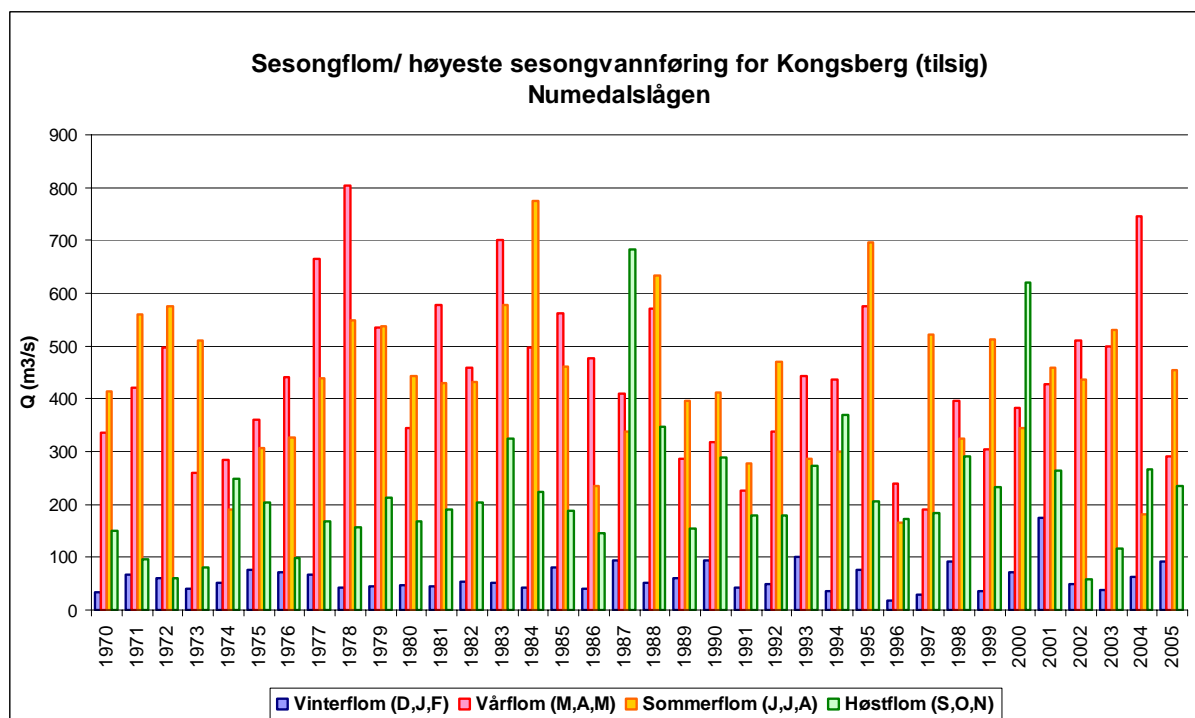
For detaljerte sesongflomplott for Hetland se side 118



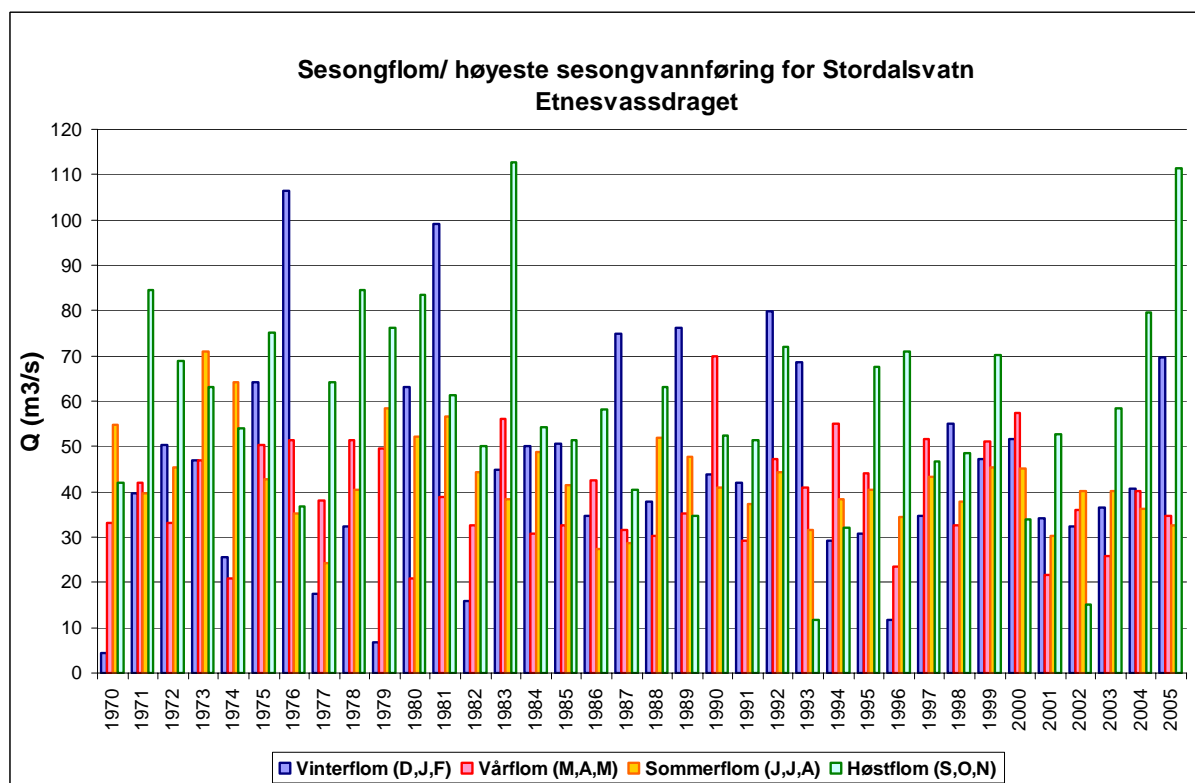
For detaljerte sesongflomplott for Gjedlakeiv se side 119



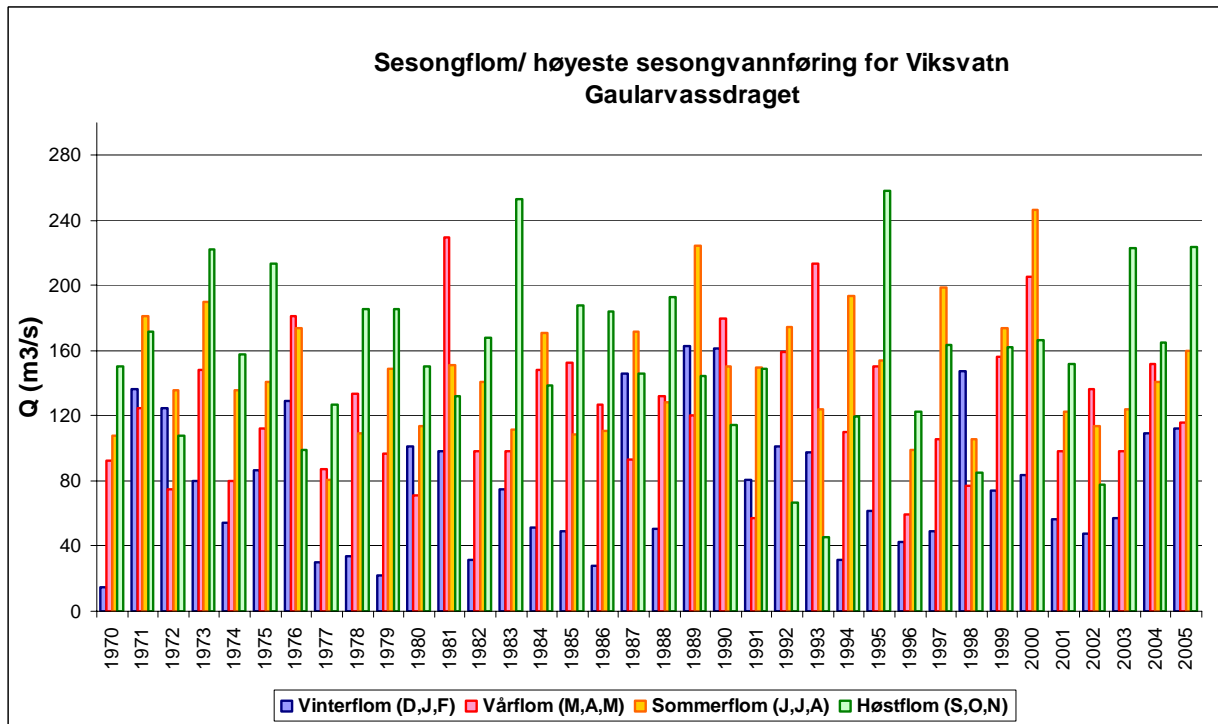
For detaljerte sesongflomplott for Holmfoss se side 120



For detaljerte sesongflomplott for Kongsberg se side 121

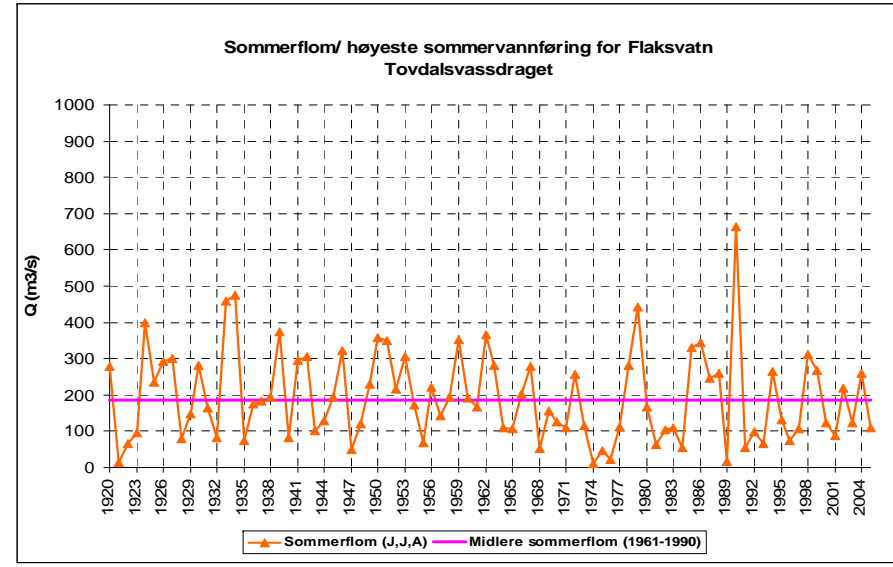
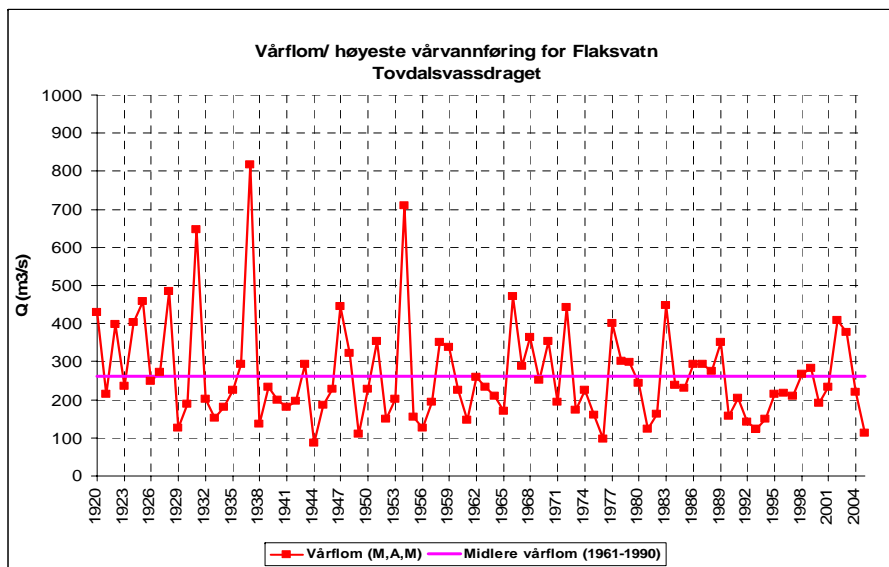
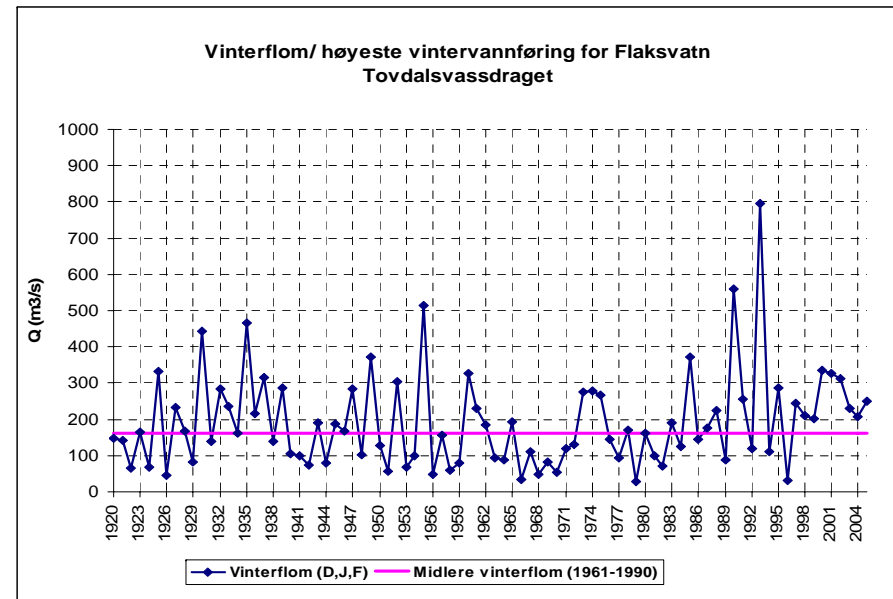
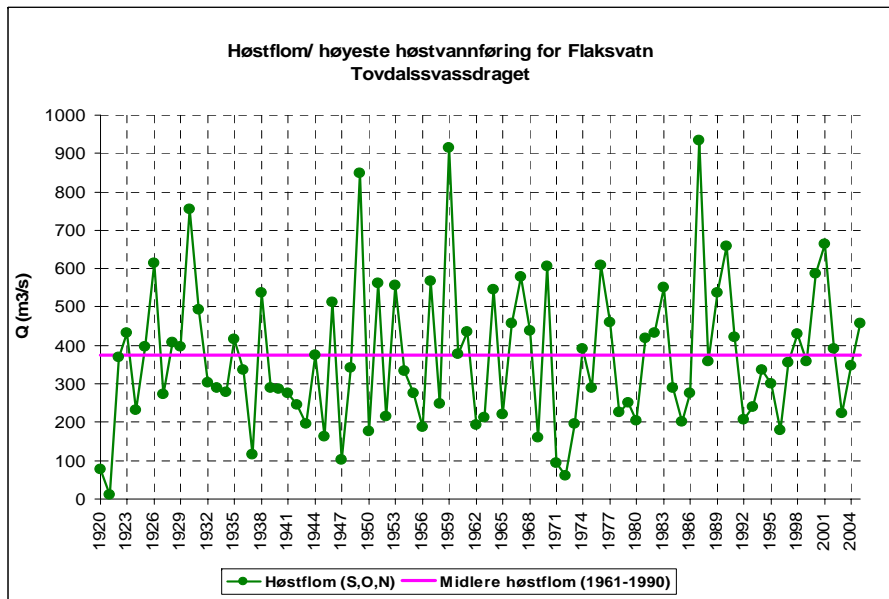


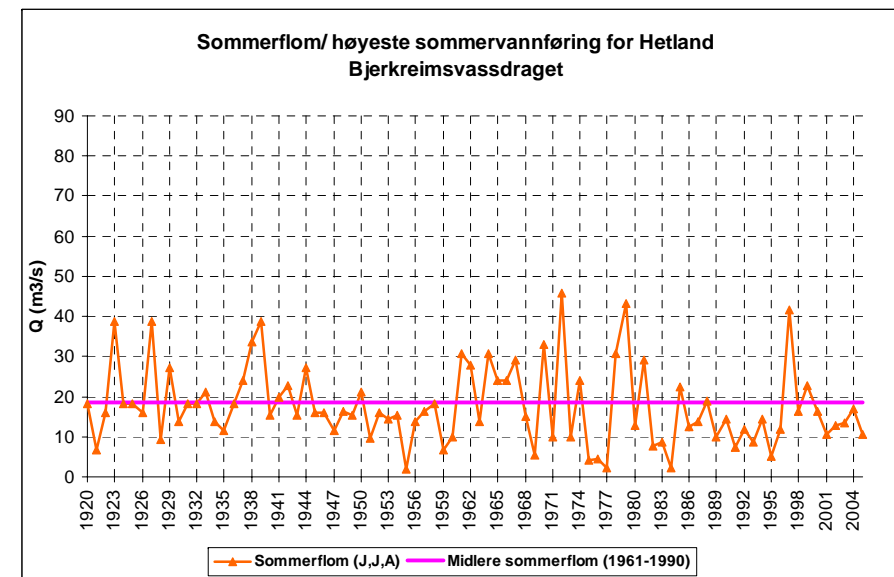
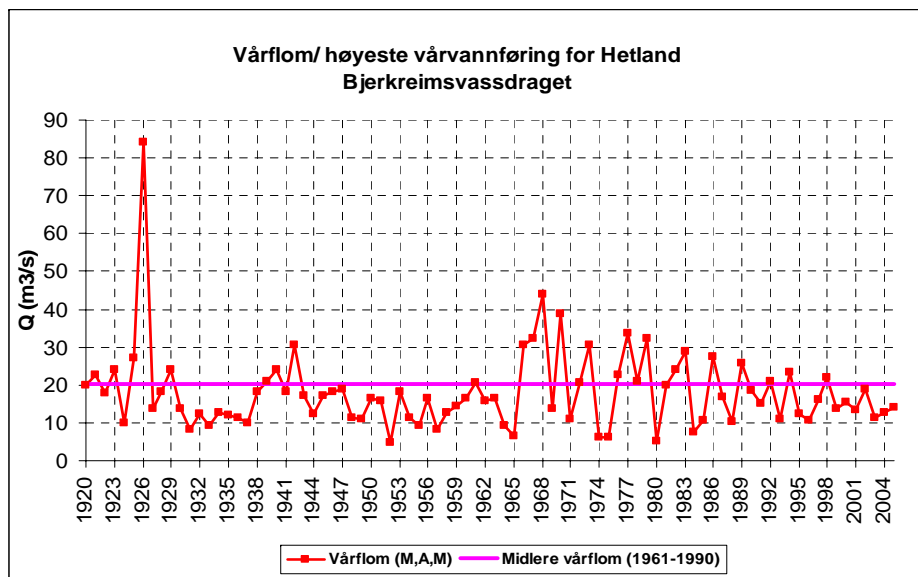
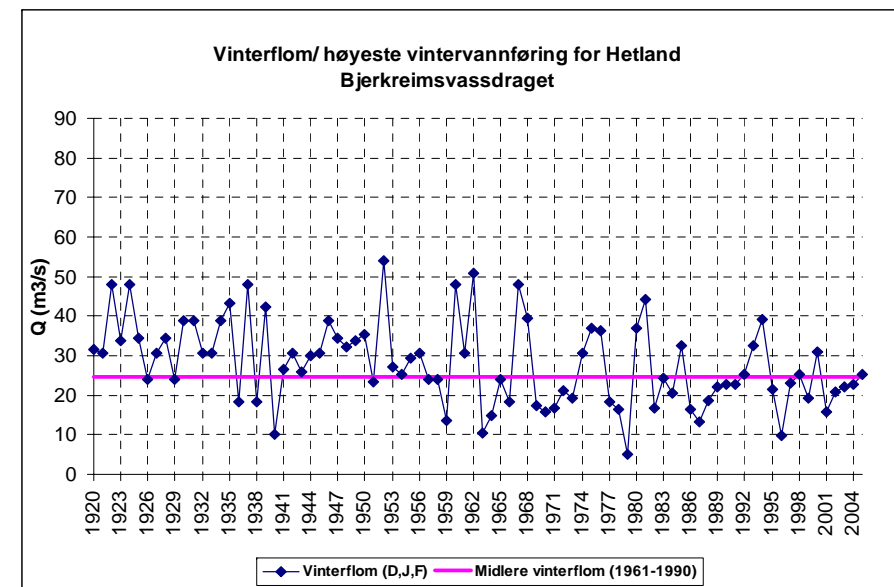
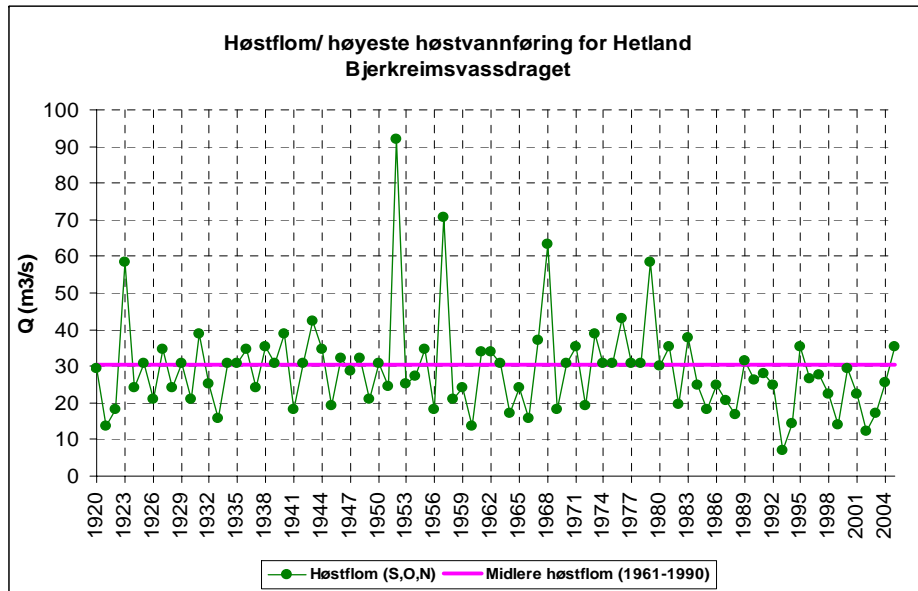
For detaljerte sesongflomplott for Stordalsvatn se side 122

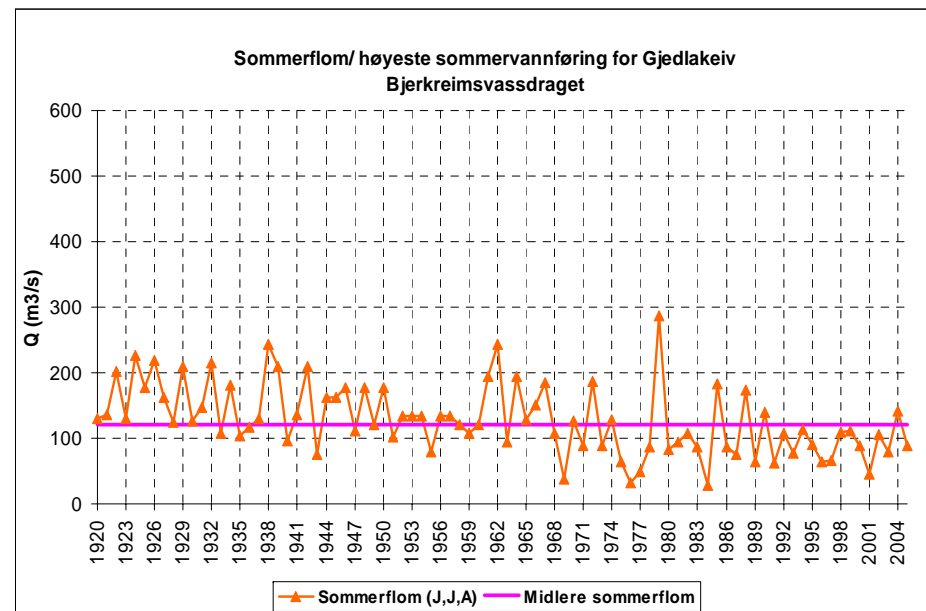
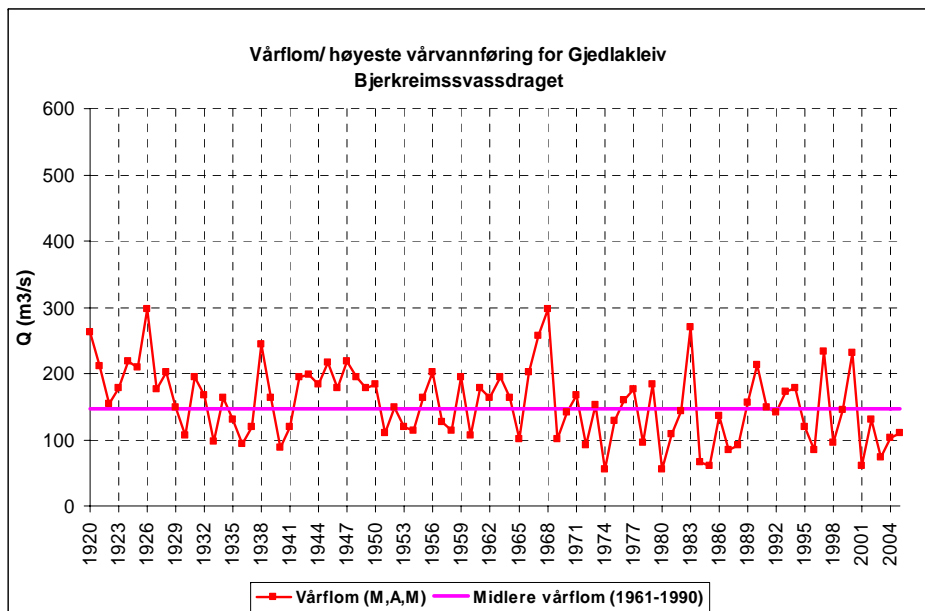
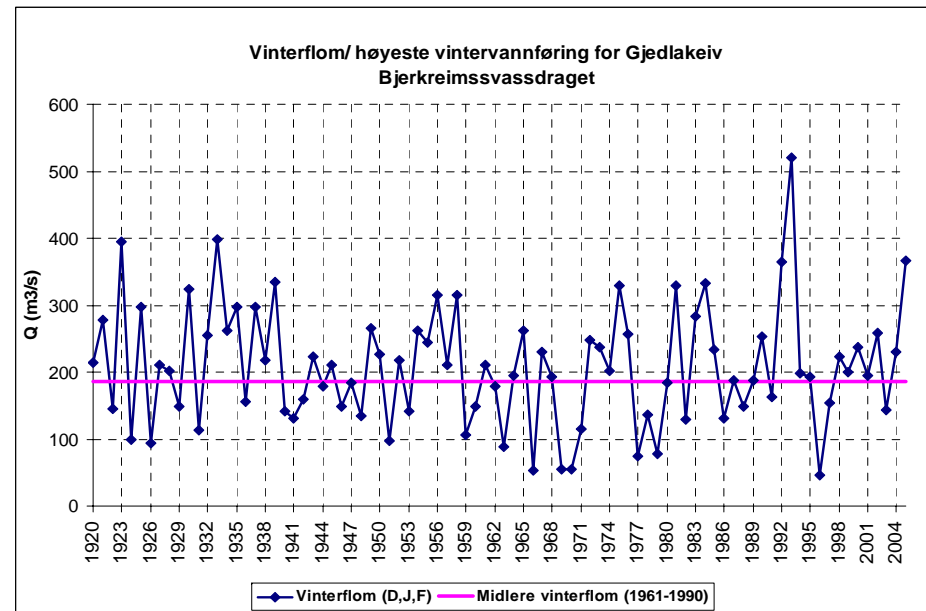
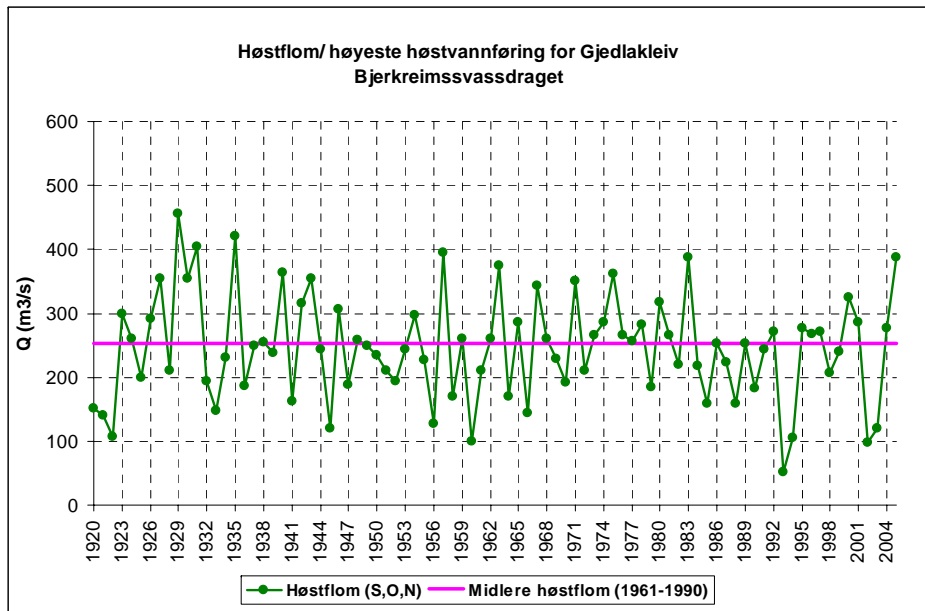


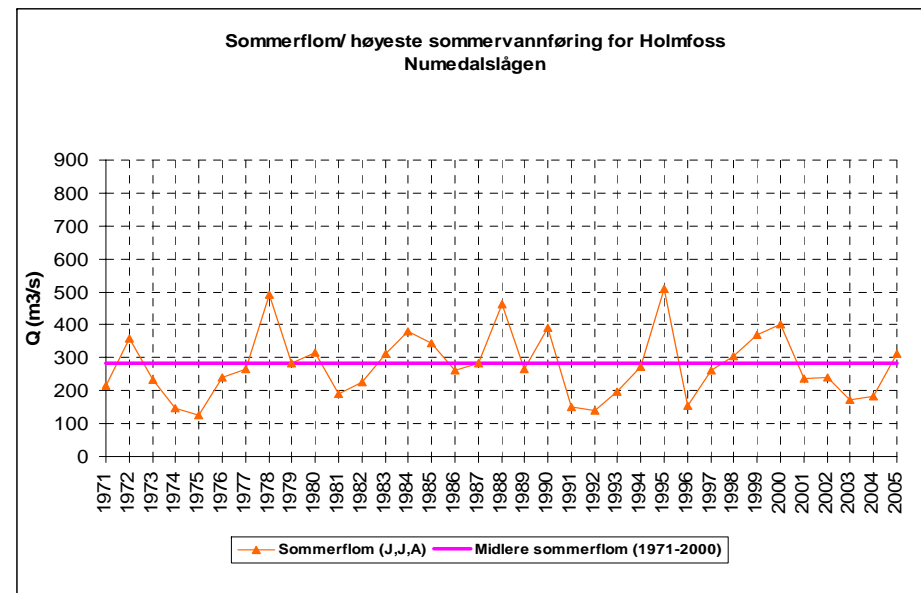
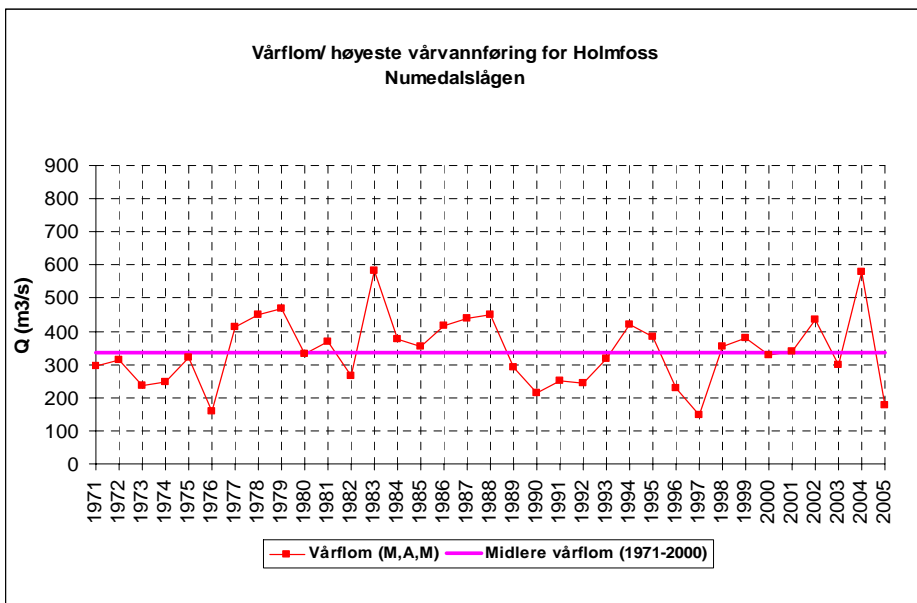
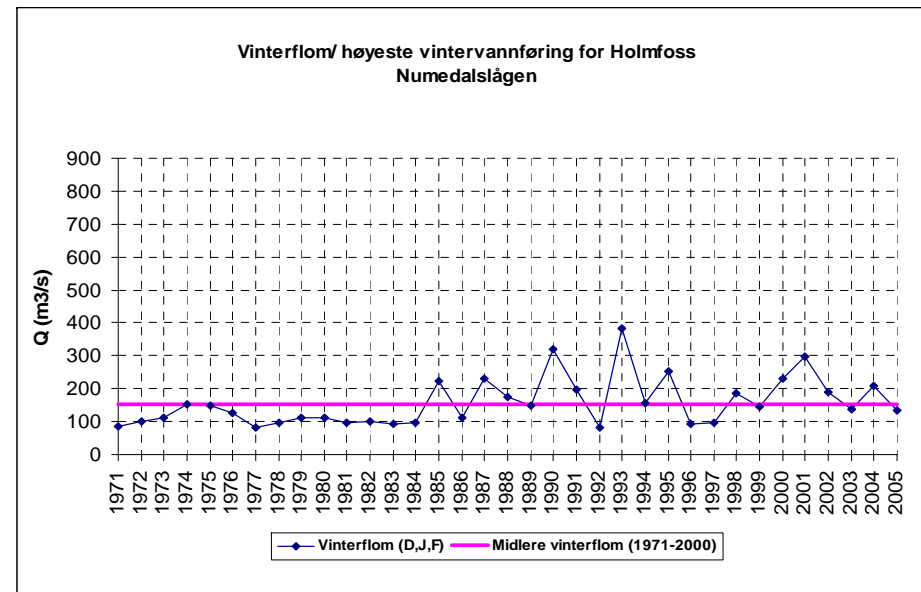
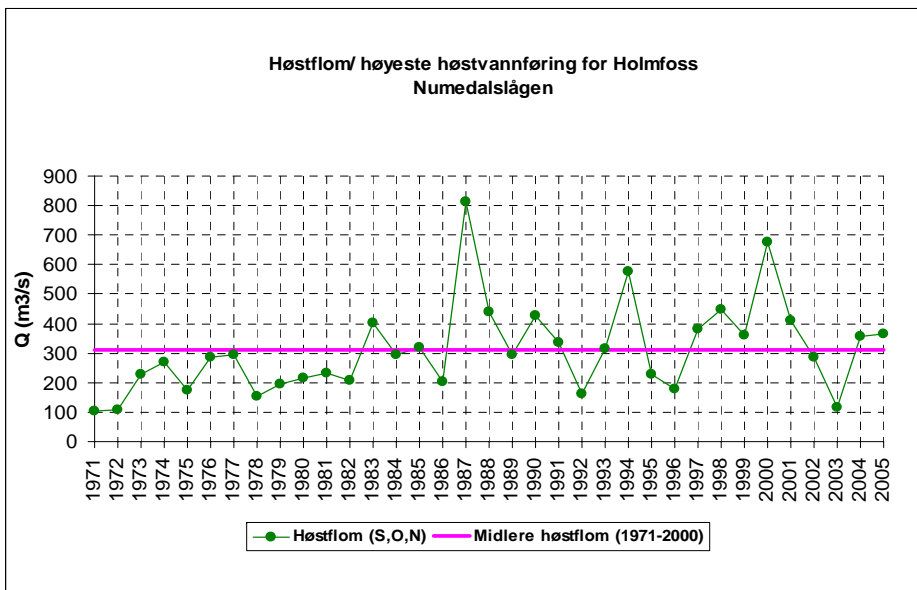
For detaljerte sesongflomplott for Viksvatn se side 123

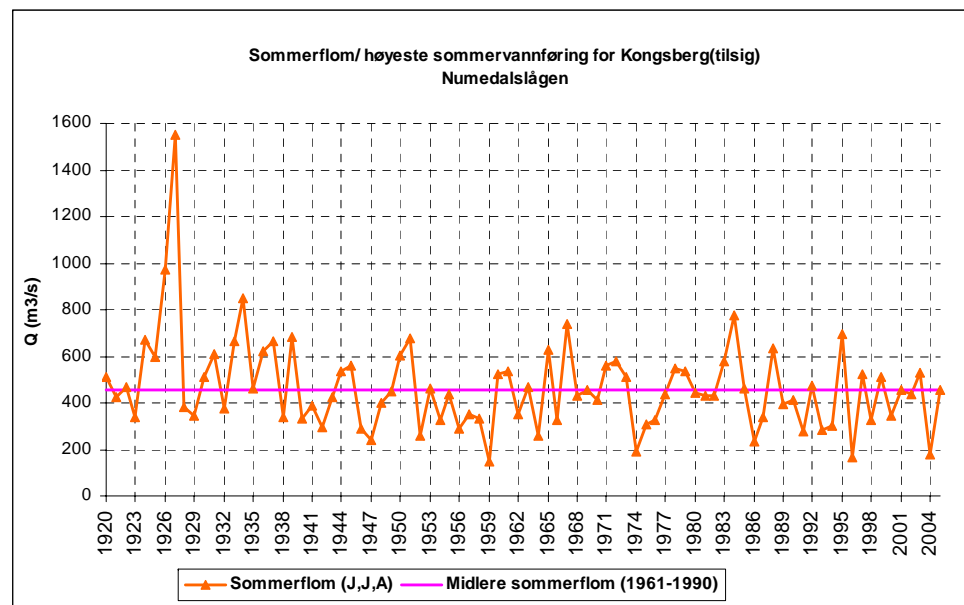
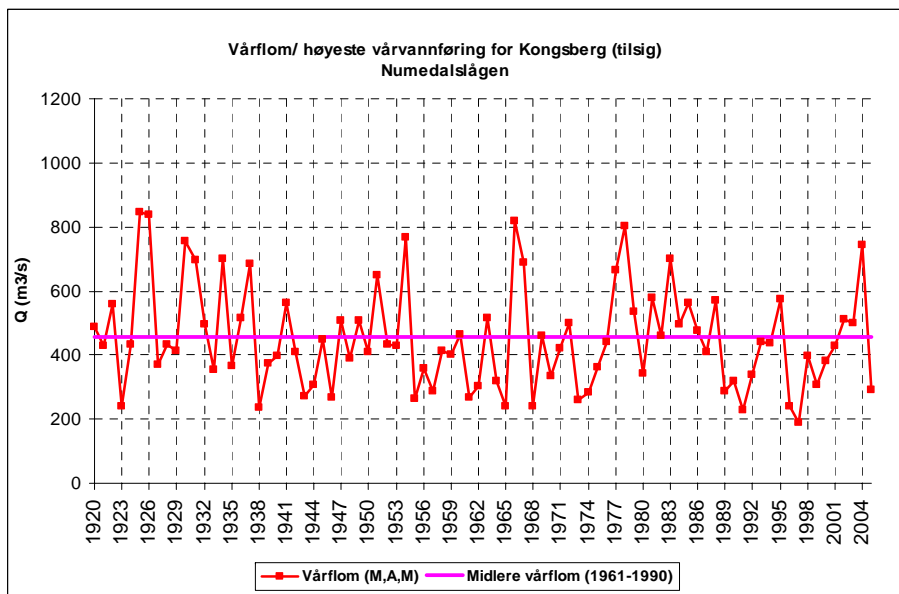
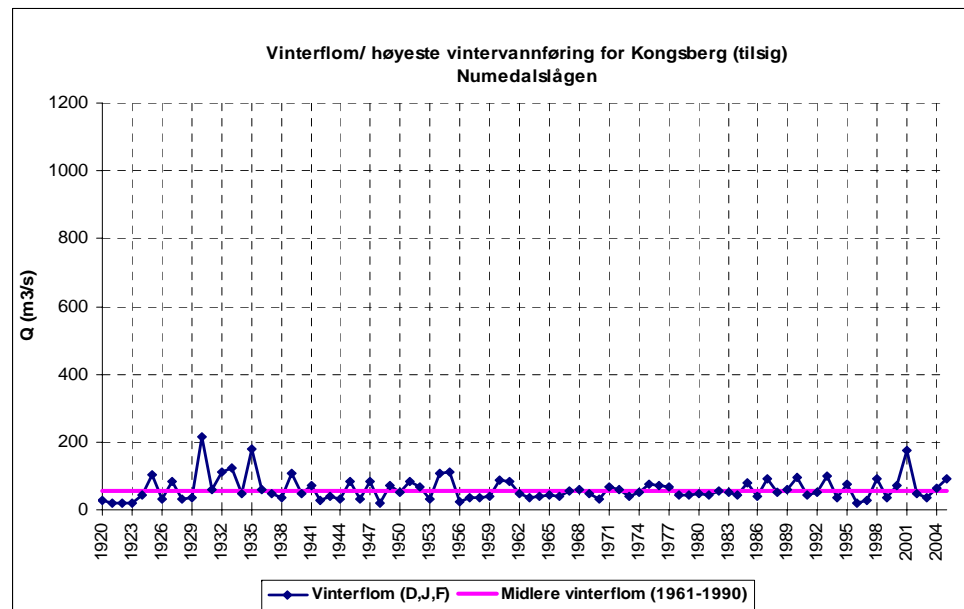
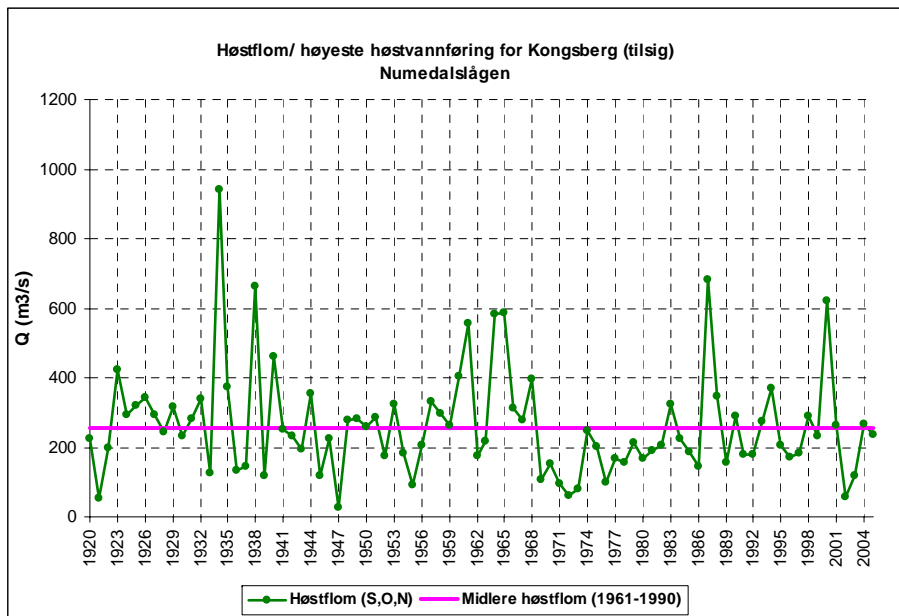
Detaljerte sesongflomplott for perioden 1920-2005

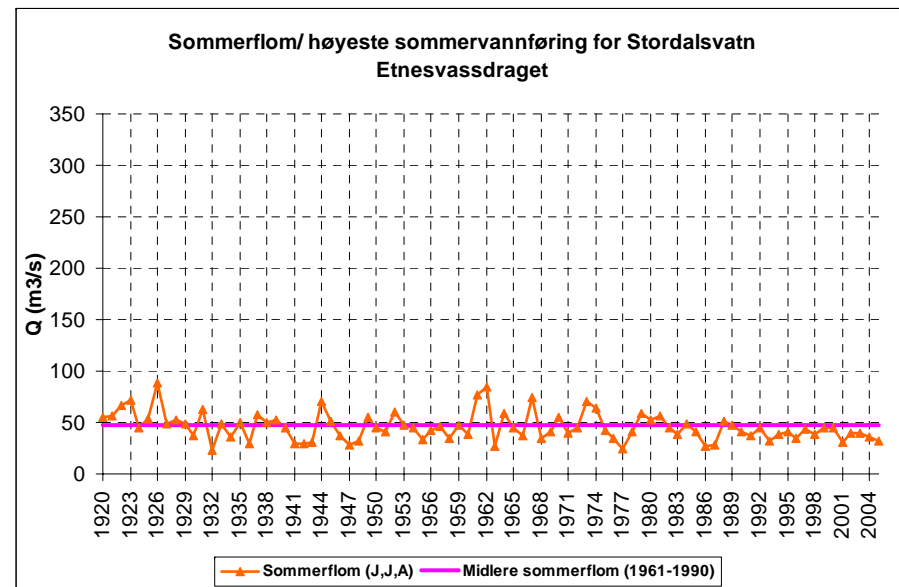
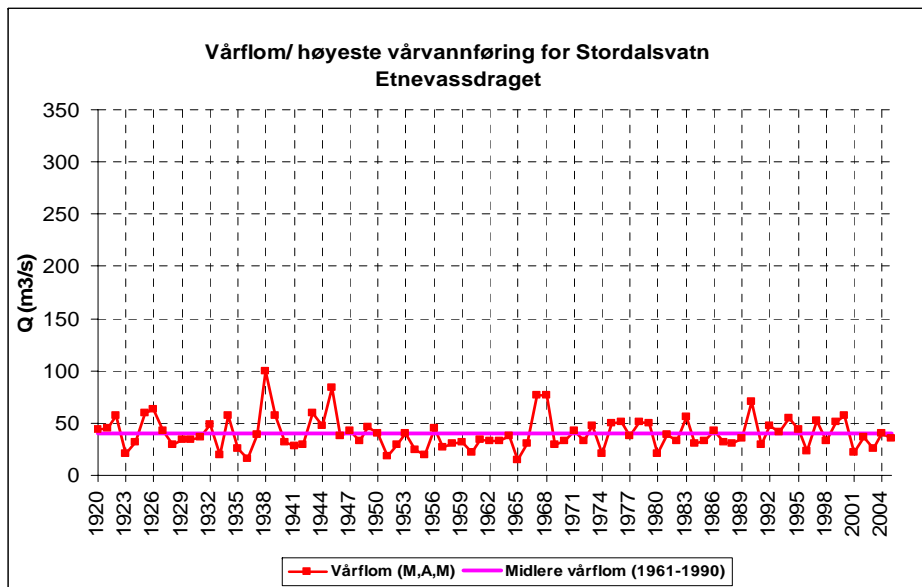
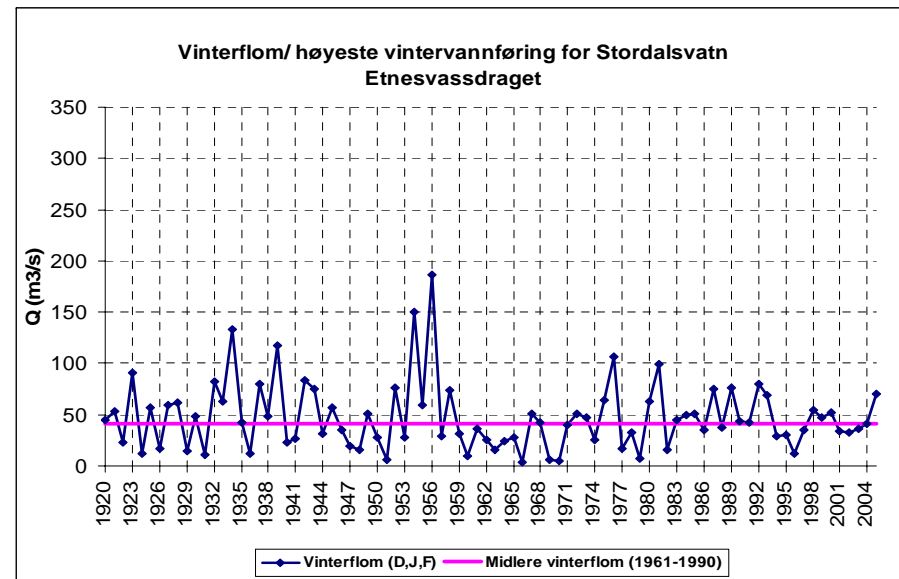
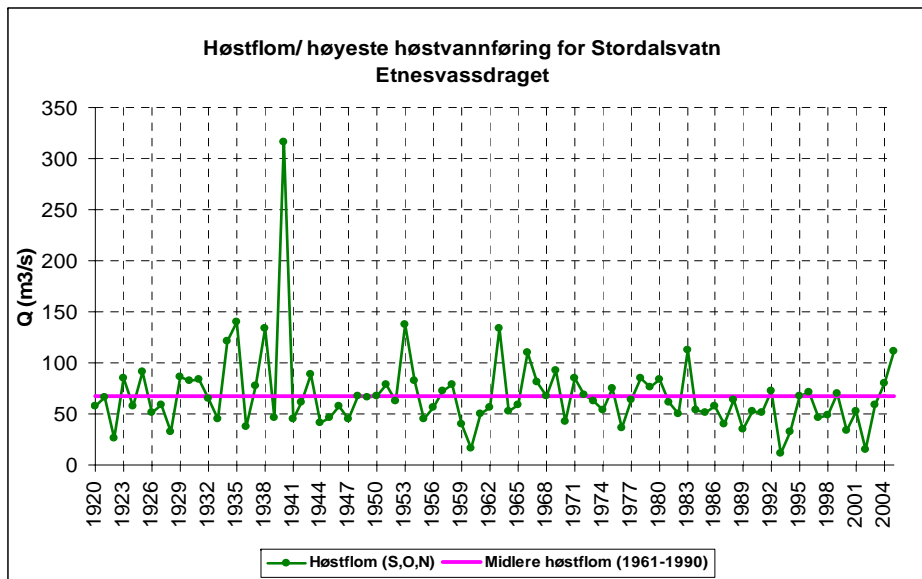


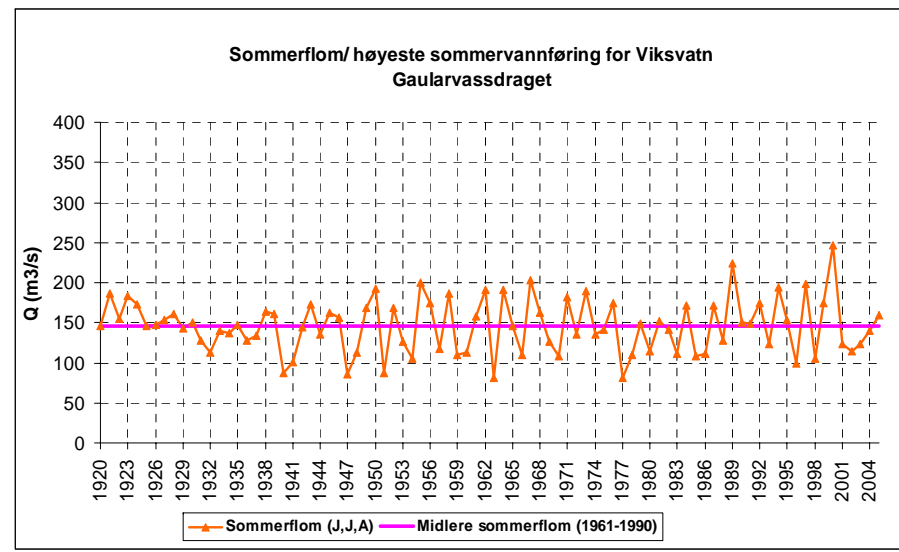
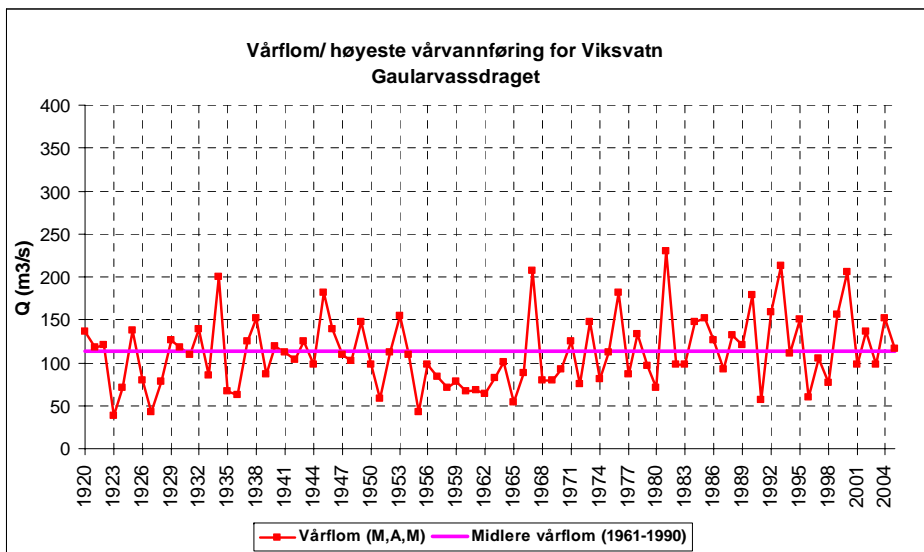
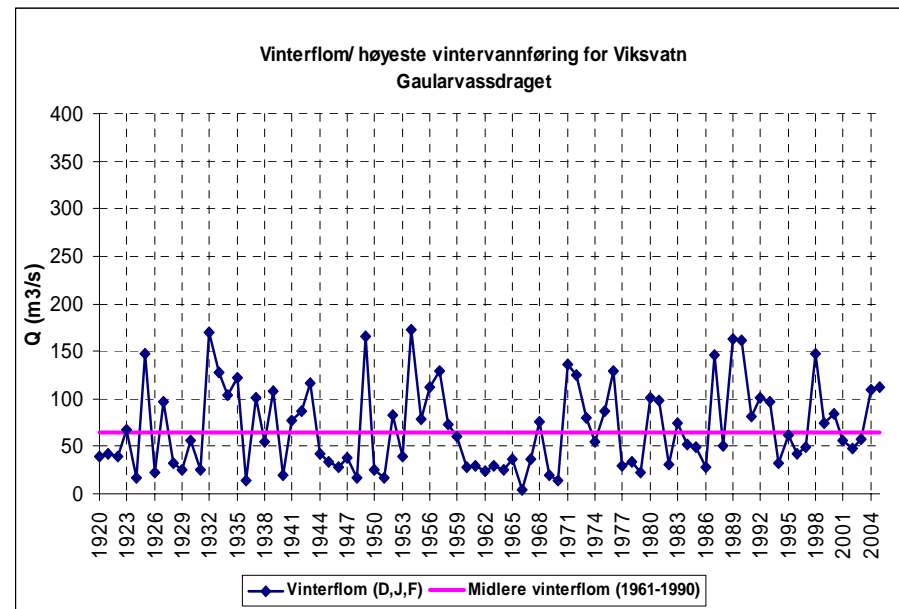
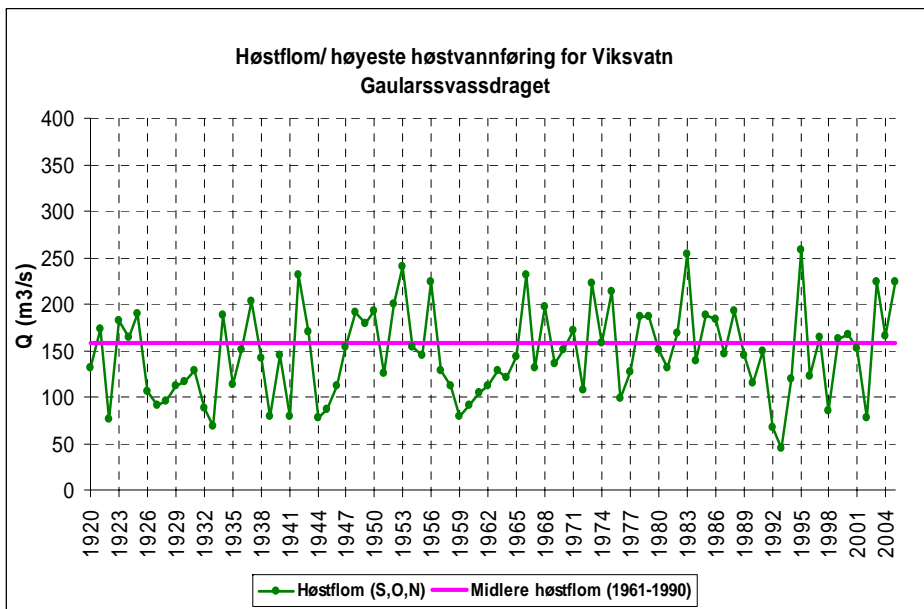












Sesongflommers størrelse og forekomst

Tabell 1 Andel av de **10** største sesongflommene/sesongmaksimum (%) for hver serie som forekom innenfor henholdsvis 1990-2005 (periode 1) og 1996-2002 (periode 2). Grunnlaget er rangerte sesongflomserier (høyeste døgnvannføring (m³/s) pr sesong hvert år) for perioden 1920-2005 (86 datapunkter per sesongserie*)

Sesong/ Dataserie	Høst (S,O,N)		Vinter (D,J,F)		Vår (M,A,M)		Sommer (J,J,A)	
	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002
Flaksvatn tilsig	30%	20%	40%	20%	0%	0%	0%	0%
Gjedlakteiv	10%	0%	30%	0%	20%	0%	0%	0%
Hetland	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%
Kongsberg tilsig	10%	10%	20%	10%	10%	0%	0%	0%
Stordalsvatn	10%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%
Viksvatn	30%	0%	20%	10%	50%	20%	30%	20%
Holmfoss*	70%	40%	80%	30%	30%	10%	40%	20%

* Holmfoss serien er kun 35 år (35 datapunkter) og sterkt preget av regulering

Tabell 2 Andel av de **20** største sesongflommene/sesongmaksimum (%) for hver serie som forekom innenfor henholdsvis 1990-2005 (periode 1) og 1996-2002 (periode 2). Grunnlaget er rangerte sesongflomserier (høyeste døgnvannføring (m³/s) pr sesong hvert år) for perioden 1920-2005 (86 datapunkter per sesongserie)

Sesong/ Dataserie	Høst (S,O,N)		Vinter (D,J,F)		Vår (M,A,M)		Sommer (J,J,A)	
	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002
Flaksvatn tilsig	10%	5%	30%	15%	10%	5%	10%	5%
Gjedlakteiv	10%	5%	15%	0%	15%	10%	0%	0%
Hetland	5%	0%	5%	0%	5%	0%	5%	5%
Kongsberg tilsig	10%	5%	25%	10%	10%	0%	5%	0%
Stordalsvatn	5%	0%	15%	0%	25%	10%	0%	0%
Viksvatn	15%	0%	20%	5%	35%	10%	20%	10%

Tabell 3 Andel av de **30** største sesongflommene/sesongmaksimum (%) for hver serie som forekom innenfor henholdsvis 1990-2005 (periode 1) og 1996-2002 (periode 2). Grunnlaget er rangerte sesongflomserier (høyeste døgnvannføring (m³/s) pr sesong hvert år) for perioden 1920-2005 (86 datapunkter per sesongserie)

Sesong/ Dataserie	Høst (S,O,N)		Vinter (D,J,F)		Vår (M,A,M)		Sommer (J,J,A)	
	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002
Flaksvatn tilsig	20%	10%	33,3%	13,3%	10%	6,6%	16,7%	6,6%
Gjedlakteiv	26,7%	13,3%	20%	10%	16,7%	6,7%	6,7%	0%
Hetland	6,7%	0%	10%	3,3%	13,3%	6,7%	6,7%	3,3%
Kongsberg tilsig	13,3%	6,7%	23,3%	10%	13,3%	3,3%	13,3%	6,7%
Stordalsvatn	13,3%	3,3%	16,7%	3,3%	23,3%	6,7%	0%	0%
Viksvatn	16,7%	3,3%	23,3%	6,6%	26,6%	10%	16,6%	6,6%

Tabell 4 Andel av de **40** største sesongflommene/sesongmaksimum (%) for hver serie som forekom innenfor henholdsvis 1990-2005 (periode 1) og 1996-2002 (periode 2). Grunnlaget er rangerte sesongflomserier (høyeste døgnvannføring (m³/s) pr sesong hvert år) for perioden 1920-2005 (86 datapunkter per sesongserie)

Sesong/ Dataserie	Høst (S,O,N)		Vinter (D,J,F)		Vår (M,A,M)		Sommer (J,J,A)	
	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002	1990- 2005	1996- 2002
Flaksvatn tilsig	17,5%	10%	32,5%	15%	12,5%	10%	15%	7,5%
Gjedlakteiv	20%	10%	20%	7,5%	12,5%	5%	5%	0%
Hetland	5%	0%	7,5%	2,5%	12,5%	5%	12,5%	5%
Kongsberg tilsig	17,5%	7,5%	15%	10%	12,5%	2,5%	15%	10%
Stordalsvatn	15%	5%	15%	5%	20%	5%	2,5%	2,5%
Viksvatn	17,5%	7,5%	25%	5%	22,5%	10%	20%	5%

Resultat av trendtest (Mann-Kendall) Beregnet v. MAKESENSE (Salmi et al. 2002)**Årsflommer (høyeste vannføring hvert år)**

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Flaksvatn (tilsig)	1920	2005	86	-0,369		1985	2005	21	0,272	
Gjedlakeiv	1920	2005	86	-1,104		1985	2005	21	2,057	0.1
Hetland	1920	2005	86	-3,303	0.001	1985	2005	21	0,332	
Stordalsvatn	1920	2005	86	-2,328	0.05	1985	2005	21	0,423	
Kongsberg (tilsig)	1920	2005	86	-1,395		1985	2005	21	0,332	
Viksvatn	1920	2005	86	2,264	0.05	1985	2005	21	-0,091	
Holmfoss	1971	2005	35	1,875	0.1	1985	2005	21	0,030	

Sesongflommer (høyeste vannføring i sesongene vinter (D,J, F), vår (M,A,M), sommer (J,J,A), høst (S,O,N))

Time series	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.	First year	Last Year	n	Test Z	Signific.
Flaksvatn (tilsig) vinter	1920	2005	86	1,23		1985	2005	21	0,39	
Flaksvatn (tilsig) vår	1920	2005	86	-0,93		1985	2005	21	-0,09	
Flaksvatn (tilsig) sommer	1920	2005	86	-1,34		1985	2005	21	-0,51	
Flaksvatn (tilsig) høst	1920	2005	86	0,93		1985	2005	21	0,57	
Hetland vinter	1920	2005	86	-3,58	0.001	1985	2005	21	0,57	
Hetland vår	1920	2005	86	-0,34		1985	2005	21	-0,75	
Hetland sommer	1920	2005	86	-2,12	0.05	1985	2005	21	0,09	
Hetland høst	1920	2005	86	-1,31		1985	2005	21	0,24	
Gjedlakeiv vinter	1920	2005	86	-0,13		1985	2005	21	1,27	
Gjedlakeiv vår	1920	2005	86	-3,34	0.001	1985	2005	21	-0,03	
Gjedlakeiv sommer	1920	2005	86	-5,04	0.001	1985	2005	21	-0,45	
Gjedlakeiv høst	1920	2005	86	-0,15		1985	2005	21	1,60	
Stordalsvatn vinter	1920	2005	86	-0,04		1985	2005	21	-0,63	
Stordalsvatn vår	1920	2005	86	-0,01		1985	2005	21	-0,09	
Stordalsvatn sommer	1920	2005	86	-2,83	0.01	1985	2005	21	-0,51	
Stordalsvatn høst	1920	2005	86	-1,37		1985	2005	21	1,03	
Kongsberg (tilsig) vinter	1920	2005	86	1,21		1985	2005	21	-0,21	
Kongsberg (tilsig) vår	1920	2005	86	-1,07		1985	2005	21	0,03	
Kongsberg (tilsig) sommer	1920	2005	86	-1,87	0.1	1985	2005	21	0,45	
Kongsberg (tilsig) høst	1920	2005	86	-1,28		1985	2005	21	-0,15	
Holmfoss vinter	1971	2005	35	2,54		1985	2005	21	-0,33	
Holmfoss vår	1971	2005	35	0,23		1985	2005	21	-0,33	
Holmfoss sommer	1971	2005	35	0,34		1985	2005	21	-0,57	
Holmfoss høst	1971	2005	35	2,84	0.01	1985	2005	21	-0,15	
Viksvatn vinter	1920	2005	86	1,36		1985	2005	21	0,21	
Viksvatn vår	1920	2005	86	1,60		1985	2005	21	-0,27	
Viksvatn sommer	1920	2005	86	-0,23		1985	2005	21	0,33	
Viksvatn høst	1920	2005	86	1,72	0.1	1985	2005	21	0,45	

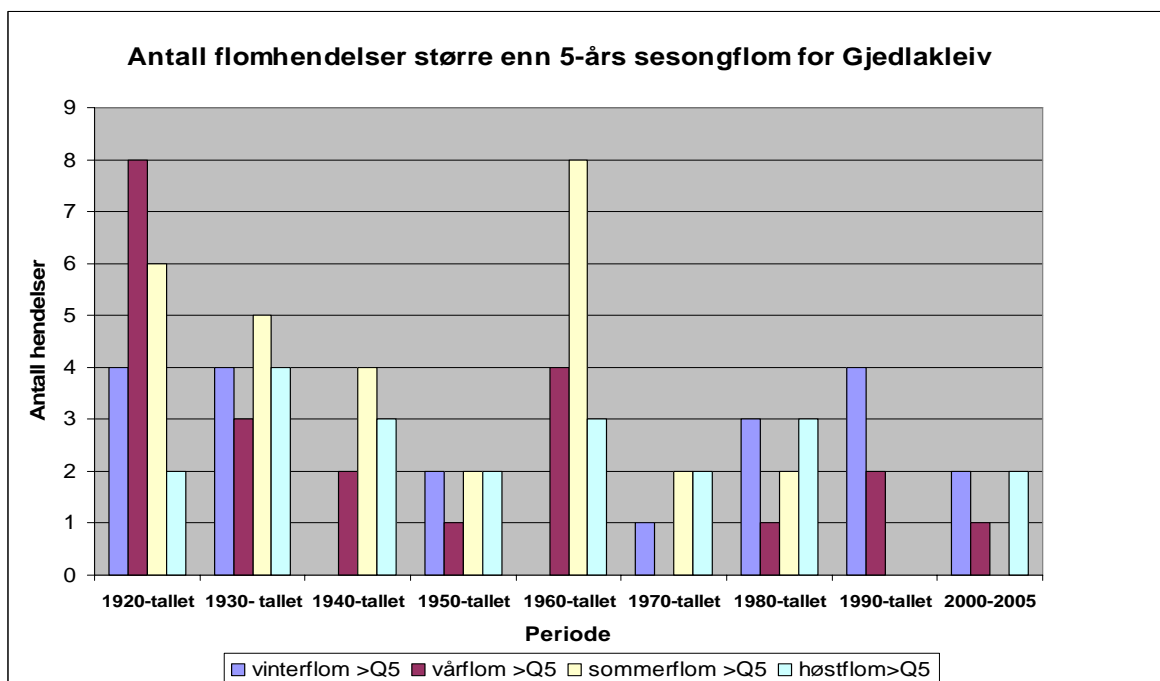
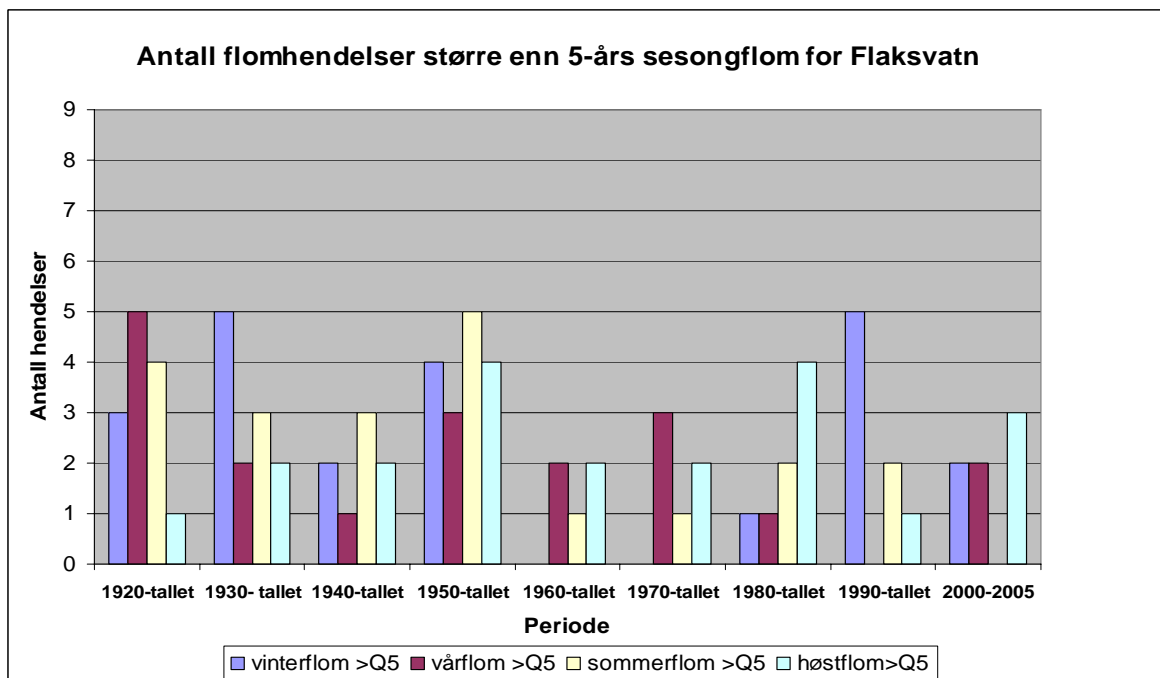
Forklaring av kolumnene:**Time series** : the names of the time series**First year** starting year of each time series**Last year** ending year of each time series**n**: the number of annual values in the calculation excluding missing values**Test S**: The absolute value of S is compared to the probabilities of the Mann-Kendall nonparametric test for trend to define if there is a monotonic trend or not at the level α of significance. A positive (negative) value of S indicates an upward (downward) trend.**Test Z**: If n is at least 10, the test statistic Z is displayed. The absolute value of Z is compared to the standard normal cumulative distribution to define if there is a trend or not at the selected level α of significance. A positive (negative) value of Z indicates an upward (downward) trend. If n is 9 or less, this cell is empty.**Signific**: the smallest significance level α with which the test shows that the null hypothesis of no trend should be rejected. If n is 9 or less, the test is based to**Analyse av flomhyppighet /frekvens**

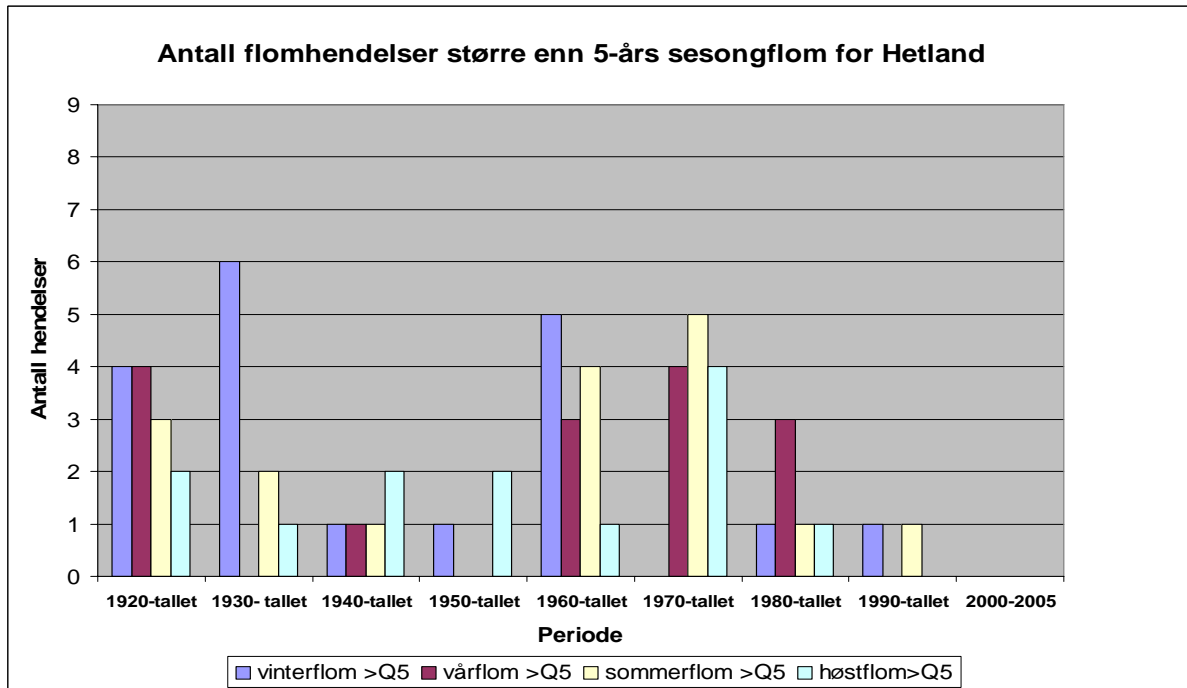
Tabell: Estimer av flom med gjentakintervall 5 år (Q5) for årsflom og sesongflom basert på dataserier med 86 år med data (1920-2005)* for stasjonene benyttet i flomanalysen. Estimatenes er gjort ved bruk av GEV-fordeling og L-momenter.

	Tovdals- vassdraget	Bjerkreims- vassdraget		Numedalslågen		Gaular- vassdraget	Etne- vassdraget
Stasjon	Flaksvatn (tilsigserie)	Gjedlakteiv	Hetland	Kongsberg	Holmfoss*	Viksvatn	Stordalsvatn
Q5 (m³/s)							
Årsflom	551	332	44	665	483	203	94
Vinter	281			81	198	101	68
Vår	344	201	24	572	429	143	51
Sommer	285	170	25	595	352	174	56
Høst	507	315	37	357	407	187	88

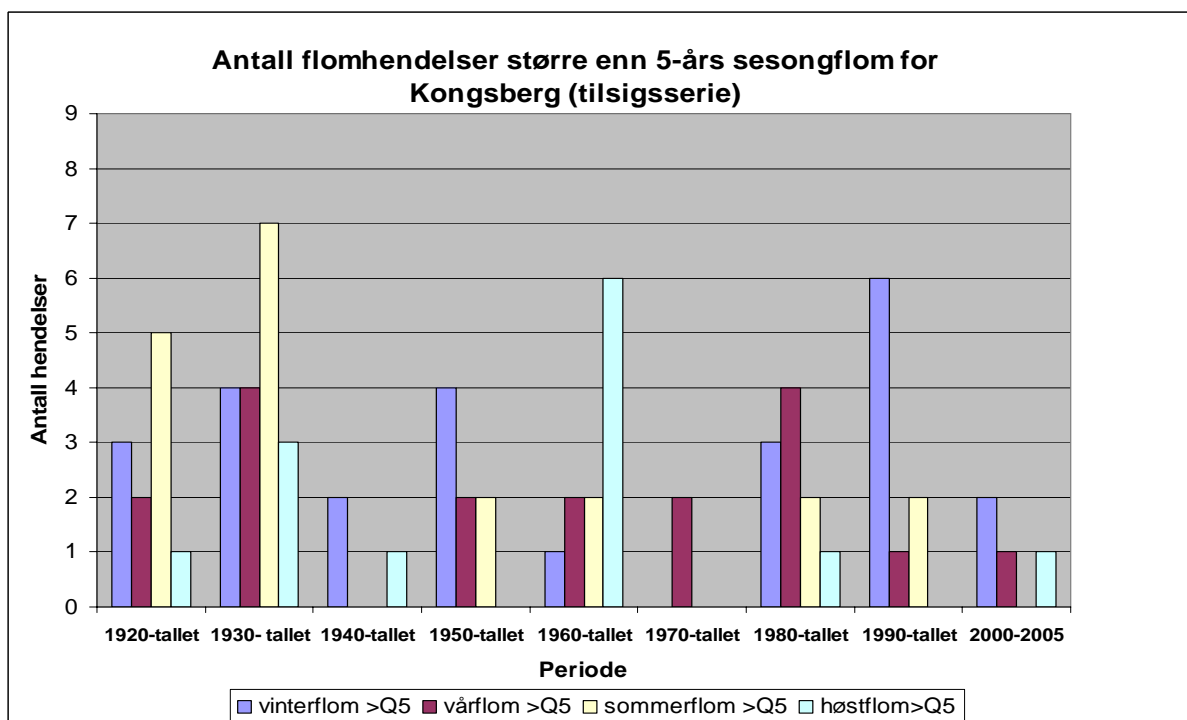
*kortere serie (1970-2005) og sterkt påvirket av regulering. Estimatenes er også sterkere beheftet med usikkerhet pga mindre datagrunnlag

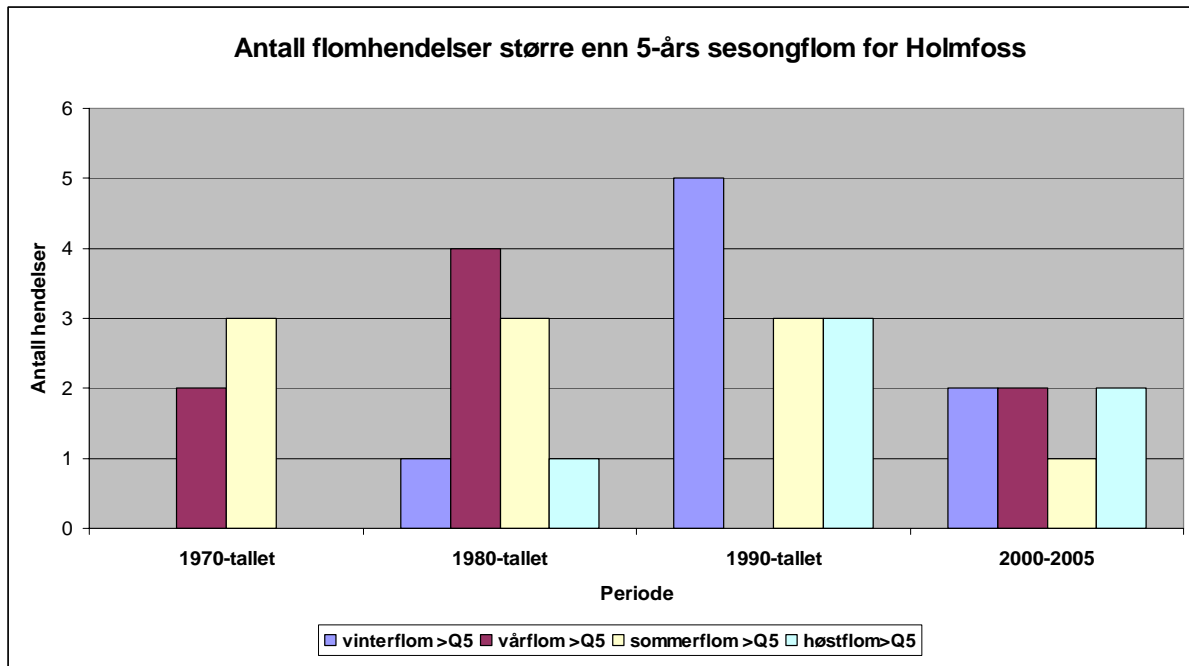
Antall flomhendelser over estimert Q5 for sesongflommene innen angitt periode.



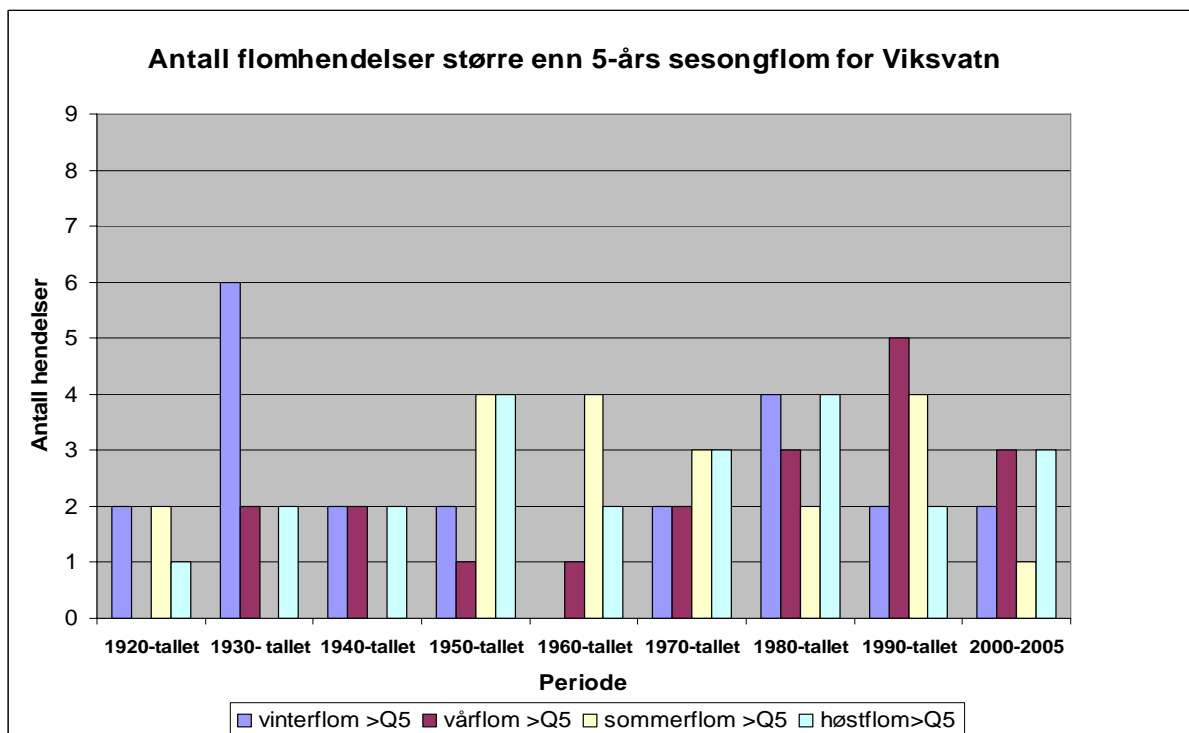


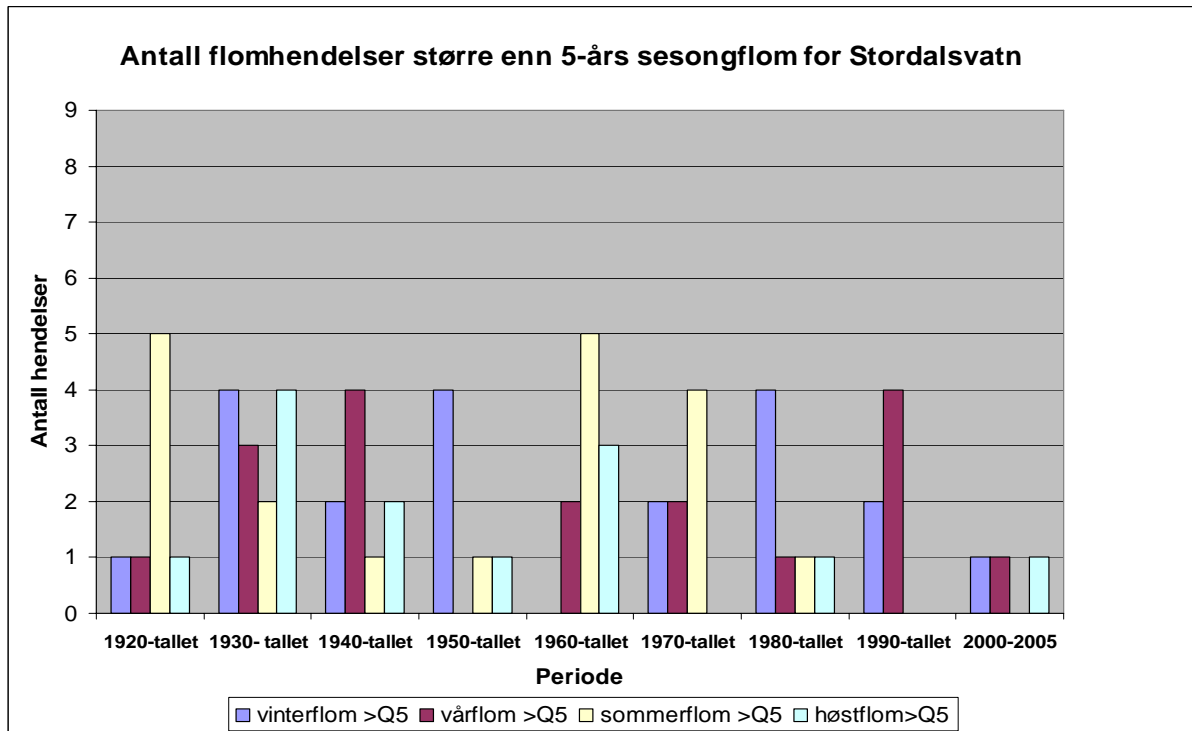
Hetland er et lite felt i forhold til Gjedlackleiv, som også ligger i Bjerkreimsvassdraget, og vil derfor oppføre seg annerledes.





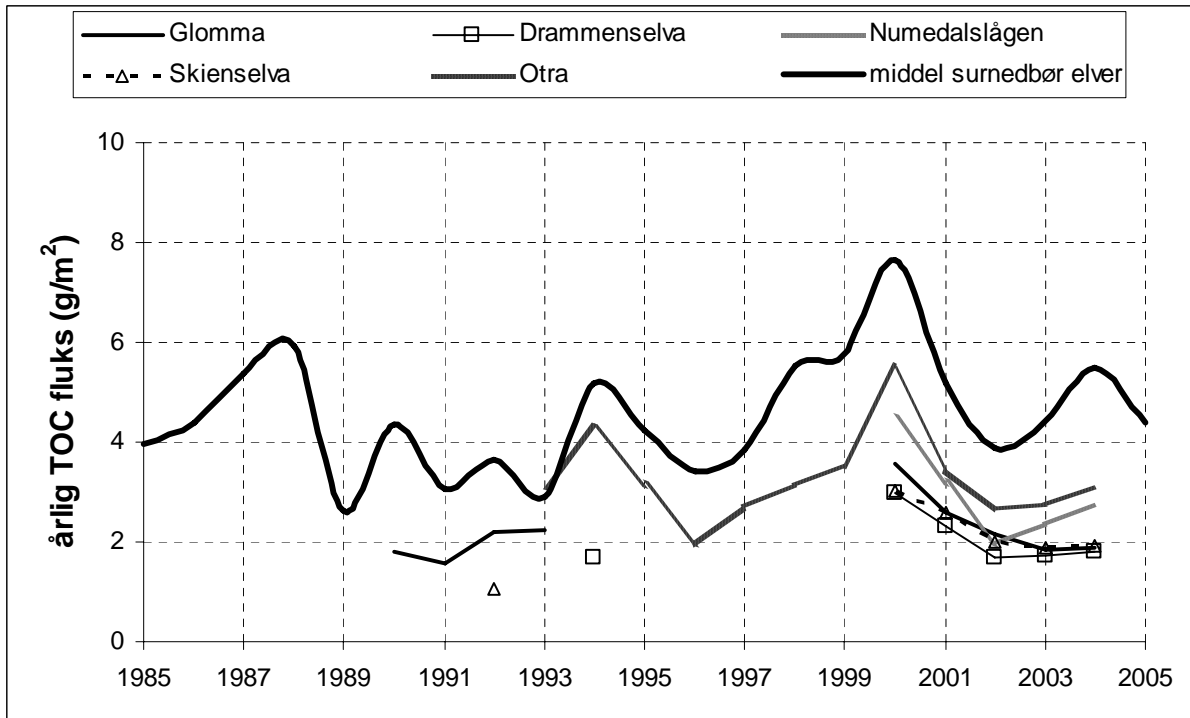
Holmfoss er sterkt preget av regulering som vil påvirke resultatet.



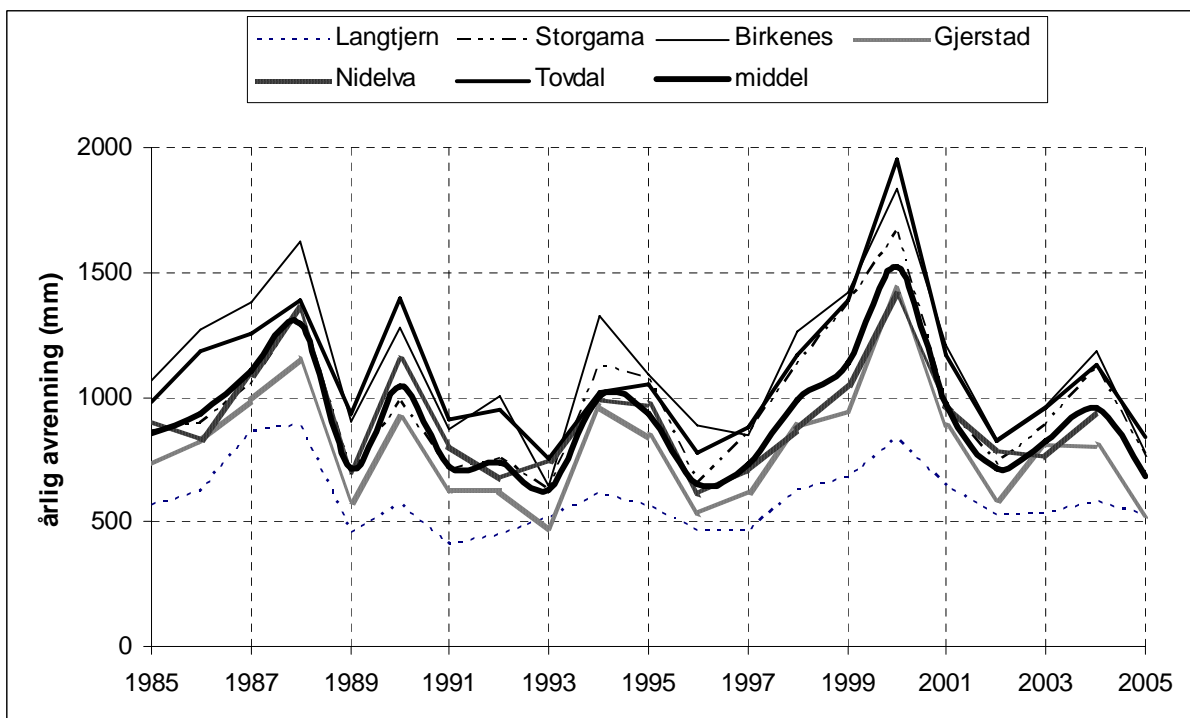


4. Elvetilførsler

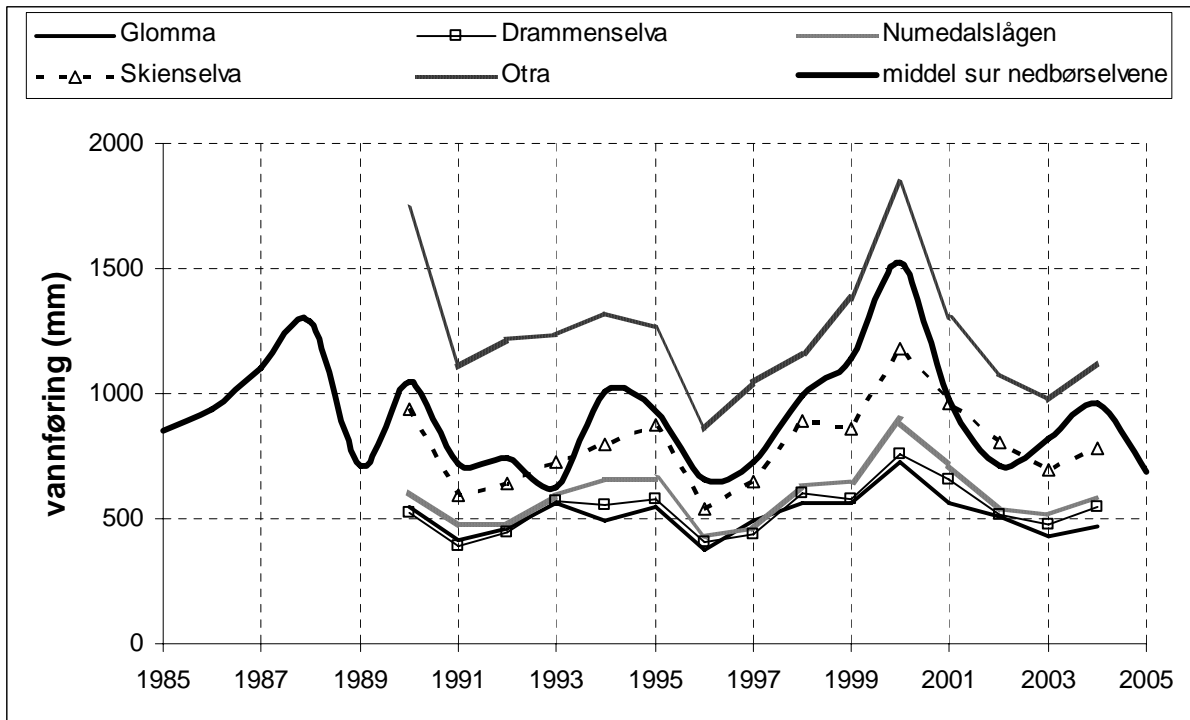
4.2 Tilførsler av TOC



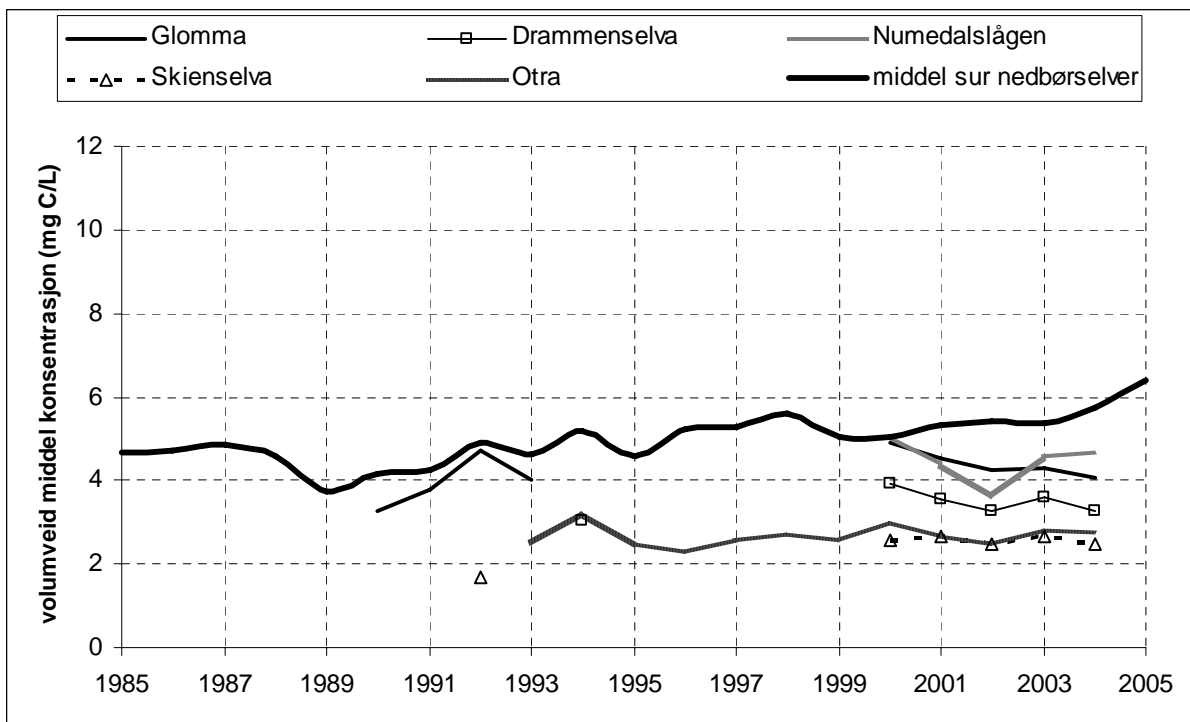
Årlig TOC fluks i elver fra RID-programmet. Årlig middelværdi for SNO-stasjonene er også vist.



Årlig avrenning fra SNO-feltene. Årlig middelværdi for alle lokalitetene samlet er også vist.



Årlig avrenning i RID-elve, med årlig middelerdi for SNO-stasjonene indikert.



Volumveid middelkonsentrasjon (mg C/L) av TOC i RID-elve. Årlige middelkonsentrasjoner på SNO-stasjonene er indikert.

Tabell. Resultat av Seasonal Mann-Kendall test på TOC-fluks, vannføringsveid TOC-konsentrasjon og vannføring for perioden 1985-2005 og 1990-2005. Målet med analysen var å undersøke om det var trender på sesongbasis. Signifikansnivå: *, $p < 0.10$; **, $p < 0.05$; *, $p < 0.01$; n.d.= ikke signifikant. Alle trender var økende, bortsett fra tilfeller indikert med (-).**

	TOC-fluks				TOC-kons				Avrenning			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Langtjern	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	***	*	***	***	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Storgama	**	n.d.	n.d.	**	***	n.d.	***	***	*	n.d.	n.d.	n.d.
Birkenes	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	**	n.d.	n.d.	***	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gjerstad	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	***	***	***	***	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nidelva	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	***	**	*	*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tovdal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	***	**	**	***	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mandal	*	n.d.	n.d.	n.d.	***	*	n.d.	*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bjerkreim	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	**	n.d.	n.d.	** (-)	n.d.
Vikedal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gaular	** (-)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nausta	n.d.	n.d.	n.d.	** (-)	n.d.	** (-)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

DJF=desember, januar, februar, MAM=mars, april, mai, JJA=juni,juli, august, SON=september, oktober, november

4.3 Tilførsler fra jordbruksbekker

Her gis en oversikt over tap av næringsstoffer og suspendert stoff fra JOVA-feltene som har avløp til den aktuelle kyststrekningen (Kolstadbekken (Ringsaker), Mørdrebekken (Romerike), Rømua (Romerike), Skuterudbekken (Ås), Grimestadbekken (Stokke) og Vasshaglona (Grimstad)) og Time og Skas-Heigre(Jæren) For lokalisering av feltene, se figur 4.3.1. Tabell 4.3.1 gir opplysninger om de viktigste feltkarakteristikker.



Figur 4.3.1 Lokaliseringen av overvåkingsfeltene

Tabell 4.3.1 Opplysninger om JOVA-feltene

Navn	Totalt areal (daa)	Dyrket areal (%)	Produksjon	Region
Kolstadbekken	3080	68	Korn	øst
Mørdrebekken	6800	65	Korn	øst
Rømua *	87100	41	Korn	øst
Skuterudbekken	4489	61	Korn	øst
Grimestadbkn *	1769	45	Korn	øst
Vasshaglona *	650	60	Grønnsaker	sør
Timebekken	1140	85	Gras	vest
Skas-Heigre *	28300	84	Gras	vest

* = hovedresultat presentert i rapportdelen.

Rømua-feltet

Beliggenhet

Nedbørfeltet er på 87,1 km² og ligger i Eidsvoll, Ullensaker og Nes kommuner i Akershus, samt et areal i Eidsvoll øverst i nedbørsfeltet.

Klima

Rømuavassdraget har innlandsklima med normal nedbørmengde på 665 mm i året. Normaltemperaturene for sommerperioden fra mai til og med september varierer fra 9,5 til 15,0°C, mens årsmiddelet er 4,0°C. Nedbørmengden er forholdsvis liten i månedene februar til og med april, mens perioden juli til og med oktober normalt mottar 45 % av årsnedbøren.

Topografi og jordsmonn

Nedbørfeltet domineres av lange, delvis bratte hellinger ned mot elva. Terrenget flater ut mot store sletter lengre vekk fra elva. Jordsmonnet i feltet (spesielt den øverste 0,5-1 m) er dominert av silt og leire. Jordsmonnet på de dyrkede skråningene langs Rømua og sidebekkene er dominert av leirjord. Betydelige arealer er bakkeplanert, og hele vassdraget ligger i et relativt erosjonsutsatt område.

Arealer

Dyrka mark utgjør 41 % av nedbørfeltet til Kauserud i Rømuavassdraget.

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

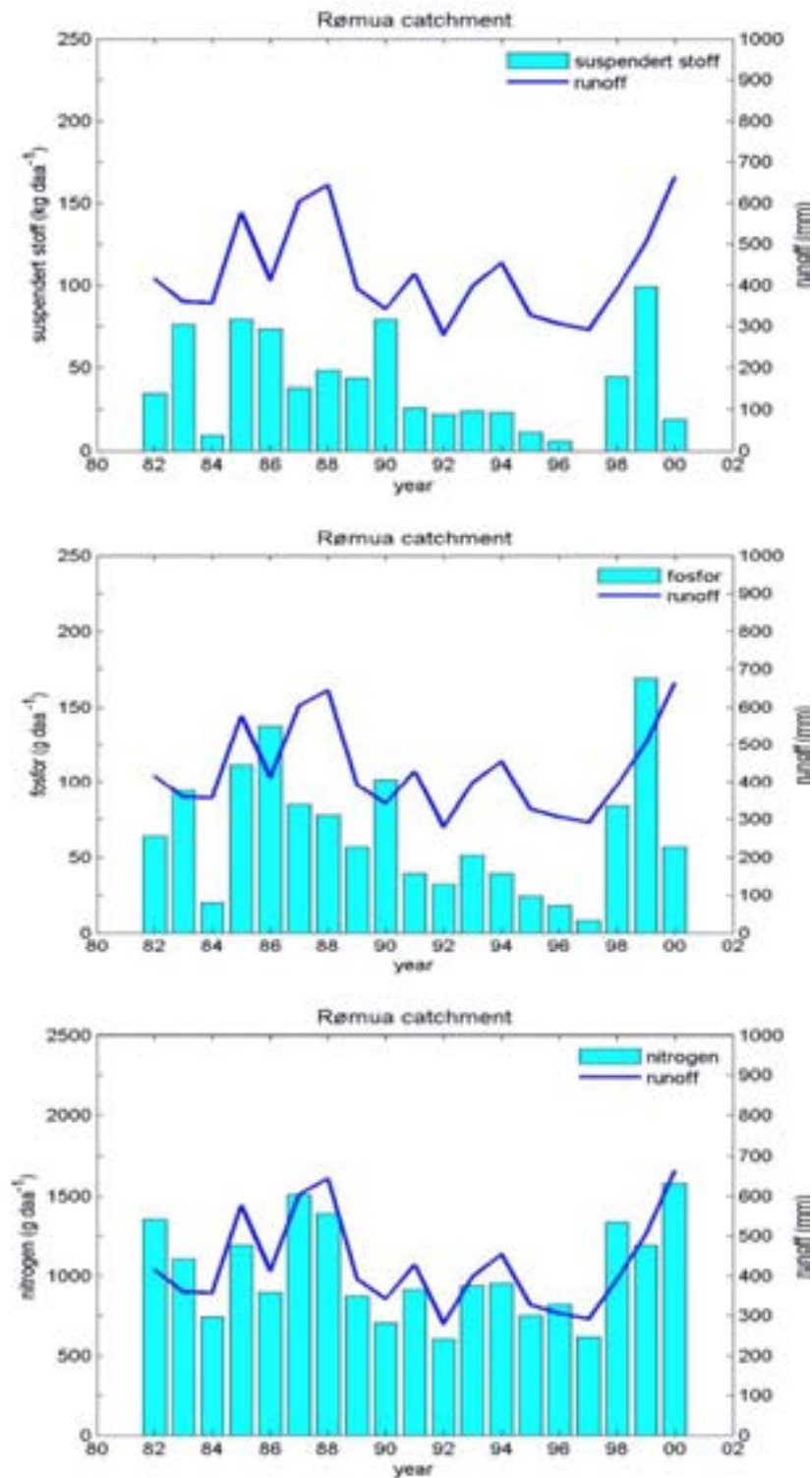
Måleperioden er fra 1982 – 2001. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.2. Et sammendrag er gjengitt i tabell 4.3.2.

Gjennomsnittlig tap av både fosfor og suspendert stoff er mindre for perioden etter 1/1/96 sammenliknet med perioden før mens det har vært en økning i N-tapet. Avrenningen er på cirka samme nivå.

For måleperioden fram til 1/1/1996 er det en liten nedgang i det årlige tapet av suspendert stoff og fosfor. Dette kan ha sammenheng med en tilsvarende nedgang i avrenning. Etter 1/1/1996 er det igjen en økning som har en klar sammenheng med en tilsvarende økning i avrenning.

Tabell 4.3.2 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1982 - 1995	427	993	67	42
1996 - 2001	413	1048	60	30



Figur 4.3.2 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Rømua – feltet

Rømua	Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1983	116	54,1	17,2	3,9	3,2	19,1	37,6	7,8	6,7	12,4	4,7	4,6	287
1984	139,7	22,6	22,8	14,8	4,4	9,3	65,6	47,6	58,3	7,1	4,5	5,2	402
1985	113	116,9	11,7	16	89	77,4	36,1	40,6	12,7	5,7	11,7	25,6	556
1986	125,8	105,5	8,7	4	11,1	11,4	20	67,7	36,8	5,3	10,1	9,7	416
1987	132,1	42,9	79,7	8,3	11,7	57,7	131	77,1	10,9	69,3	52,8	12	686
1988	163,6	73,5	20,3	15,8	72,5	95,2	45,8	11	6,6	45,9	42,3	98	691
1989	57	14,5	8,3	6,6	47,3	10,2	12,3	43,2	12,1	44,3	165,6	30,5	452
1990	44,3	6	5,7	7,3	4,2	5,4	6,1	11	18,8	15	28,7	110,9	263
1991	69	7,2	32,7	8,9	5,2	6,4	43,3	81,2	16	9,4	13,7	59,8	353
1992	59,8	33,4	3	3,9	5,5	10,2	6	58,2	86,8	13,8	6,9	21,2	309
1993	38,9	42,7	4,4	8,9	25,9	6,5	92,9	49,2	63	12,1	10,6	21,4	377
1994	240,8	20,8	5,5	2,9	14	22,6	14,1	26,4	20,5	11,2	17,4	19,2	415
1995	131,2	43,1	49,4	6,9	3,7	6,5	10,9	6,9	4,5	1	0,2	0	264
1996	31,3	58,3	14,9	15,2	3,8	21,5	64,8	90,2	60	5,6	16,9	35	418
Average	104	46	20	9	22	26	42	44	30	18	28	32	

Rømua	TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1983	4600	1256	299	57	44	400	1044	181	140	258	98	95	8472
1984													
1985	1811	2562	247	376	1796	1452	942	890	308	148	367	614	11513
1986	2421	1659	159	84	188	266	809	1905	885	142	305	232	9055
1987	4146	1831	1662	180	218	1058	2537	1890	234	1433	1183	306	16678
1988	2715	2611	395	366	1541	2144	783	221	173	1114	1157	2226	15446
1989	1131	216	127	120	812	498	324	815	220	1273	3358	743	9637
1990	618	95	85	81	58	90	151	264	402	289	672	1958	4763
1991	1081	174	400	84	82	242	1622	2127	274	171	324	1790	8371
1992	966	163	13	49	121	177	209	1737	1873	281	146	518	6253
1993	1243	753	64	157	417	160	2586	1181	1204	252	247	401	8665
1994	4086	350	42	95	567	657	747	849	493	255	340	571	9052
1995	2028	2323	808	44	56	142	271	152	104	21	5	0	5954
1996	1290	1209	348	199	74	699	1995	2272	1256	113	247	490	10192
Average	2164	1169	358	146	460	614	1078	1114	582	442	650	765	

Rømua	TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1983	474,9	101	17,3	2	5,2	80,3	59,2	9,6	4	7,3	2,8	2,7	766
1984													
1985	280,9	140,2	30,4	64,4	201,7	127,1	163,3	40,6	8,8	3,9	45,5	258,7	1366
1986	605,8	169,3	15,7	5,5	8,7	26,5	68,8	133,7	26,4	6,3	11,6	35,8	1114
1987	244,6	129	46,6	6,9	11,1	82,3	194,1	51,8	14,7	40,5	22,4	19,2	863
1988	165,2	151,2	9,7	42,5	66,5	230,7	23,4	3,7	8	77,6	123,8	201,7	1104
1989	36,9	6,2	5,6	9,6	25,2	29	12,4	17,8	59,1	411,6	437,1	47,5	1098
1990	25,4	3,5	4,2	3	3,2	2,4	4,1	17,8	8,8	10	123	64,2	270
1991	23,9	9,6	9,5	3,1	1,4	10,2	112,6	31,9	5,3	6,9	27	76	317
1992	32,8	9,8	0,7	2,9	2	2,5	6,2	141,8	47,1	6,6	7,3	35,9	296
1993	74,7	40,3	3,1	8,5	7,8	5,1	144,7	117,3	16,4	4	6,4	60,9	489
1994	231,5	12,4	3,7	2,2	6	5,3	10,6	31,2	15,7	5,5	17,6	58,4	400
1995	74,4	36,1	17,5	1,2	0,8	2,7	3,7	2,8	1,5	0,5	0,1	0	141
1996	26,1	22,8	9,1	5,8	1,5	16,4	47,7	39,3	10,3	2,9	8	13,4	203
Average	177	64	13	12	26	48	65	49	17	45	64	67	

Rømua	SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1983	462	64,9	1,2	0,3	2,9	66,6	38,5	4,3	2	3,7	1,4	1,4	649
1984													
1985	287,3	78,2	11,3	33,1	161,5	53,8	116,6	12,4	2,3	0,9	9,4	147	914
1986	386,5	64,9	8,1	1,1	1,1	9,5	39,6	61,4	4,6	1	2,9	32	613
1987	144,1	91,1	14,5	1,8	2,7	20,8	74,5	21,5	2,4	13,3	7,9	13,2	408
1988	117,4	119,9	1,7	34,1	27,1	136,4	8,6	0,9	4,3	60,7	125,4	183,5	820
1989	12	1,6	2,2	5,5	8,2	20,5	7,7	4,4	56,6	364,6	305,6	44	833
1990	9,2	1	1,6	0,8	0,5	0,7	1,7	10,6	2	3	100,2	25,2	157
1991	9	7,8	1,5	0,9	0,3	7,4	90,4	7,7	1,2	2,8	16,8	50,2	196
1992	15	2,8	0,3	1,2	0,4	0,5	3,2	129,2	19,5	1,9	2,8	20,9	198
1993	44,9	17,8	1,2	3,2	1,9	2,9	73,5	73,1	5	1	1,3	49,4	275
1994	160,1	4,8	2,5	1,3	2,1	1,6	4,6	17,3	8,6	2,2	9,8	39,8	255
1995	30	16,8	4,1	0,3	0,1	0,5	0,9	1	0,8	0,2	0	0	55
1996	13,6	9,3	3,5	2,8	0,4	6,1	14,9	15,6	2,2	0,5	1,3	3,8	74
Average	130	37	4	7	16	25	37	28	9	35	45	47	

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Mørdre-feltet

Beliggenhet

Nedbørfeltet til Mørdrebekken er ca. 6800 daa og ligger i Nes kommune i Akershus

Klima

Mørdrefeltet er preget av typisk innlandsklima med normal nedbørmengde på 665 mm i året (Tabell 4.3.3). Normaltemperaturene for sommerperioden fra mai til og med september varierer fra 9,5 til 15,0°C, mens årsmiddel er 4,0°C. Nedbørmengden er i følge 30-årsnormalen (1961-1990) forholdsvis liten i månedene februar-mai, mens 45 % av årsnedbøren normalt faller i perioden juli-oktober.

Topografi og jordsmonn

Nedbørfeltet domineres av lange, delvis bratte hellinger ned mot hovedbekken. Terrenget flater ut mot store sletter (ca. 170 m o.h.) lenger vekk fra hovedbekken. Hele området dekkes av kvartærgeologisk kart 1:50 000 (NGO Ullensaker 1915 II). Etter samarbeid med NIJOS ble området jordsmonnkartlagt i 1989. Høyeste punkt i feltet er ca. 230 m o.h. Målestasjonen ligger ca. 130 m o.h.

Jordsmonnet i feltet er dominert av siltavsetninger som varierer i tykkelse fra 0,5–1 m. Det er leire under siltavsetningene. Jordsmonnet på de dyrkede skråningene langs Mørdrebekken og sidebekkene er dominert av siltig mellomleire. Betydelige arealer i den sørlige halvdel av feltet er bakkeplanert, og hele feltet ligger i et relativt erosjonsutsatt område.

Arealer

Dyrka mark utgjør 65 % av nedbørfeltet og er dominert av kornproduksjon med litt innslag av potet, eng og beite. Beitearealene ligger hovedsakelig i ravinedaler (Tabell 4.3.3).

Tabell 4.3.3 Fordeling av arealer i Mørdrefeltet.

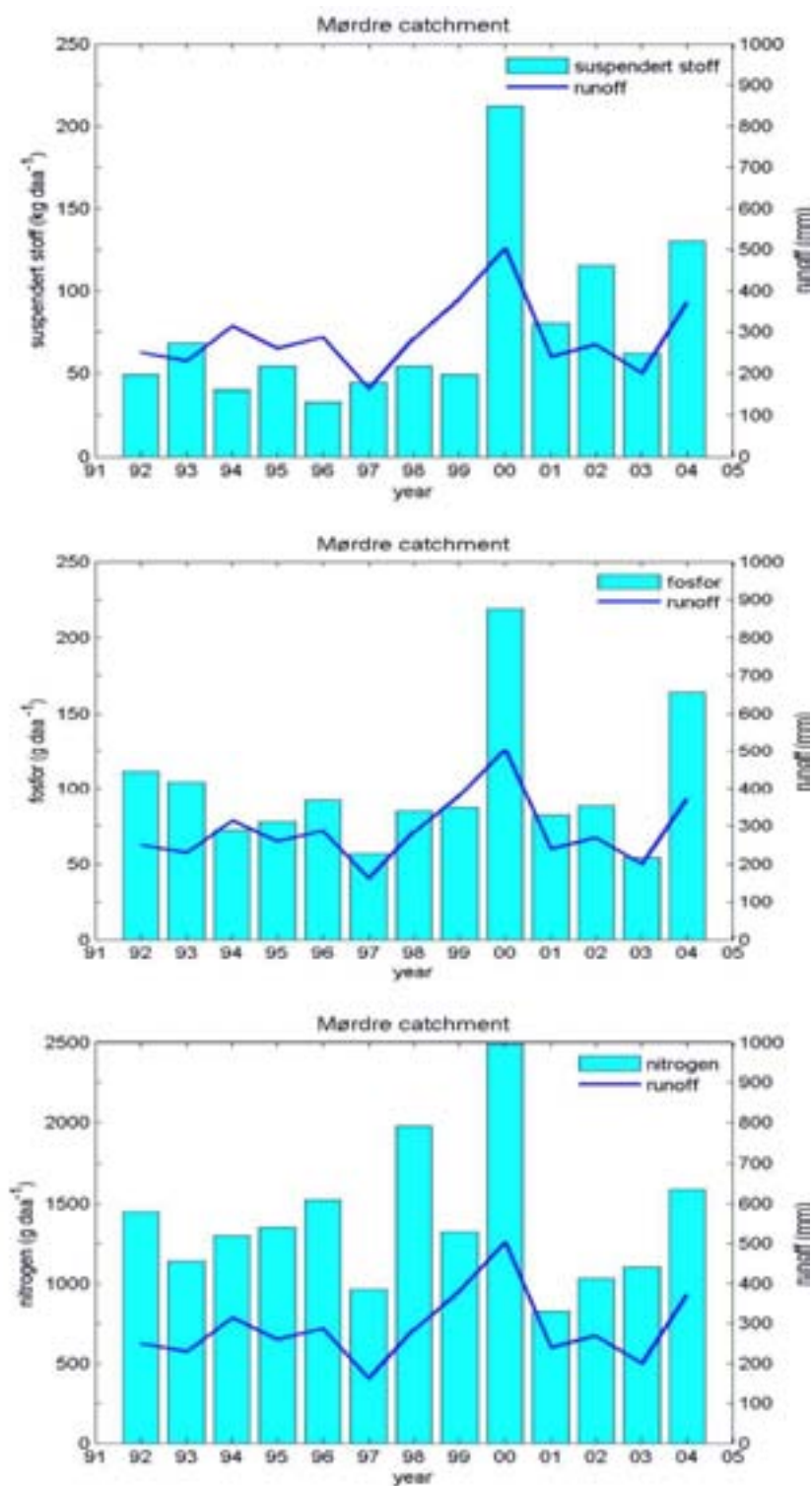
Arealtype	Antall dekar	% av totalt areal
Dyrka mark	4440	65
Skog	1920	28
Myr	269	4
Boligfelt	180	3
Sum	6809	100

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1992 – 2004. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3. Et sammendrag er gitt i tabell 4.4. Gjennomsnittlig tap av både fosfor, nitrogen og suspendert stoff er lavere for perioden før 1/1/96 sammenliknet med perioden etter. Også avrenningen er lavere. Perioden etter 1/1/96 blir dominert av året 2000 da mye nedbør om høsten førte til høy avrenning og tilsvarende tap av næringsstoffer og suspendert stoff (se figur 4.3.3).

Tabell 4.3.4 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1992 - 1995	263	1307	91	53
1996 - 2004	299	1424	103	87



Figur 4.3.3 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Mørdre – feltet

Mørdre	Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1991	6,4	23,3	0,5	0,5	3,5	38,6	72,6	4,3	2,4	21,6	46,1	57,3	277
1992	23,9	0,4	0,3	4,9	8,9	1,7	33	49,3	12,3	9,4	18,7	19,5	182
1993	20,3	0,3	2	6,1	0,4	60,2	33	48,6	7	3,6	29,9	177,1	389
1994	5,7	1,1	0	7,6	13,6	12,9	26,2	26,8	25,5	43,1	42,8	87,2	293
1995	12,5	36,5	1,9	0,2	2,1	3,7	2,2	1,1	1,9	1,3	2,6	53,6	120
1996	31,8	3,6	2,1	4,7	10,1	51,8	76,1	45,2	1,8	40,7	20,2	7,1	295
1997	44,1	1,9	1,3	0,3	4,2	2,2	12,7	25,2	46,4	11,6	9,7	48,8	208
1998	9,9	23,8	5,7	16,1	55,2	42,7	6,4	6,9	50,7	1,9	57,7	107,3	384
1999	16,6	18,3	11,2	0,2	23,9	45,1	19,6	29,5	33,3	25,7	16,9	95,7	336
2000	38,3	3,7	2,4	1	1,2	90	132,8	61	15,4	0,4	17,4	111,9	476
2001	27	4,2	1,6	2,6	9,4	35,3	7,9	11,2	16	54,2	46,6	44,8	261
2002	26,1	3,3	49,5	0,8	7,3	15,7	4,8	3,2	46,1	3	43,5	28,3	232
2003	34,2	2,8	0,9	0,2	0,2	0	21,4	18,9	0,6	5,8	166,6	27,8	279
2004	1,3	4,1	0,5	5,3	35,8	50,9	12,2	59,2	44,2	2,7	13,8	24,4	254
2005	24,3	4,3	1,5	7	5,7	29,7	67,1	4,5	21,7	3,8	14	147	331
Average	21	9	5	4	12	32	35	26	22	15	36	69	

Mørdre	TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1991	0,44	5,14	0,01	0,02	0,23	2,89	4,8	0,24	0,07	0,79	2,15	2,81	20
1992	1,81	0	0,02	0,35	0,51	0,09	2,75	3,67	0,39	0,63	0,61	0,88	12
1993	1,46	0,03	0,09	0,23	0,02	3,16	1,7	2,16	0,33	0,29	1,01	3,61	14
1994	0,17	0,08	0	0,55	1,32	1,08	2,7	1,81	1,29	1,53	1,49	5,02	17
1995	0,72	2,87	0,1	0,01	0,11	0,19	0,12	0,03	0,23	0,39	0,51	2,16	7
1996	1,88	0,29	0,19	0,18	0,45	2,55	4,05	2,23	0,06	0,94	0,48	0,25	14
1997	3,42	0,1	0,1	0,02	0,33	0,17	1,04	2,71	4,05	0,62	0,55	3,87	17
1998	0,84	2,11	0,45	0,57	3,34	2,29	0,29	0,28	1,39	0,05	1,01	2,81	15
1999	0,64	0,89	0,61	0,01	1,37	2,24	1,07	1,19	1,25	0,62	0,48	5,05	15
2000	1,54	0,29	0,08	0,05	0,07	5,21	6,7	2,09	0,47	0,01	0,39	3,08	20
2001	1,4	0,16	0,07	0,1	0,34	1,61	0,34	0,38	0,35	0,86	0,78	1,76	8
2002	3,02	0,24	1,87	0,03	0,42	0,77	0,15	0,14	2,53	0,11	1,63	1,02	12
2003	1,97	0,2	0,03	0,01	0,02	0	2,03	1,44	0,02	0,2	4,03	1,67	12
2004	0,07	0,41	0,03	0,28	2,49	3,41	0,66	2,61	2,04	0,09	0,37	1,09	14
2005	1,94	0,2	0,09	0,21	0,22	2,33	5,09	0,2	1,43	0,21	0,83	8,39	21
Average	1	1	0	0	1	2	2	1	1	0	1	3	

Mørdre	TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1991	18,2	206,6	1,9	6,3	57,8	376,6	188	6,3	7	147,1	288	156,4	1460
1992	108,6	0	2	33,3	43,5	5,4	189	142,6	39,5	70,6	308	53,3	996
1993	80,7	2,7	10,9	23,3	1,1	169,7	76,2	207	9,5	9	66,3	391,1	1048
1994	6,2	4	0,1	28,3	44,2	25,2	62,9	66,9	57,9	65,2	230	268,4	859
1995	17,3	69,8	7,1	0,7	8,2	14,1	8,5	23,6	52,3	37,1	44,7	220,5	504
1996	158,9	22,3	3,6	40,2	27,6	83	242,6	98,9	9	191,7	69,7	15,7	963
1997	141,9	6,2	12,5	2,4	33,7	6,3	35,8	39,4	125	24,3	23,7	112,2	563
1998	21,4	53,9	22,6	37,1	231,4	132,8	18,6	18,7	133,7	2,6	102,2	258,6	1034
1999	17,7	54,9	35,8	0,7	73,5	84,8	52,4	70,3	133,2	102,8	104,1	994,5	1725
2000	29,5	7,3	5,8	2,6	3,5	394,5	254,4	164,7	40	1,3	56,6	549,3	1510
2001	70,9	10,6	4,2	6,6	23	60,9	9,2	8,4	48,7	210,2	162	149,9	765
2002	36	3,5	245	1,8	13,5	25,3	4,5	2,3	94,9	7,5	128,1	64,7	627
2003	101,9	8,7	3,1	0,7	1	0,2	77,8	60,8	1,1	8,4	776,1	119,8	1160
2004	2,5	15,6	1,4	27,7	164	199,4	15,7	303,5	289,3	4,5	65,4	129,5	1219
2005	86,1	8,2	6,8	19,3	11	124	398,7	6,6	62,6	5,8	24	1427,5	2181
Average	60	32	24	15	49	113	109	81	74	59	163	327	

Mørdre	SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1991	1,6	15,4	0,1	0,2	0,5	20,5	89,6	4,1	2,5	77,6	187,6	107,1	507
1992	72	0	0,4	5,3	6,2	0,7	22,5	24,4	9,8	14,4	95,6	27,1	278
1993	173,7	8,2	6,6	10,3	0	106,5	46,3	170,1	0,5	0,4	11,3	277,3	811
1994	1,6	1,6	0	11,2	19,4	8,4	30,2	37,2	41,1	39,8	222,6	129,1	542
1995	18,5	85,6	1,8	0,2	2,1	3,6	2,2	0,5	0,9	0,4	3,3	62,8	182
1996	87,9	13,7	2,1	28,2	12,5	33,9	115,5	38,2	5,3	116,7	37,4	6,3	498
1997	139,9	4	7,4	1,4	19	1,9	12,9	84,7	71,7	21,2	21	126,8	512
1998	22,5	44,9	19,8	23,3	138,9	24	5,7	6	43,5	1,3	54,4	161,5	546
1999	7,6	39,2	22,4	0,4	43,8	42,6	15,9	69	83,3	70,2	87,7	1342,6	1825
2000	18,9	4	2,2	0,9	1,1	260,4	120,4	130,1	30,6	0,7	32,7	621	1223
2001	101,5	3,6	1,3	2,1	7,6	22,7	2,8	2,1	10,6	171,4	274,6	313,2	914
2002	109,2	8,8	269	0,6	7	11,5	0,8	0,3	166,3	4,4	115,7	56,4	750
2003	109,6	9,5	3,3	0,5	1,3	0,2	94	61,5	0,3	2,5	540,9	71,9	896
2004	0,9	6,9	0,3	24,2	198,9	168,5	9,8	282,3	302,9	1,8	46,5	151,9	1195
2005	84,4	5,4	6,1	10	4,8	86,7	408	3,3	75,1	1	6,7	1906,6	2598
Average	63	17	23	8	31	53	65	61	56	35	116	357	

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Skuterud feltet

Beliggenhet

Nedbørfeltet til Skuterudbekken er 4489 daa og ligger i Ås og Ski kommuner i Akershus fylke. Skuterudbekken renner nordover og munner ut i Østensjøvannet. Avløpet fra Østensjøvannet renner ut i innsjøen Årungen.

Klima

Feltet representerer et område med forholdsvis ustabil vinterklima. Det kan være gjentatte fryse-/tineepisoder i løpet av vinteren. I løpet av overvåkingsperioden har det sjelden forekommet at snødekket er sammenhengende hele vinteren. Normal årsnedbør (1961-1990) er 785 mm, med mye nedbør om høsten.

Topografi og jordsmonn

Nedbørfeltet til Skuterudbekken er relativt flatt med små høydeforskjeller. Høyeste punkt i feltet er 146 m o.h., og laveste er 91 m o.h. Nedbørfeltet inkluderer deler av et boligfelt (244 daa) i den sørvestre delen av feltet. På begge sider av Skuterudbekken er det hovedsakelig dyrka mark. Det meste av jordbruksarealet er systematisk grøftet. Langs ytterkantene av nedbørfeltet er det en del skog.

Den dominerende jordarten i feltet er siltig mellomleire, men det er også betydelige innslag av sandige jordarter (strandavsetninger) og morene i ytterkant av feltet. Feltet er jordsmonnkartlagt av Norsk institutt for skog og landskap. Skogarealet har en del fjell i dagen og stedvis tynt jordsmonndekke.

Arealer

Fordeling av arealer er vist i tabell 4.3.5. Ca. 61 % av feltet er dyrka mark, ca. 29 % er skog og ca 10 % er myr, tun, boligfelt og veger.

Tabell 4.3.5 Fordeling av arealer i Skuterudfeltet.

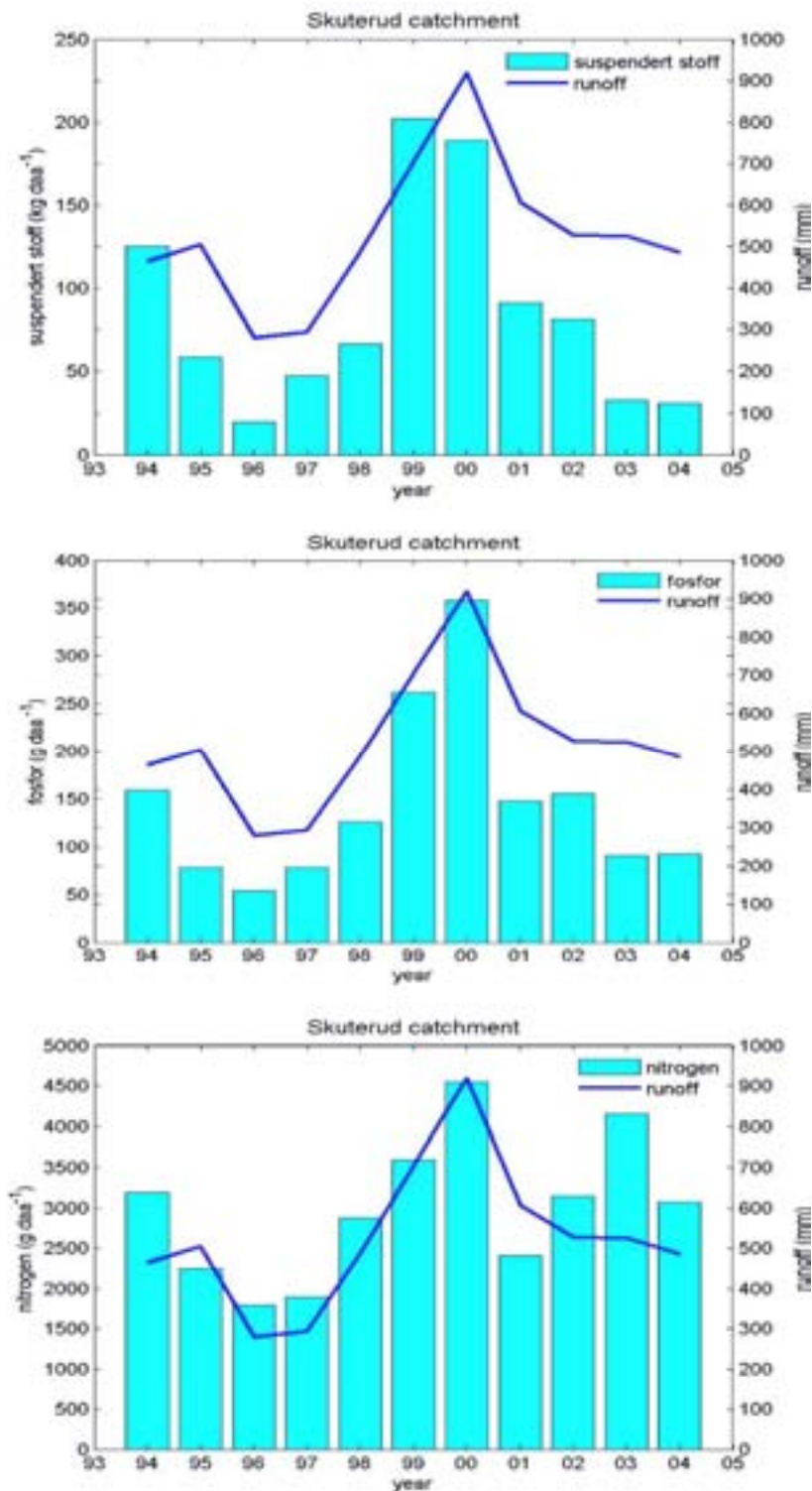
Arealtype	Antall dekar	%
Dyrka mark	2723	61
Skog	1293	29
Myr	95	2
Boligfelt	244	5
Gårdstun, veier	134	3
Sum	4489	

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1994 – 2004. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.4. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.6. Gjennomsnittlig tap av suspendert stoff er lavere for perioden etter 1/1/96 sammenliknet med perioden før mens tapet av fosfor er større økt. En mulig årsak til dette kan være fangdammen like før utløpet av Skuterudbekken i Østensjøvannet som ble konstruert i 2000. Perioden etter 1/1/1996 blir dominert av mye avrenning i både 1999 og 2000, kombinert med store tapstall (figur 4.3.4). Særlig de siste årene er tapet av suspendert stoff lav.

Tabell 4.3.6 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1994 - 1995	484	2716	119	92
1996 - 2004	536	3052	152	84



Figur 4.3.4 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Skuterud – feltet

Skuterud	Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1994	3,4	0,5	0,1	13	44,6	20,5	26,4	81,3	59,2	116,7	76,6	69,6	512
1995	37,6	79,4	13	7,7	6,6	20,8	10	4,9	2,6	0	0	39,8	222
1996	26,5	5,3	5,4	1,6	7,5	79,6	68,4	41,3	1,1	54,5	25,3	22,3	339
1997	23,1	1,7	2,8	2,8	14,8	40,9	54,9	48,7	76,6	39,6	34,3	70,8	411
1998	16	15	5,7	21,4	58,3	73,4	41,8	34,4	112,7	12,5	127,6	123	642
1999	30,4	46,3	11,8	2,7	55,4	66	27,7	85,9	37,1	28,8	41	80,7	514
2000	34,4	9,3	6,4	10,3	15,9	183	343,5	128,6	103,1	11,9	48	147,8	1042
2001	21,9	3,2	3,4	5,5	44,3	126,6	35,2	56,9	46,5	109,2	69,8	34,2	557
2002	54,5	10,3	78,6	16,3	5	67,3	26,5	8,1	107,4	21,8	99,2	66,8	562
2003	65,3	8,9	5,2	3,8	4	8,3	65,2	70,4	15,9	32,7	145,4	44,6	470
2004	14,5	4,4	1,7	3,2	50,7	88,1	30,8	51,8	37,9	17,2	8	23,1	331
2005	12,1	12	1,8	3,7	2,4	44,3	121,9	28,2	17,8	4,5	11,4	188,2	448
Average	28	16	11	8	26	68	71	53	51	37	57	76	

Skuterud	TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1994	0,04	0,03	0,01	1,42	7,71	2,28	2,52	6,03	2,42	4,07	1,98	2,68	31
1995	1,15	6,88	0,31	0,28	0,39	1,5	0,68	0,1	0	0	0	2,11	13
1996	2,61	0,11	0,18	0,07	0,57	6,63	3,76	1,89	0,04	1,67	0,58	0,67	19
1997	2,02	0,16	0,19	0,19	1,33	3,78	4,63	3,65	4,78	1,9	2,05	5,29	30
1998	0,96	1,3	0,23	0,83	3,3	4,13	2,37	1,59	4,34	0,38	3,89	5,21	29
1999	3,64	4,06	0,6	0,12	4,28	3,91	1,6	3,94	1,63	1,4	1,71	4,28	31
2000	4,87	1,71	0,26	0,55	1,09	11,57	12,77	3,62	2,69	0,31	1	5,32	46
2001	0,86	0,1	0,1	0,13	2,19	6,97	1,67	2,59	2,01	3,48	2,46	1,73	24
2002	9,17	1,09	3,51	0,71	0,21	5,4	1,34	0,31	7,01	0,89	4,85	3,96	38
2003	7,78	0,51	0,12	0,12	0,18	0,65	8,59	6,87	0,81	1,65	7,21	3,14	38
2004	1,24	0,22	0,05	0,13	4,78	6,36	1,76	3,38	2,2	0,94	0,34	1,52	23
2005	0,74	0,54	0,02	0,12	0,09	4,69	9,17	1,69	0,72	0,16	0,51	7,2	26
Average	3	1	0	0	2	5	4	3	2	1	2	4	

Skuterud	TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1994	3	1	0	16	55	43	22	111	51	327	82	54	765
1995	17	171	23	9	9	27	14	4	0	0	0	116	390
1996	23	3	5	4	13	134	199	51	2	301	31	10	776
1997	28	3	7	2	16	99	87	186	117	69	135	210	959
1998	20	36	15	71	164	214	76	132	429	26	444	341	1968
1999	75	184	38	6	321	156	50	544	178	199	168	203	2122
2000	93	25	16	56	97	752	1389	390	142	18	119	410	3507
2001	22	4	6	7	148	423	75	86	170	356	199	41	1537
2002	145	18	329	17	2	234	30	7	309	9	138	61	1299
2003	58	16	10	7	3	8	127	147	8	18	300	36	738
2004	18	6	1	9	124	237	26	122	88	15	15	18	679
2005	7	16	2	4	2	81	325	27	27	2	16	300	809
Average	42	40	38	17	80	201	202	151	127	112	137	150	

Skuterud	SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	
1994	0,8	0,3	0,2	9,1	50,1	10,5	3,8	25	17,1	327	36,7	14,2	495
1995	2,7	102,5	39,5	28,4	1,7	6,1	2,9	1,2	0	0	0	61,5	247
1996	7,3	1,2	2	0,5	3,5	31,6	89,8	14,5	0,4	304,1	20,8	1	477
1997	16,2	1,3	3,9	0,4	1,7	23,2	21,9	86,4	29,9	22,7	108,9	198,6	515
1998	14,9	16,8	4,9	28,1	78,9	72,9	21,1	66,7	305,6	15,9	458,1	237,4	1321
1999	50,9	112	21	0,7	239,3	67,9	15,9	484,6	172,1	152,9	150,9	137,9	1606
2000	36,3	7,2	2,9	23,8	45,8	354,1	650,7	160,9	74,9	8,3	80,6	396,4	1842
2001	9,7	1,6	2,1	0,5	51,9	208,2	25,8	26,2	129,7	239,8	103,4	27,7	827
2002	64,2	6	124,6	8,8	0,5	99,5	7,3	1,4	179,4	3,7	54,8	19,6	570
2003	12,1	2,3	1,6	1	0,4	1,9	21,2	47,6	1,6	3,5	171,5	12,4	277
2004	3,5	0,8	0,2	1,2	34,1	56,1	5,1	26,4	27	3,6	5,8	11,7	176
2005	1,6	1	0,3	0,5	0,2	15,4	96,2	7,1	12	0,2	2,3	126,7	264
Average	18	21	17	9	42	79	80	79	79	90	99	104	

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Kolstad feltet

Beliggenhet

Nedbørfeltet til Kolstadbekken er 3,1 km² og ligger i Ringsaker kommune i Hedmark

Klima

Klimaet i feltet er typisk for Mjøsdistriktet, med relativt varme, tørre somre og kalde vintre. 30 års middelnedbør er 585 mm. Lengden på vekstsesongen regnes til ca. 160 døgn.

Topografi og jordsmonn

Dalsøkket gjennom feltet har en lengde på 1800 m. Den største bredden på tvers av dalen er 2300 m. Terrenget er noe småkupert, men har markert helling mot vassdraget. Dyrka jord har helling mot nordvest, øst og sørøst, med varierende midlere hellingsgrad på mellom 3 og 7 grader. Hellinga brytes mange steder av terrenget. Største ubrutte lengde er 900-1000 m. Den midlere hellingslengda er rundt 300 m. Feltet ligger fra 200 til 318 m over havet.

Jordsmonnet er hovedsakelig morenemateriale av vekslende mektighet. Langs midten av feltet er det noen «øyer» av sedimentære avsetninger. Morenen består av lettleire med ufullstendig og dårlig drenering. Under matjordlaget er morenen tett og hard og gir liten naturlig infiltrasjon av vann. Store nitrogentap i forhold til fosfortap tyder imidlertid på at transport med grøftevannet er dominerende.

Arealer

Totalarealet er på 3080 dekar. Av dette utgjør dyrka mark 68 %, skog (hovedsakelig barskog på høg bonitet) 26 %, og tun, veier etc. 6 %. Tabell 4.3.7 viser fordeling av arealene innenfor feltet.

Tabell 4.3.7. Fordeling av arealer i Kolstadbekkens nedbørfelt.

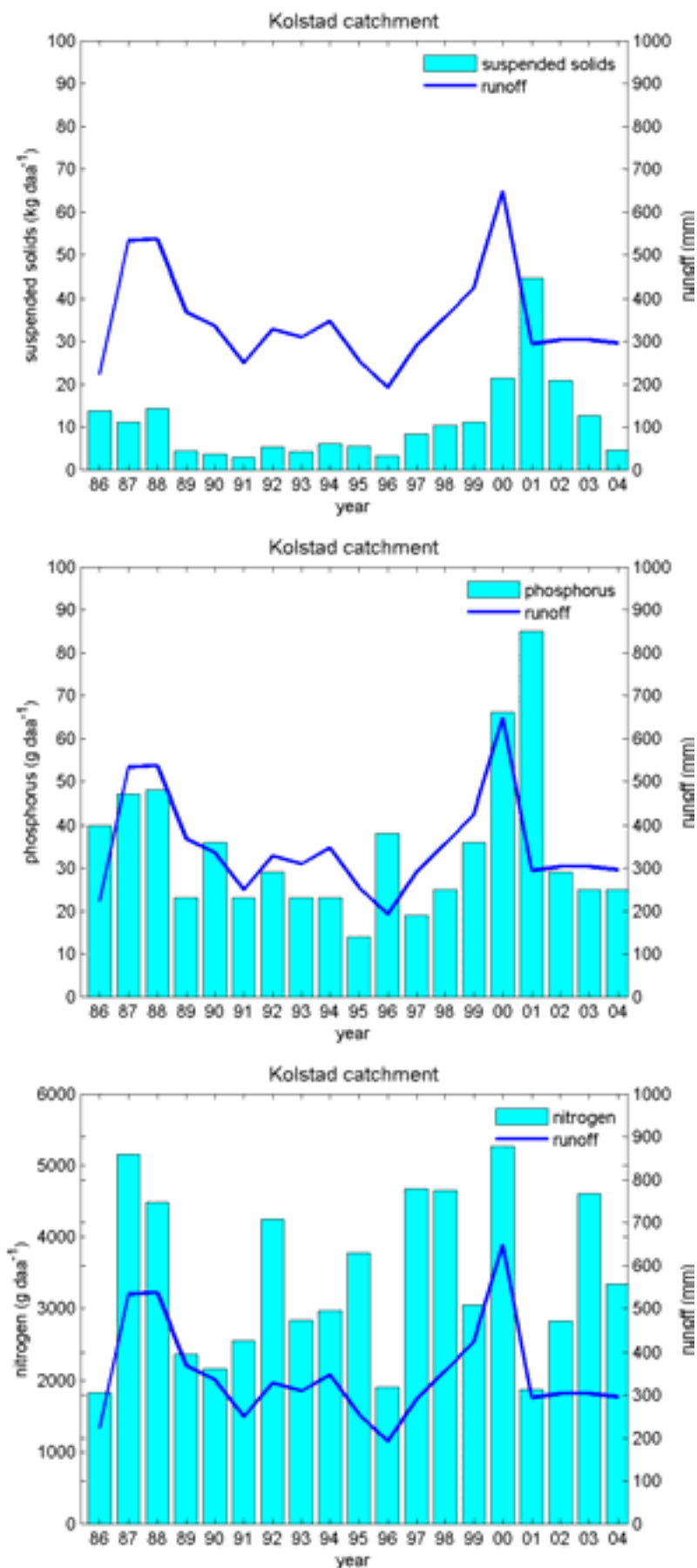
Arealtype	Antall dekar	%
Dyrka mark	2090	68
Skog	805	26
Gårdstun, veier	185	6
Sum	3080	

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1986 – 2004. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.8. Gjennomsnittlig tap av suspendert stoff er lav i forhold til særlig Mørdre og Skuterud. Sammenliknet med perioden før 1/1/96 er gjennomsnittlig tap av suspendert stoff mer en fordoblet. Også gjennomsnittlig N- og P-tap har økt. Perioden etter 1/1/1996 blir særlig dominert av økt P- og SS tap i årene 2000 – 2002 (figur 4.3.5).

Tabell 4.3.8 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1986 - 1995	348	3238	31	7
1996 - 2004	345	3575	39	15



Figur 4.3.5 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Kolstad – feltet.

Kolstad		Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1991	12,2	17,5	10	1,3	2,2	24,7	23,6	7,1	2	0,7	46,9	49,7	198	
1992	45,1	2,8	1,4	18,9	36,2	9,8	38,1	76,4	12	9,5	10,5	48	309	
1993	51,3	2,8	6,3	35,2	13,3	73,9	29,4	18,3	6,5	2,7	2,2	206	448	
1994	50,6	7,5	0,5	4,1	15,6	8,1	18,6	23	11,5	7,9	7,4	109,3	264	
1995	55,3	56,7	6,2	0,6	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	64,7	185	
1996	18,4	7,4	7,1	0,8	5,5	39,1	37,1	11,9	2,6	2,4	39,5	44,8	217	
1997	103,6	10,3	2,5	0,4	8,9	19	26,6	29,8	37,3	11,6	29	86,5	366	
1998	28,2	24,1	12,8	7,6	34,7	53,1	25,3	7,2	3,6	1,4	8	246,7	453	
1999	24,5	27,8	16	0,8	15,8	52	17,1	10,7	9,2	2,6	14,6	110,1	301	
2000	24,9	8,4	34,8	10,6	14,3	156,5	179,5	80,9	2,6	1,6	1,7	130,1	646	
2001	46	7	0,8	2	5,8	68,4	20,6	6,4	2,6	6,1	21,7	166,1	354	
2002	53,4	17,3	19,3	3,7	0,8	6,4	4,1	2,1	3,9	3,2	8,9	116,7	240	
2003	57,2	19,7	7,4	1,1	14,4	11,8	32,2	27,2	2,5	1,6	27,5	120,2	323	
2004	15,5	3,3	4,5	4,8	33,7	45,8	19,6	16,2	25,1	6,4	14,4	64	253	
2005	17,1	12,5	1	1	0,6	8,7	48,1	10,3	6	7,4	7,6	153,2	274	
Average	40	15	9	6	13	39	35	22	8	4	16	114		

Kolstad		TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1991	0,94	1,86	0,78	0,06	0,23	3,03	3	0,78	0,18	0,04	3,16	6,34	20	
1992	5,96	0,21	0,04	2,86	5,37	1,09	5,67	11,58	1,64	0,9	0,77	4,37	40	
1993	5,39	0,26	0,23	2,89	1,16	6,7	2,45	1,51	0,53	0,19	0,15	17,36	39	
1994	4,03	0,46	0,02	0,2	1,51	0,65	1,95	2,59	1,27	0,78	0,66	16,7	31	
1995	7,72	9,97	0,52	0,04	0,01	0,01	0,02	0	0	0	0	2,54	21	
1996	1,88	0,64	0,7	0,02	0,6	5,57	5,51	1,63	0,32	0,22	6,08	6,68	30	
1997	19,42	1,23	0,18	0,03	0,88	2,56	4,4	4,67	5,9	1,68	3,74	11,42	56	
1998	3,84	4,18	1,66	0,61	3,58	6,32	2,85	0,74	0,31	0,11	0,5	15,05	40	
1999	1,63	2,5	1,4	0,05	1,54	4,78	1,6	0,93	0,71	0,19	0,64	7,59	24	
2000	2,17	0,64	2,84	0,79	1,12	14,41	15,91	5,62	0,18	0,1	0,1	7,63	52	
2001	2,66	0,32	0,03	0,07	0,32	5,66	1,44	0,32	0,12	0,42	1,62	15,66	29	
2002	5,61	1,87	1,57	0,31	0,04	0,46	0,32	0,16	0,44	0,48	1,26	20,53	33	
2003	8,46	2,61	0,84	0,07	1,99	1,63	4,03	3,7	0,31	0,15	2,71	10,77	37	
2004	1,41	0,27	0,33	0,43	4,62	8,18	2,38	1,83	2,42	0,58	0,79	4,53	28	
2005	1,79	1,35	0,07	0,05	0,02	1,51	8,28	1,18	0,59	0,81	0,99	25,03	42	
Average	5	2	1	1	2	4	4	2	1	0	2	11		

Kolstad		TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1991	4,4	20,3	15,9	1,2	2,2	14,2	11,9	3	1,7	0,6	111,7	35,7	223	
1992	25,2	1,8	1,2	18,6	20,9	3,4	19,1	51	3,6	10,3	32,6	56,1	244	
1993	42,7	1,3	9	24,3	7	37,3	6,6	4	2,3	0,7	0,9	187,2	323	
1994	21,1	2,8	0,4	2,3	5,4	1,9	4,7	8,7	3,5	2	1,6	56,5	111	
1995	29	48,4	3,2	0,4	0,2	0,1	0,8	0	0	0	0	265,6	348	
1996	28,1	1,9	2,9	0,3	6,3	50,1	13,5	2,8	0,6	0,7	26,5	47,1	181	
1997	82,3	3	1,3	0,4	3,5	6,3	7,6	7,1	13,3	2,3	47,2	89,9	264	
1998	10,4	8,7	2,9	4,5	21,2	48,6	13,9	2,5	1,1	0,4	6,7	256	377	
1999	9,4	16,9	10	0,3	21,9	34,5	3,7	2,7	2,8	0,8	16,5	152,2	272	
2000	10,3	3,5	17,1	7,9	3,6	249,1	162,7	35,6	0,6	0,3	2,2	663,4	1156	
2001	70,6	2,5	1	4,2	5,7	93,2	6,5	5,7	0,5	0,6	17,8	205,9	414	
2002	30	8,9	24,9	1,2	0,2	1,2	0,8	0,4	0,7	0,8	2,3	121,6	193	
2003	28,5	18,9	5,8	0,9	32,6	18,2	9,2	11,1	0,7	0,4	29,1	110	265	
2004	7,4	2,3	2,9	6,8	35,5	27,6	5,2	5,7	25,6	5,4	45,8	149,2	319	
2005	19	22,6	1	0,7	0,3	10,8	42,1	3,3	3,2	3,6	3,4	112,8	223	
Average	28	11	7	5	11	40	21	10	4	2	23	167		

Kolstad		SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1991	0,46	3,54	2,85	0,19	0,4	1,2	0,75	0,18	0,26	0,06	18,74	7,52	36	
1992	6,15	0,42	0,08	3,32	3,51	0,25	1,34	11,64	0,4	1,89	1,96	10,21	41	
1993	13,57	0,19	1,9	3,32	0,59	6,26	1,24	1,06	0,42	0,12	0,11	49,99	79	
1994	5,52	0,59	0,06	0,4	0,95	0,37	0,6	1,44	0,29	0,2	0,19	21,16	32	
1995	11,57	20,46	0,27	0,05	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	6,89	39	
1996	4,24	0,19	0,5	0,03	2,04	15,7	2,22	0,3	0,08	0,06	7,21	18	51	
1997	49,2	0,98	0,37	0,11	0,7	2,37	2,27	1,1	4,99	0,29	24,12	41,75	128	
1998	2,42	1,37	0,32	1,58	6,99	16,24	3,1	0,32	0,14	0,07	0,74	78,09	111	
1999	2,44	6,92	3,96	0,06	8,44	9,05	0,46	0,27	0,63	0,11	1,06	56,77	90	
2000	1,69	0,84	6,97	3,84	0,43	94,9	38,94	8,04	0,21	0,06	0,82	372,65	529	
2001	38,23	0,88	0,39	1,65	1,45	26,34	2,65	3,25	0,08	0,15	9,91	148,81	234	
2002	28,72	6,03	12,78	0,45	0,02	0,83	0,24	0,11	0,17	0,28	0,23	69,11	119	
2003	10,34	6,46	2,69	0,36	19,7	10,74	2,29	2,9	0,18	0,11	2,95	22,28	81	
2004	1,89	0,56	0,62	2,35	12,79	1,71	0,49	0,41	7,17	1,69	3,23	8,8	42	
2005	5,2	5,7	0,24	0,16	0,06	4,12	15,47	0,26	0,25	0,42	0,55	45,86	78	
Average	12	4	2	1	4	13	5	2	1	0	5	64		

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Grimestad feltet

Beliggenhet

Nedbørfeltet til Grimestadbekken er på 1.769 dekar og ligger i Stokke kommune i Vestfold. Bekken starter i Stokkemyra og renner gjennom utkanten av Stokke sentrum og ut i Akersvannet (15 moh). Nedbørfeltet ligger på østsiden av Vestfoldraet, og høyeste punkt i feltet er på 85 m o.h.

Klima

Området har et kyst preget klima. Det ligger i et nedbørrikt strøk. Karakteristisk for vintrene er perioder med vekslende kulde- og mildværsperioder.

Topografi og jordsmonn

Nedbørfeltet preges av strandavsetninger. Jordbruksarealene domineres av ulike sandjordarter (fin- og mellomsand), med varierende innhold av silt. Det aller meste av jordbruksarealet har mindre terrengfall enn 6 %. Forholdsvis lange hellingslengder bidrar likevel til en viss topografisk basert erosjonsrisiko i nedbørfeltet. Jordartene er for det meste ikke spesielt erosjonsutsatte, men de arealene som er rike på silt og finsand har stor risiko for erosjon selv ved små helningsgrader. Relativt grov tekstur på jordartene tilsier at de kan være noe utsatt for N-utvasking.

Arealer

Tabell 4.3.9 viser fordelingen av arealer i Grimestadbekkens nedbørfelt. Jordbruksarealet utgjør ca. 45 %, skog ca. 29 % og tettstedsarealer ca. 13 %.

Tabell 4.3.9 Fordeling av arealer i Grimestadfeltet, dekar.

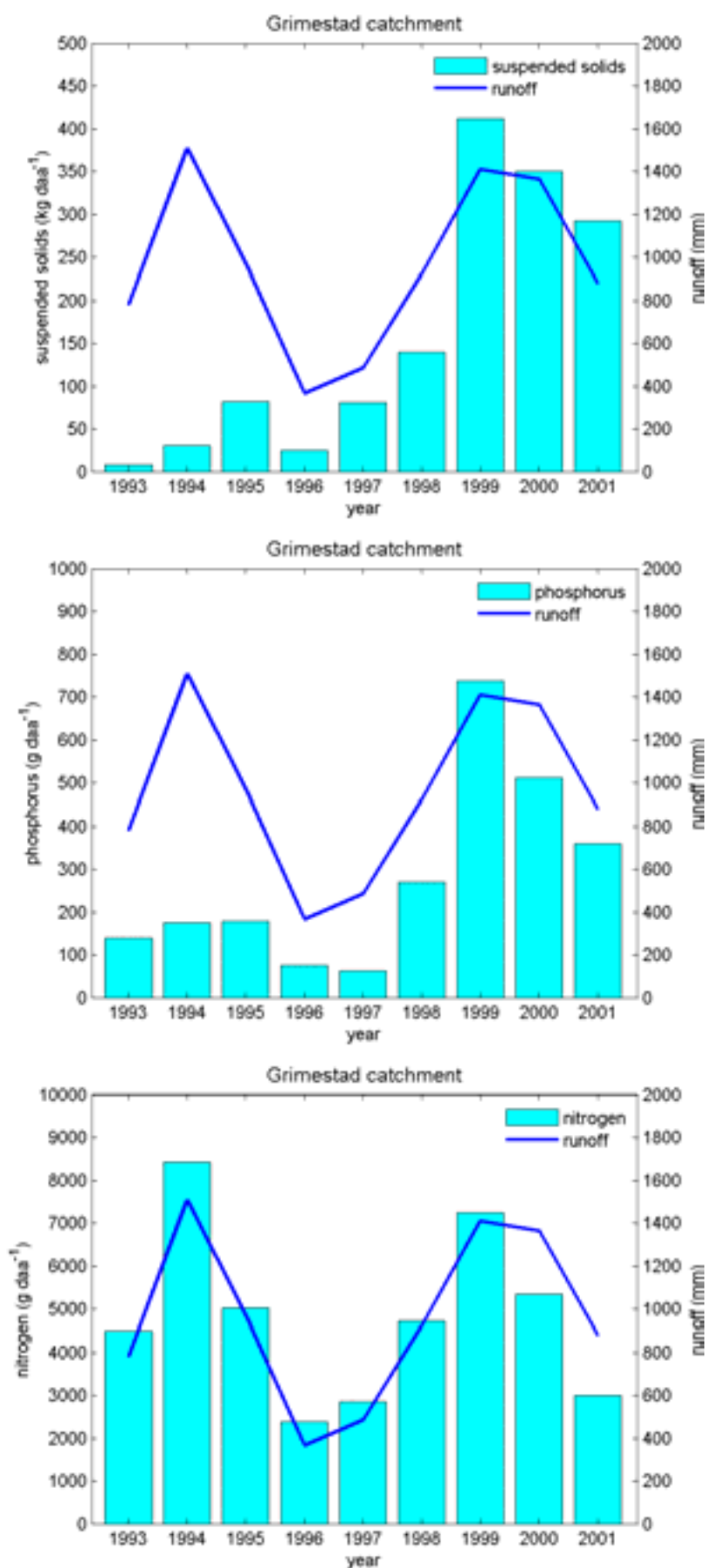
Arealtype	Antall dekar
Dyrka mark	791
Skog	521
Myr	146
Boligfelt	233
Sum	1769

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1993 – 2001. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.6. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.10. Sammenliknet med perioden før 1/1/96 er det en betydelig økning i gjennomsnittlig tap av suspendert stoff og P-tap. Perioden etter 1/1/1996 blir særlig dominert av tapet i årene etter 1999 (figur 4.3.6).

Tabell 4.3.10 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1986 - 1995	1086	5976	164	40
1996 - 2001	904	4255	336	217



Figur 4.3.6 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Grimestad – feltet.

Grimestad		Water discharge (mm)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April			
1993	33,4	6,8	7,5	13	7,9	221,7	132	173,8	91,7	24,4	243	393,5	1349		
1994	18,2	9,5	1,9	76,7	257,1	82,3	117,4	191,6	156,1	198,4	134,4	65,8	1309		
1995	24,3	93,6	8,4	2,5	134,9	90	34,5	28,3	0	0	0	19,4	436		
1996	45,8	8,6	10,7	6,5	19,4	94,3	112,1	63,2	49,8	10,9	10,6	432			
1997	25,7	12,1	16	17,9	68,9	74,6	108	104,4	146,7	92,5	46,3	183,7	897		
1998	23,4	29	16,2	15,7	68,7	130,1	99,8	67,5	203,3	44,6	173,3	177,9	1050		
1999	74,9	114,5	69,5	15,4	148,2	127,6	70,3	190	77,9	80,8	73,5	112,6	1155		
2000	44	22,4	20,1	26,8	31,8	225,6	506,7	141,6	146,6	20,5	64,1	254	1504		
2001	31	7,7	8,9	13,4	57	152,7	42,9	78,8	54,1	120,7	34,1	17,7	619		
Average	36	34	18	21	88	133	136	115	110	70	87	137			

Grimestad		TN losses (kg/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April			
1993	1,85	0,4	0,11	0,48	0,27	16,1	6	9,74	4,06	0,82	10,79	14,07	65		
1994	0,5	0,43	0,12	7,33	23,56	5,45	6,8	10,4	6,8	9,52	4,81	2,96	79		
1995	1,04	7,4	0,44	0,16	8,59	4,17	1,68	2,62	0	0	0	1,21	27		
1996	2,9	0,43	0,35	0,26	1,46	7,16	7,02	3,82	1,54	0,36	0,3	26			
1997	1,26	0,55	0,66	1,1	5,55	6,12	7,39	4,08	7,17	3,75	2,14	10,12	50		
1998	0,87	1,33	0,65	0,49	3,91	6,77	6,9	3,1	8,19	1,84	5,82	8,87	49		
1999	4,23	6,36	4,26	0,99	9,03	7,14	3,4	12,27	3,54	2,98	3,18	4,92	62		
2000	2,55	1,14	0,63	1,01	1,91	12,47	12,8	6,31	3,99	0,5	1,6	7,29	52		
2001	0,75	0,15	0,19	0,38	3,31	6,78	1,68	3,36	2,18	4,16	0,98	0,76	25		
Average	2	2	1	1	6	8	6	6	4	3	3	6			

Grimestad		TP (g/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April			
1993	52	8	18	41	14	483	123	202	74	18	204	342	1579		
1994	15	14	9	182	462	132	141	185	141	718	204	47	2250		
1995	15	227	15	7	224	91	35	50	0	0	0	12	676		
1996	77	39	38	14	29	149	313	70	40	13	8	790			
1997	23	17	29	32	78	83	72	211	312	112	34	1088	2091		
1998	17	45	36	32	180	438	180	230	763	322	645	629	3517		
1999	74	385	521	38	1938	338	67	1645	154	160	296	142	5758		
2000	85	45	44	73	92	1439	2229	370	164	17	330	1267	6155		
2001	247	14	19	33	170	1022	111	196	546	286	46	63	2753		
Average	67	88	81	50	354	464	363	351	269	186	197	400			

Grimestad		SS (kg/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April			
1993	12	1	1	4	1	21	8	29	3	1	19	47	147		
1994	1	4	4	64	124	13	13	42	28	259	68	9	629		
1995	1	246	1	0	160	23	7	12	0	0	0	2	452		
1996	8	0	0	2	6	72	143	29	205	29	0	494			
1997	22	9	44	37	283	89	84	84	152	29	8	774	1615		
1998	2	5	5	5	45	194	77	131	406	182	314	260	1626		
1999	47	126	284	9	1139	136	11	1198	94	90	229	61	3424		
2000	26	11	10	28	42	1096	1684	132	48	4	300	1002	4383		
2001	201	6	8	17	120	971	79	156	623	93	16	61	2351		
Average	36	45	40	18	213	291	234	201	169	96	109	246			

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Vasshaglona feltet

Beliggenhet

Nedbørsfeltet til Vasshaglona er på 650 dekar og ligger i Grimstad kommune, Aust-Agder.

Klima

Feltet ligger i et område med kystklima, med milde vintrer og mye nedbør. Normal årsnedbør er 1230 mm der det meste kommer i løpet av høsten og første del av vinteren. Månedlig middeltemperatur er under null kun i januar og februar.

Topografi og jordsmonn

Feltet ligger på marin avsetning og er ganske flatt. Jordtypen varierer fra sandjord til lettleire, det aller meste er moldholdig sandjord. Arealene er i god hevd etter å ha ligget i omløp med mye grønnsaker og fått forholdsvis kraftig gjødsling. Fosforinnholdet er høyt.

Arealer

Av totalarealet på 650 dekar er om lag 400 dekar dyrka (tabell 4.3.11). Det dyrka arealet består av 27 teiger tilhørende 16 bruk. De fleste av disse har hovedbruket utenfor feltet. Det er 8 boligenheter med 50 fastboende personer i Vasshaglonas nedslagsfelt. I feltet er det flere bekkeløp som samler seg til ett løp før målestasjonen. Denne ligger ca. 3 meter over havet, bare noen hundre meter fra utløpet til Reddalsvannet. Reddalsvannet har forbindelse med havet gjennom kanaler og Landvikvannet, og inneholder brakkvann.

Tabell 4.3.11 Fordeling av arealer i Vasshaglonas nedbørfelt, dekar.

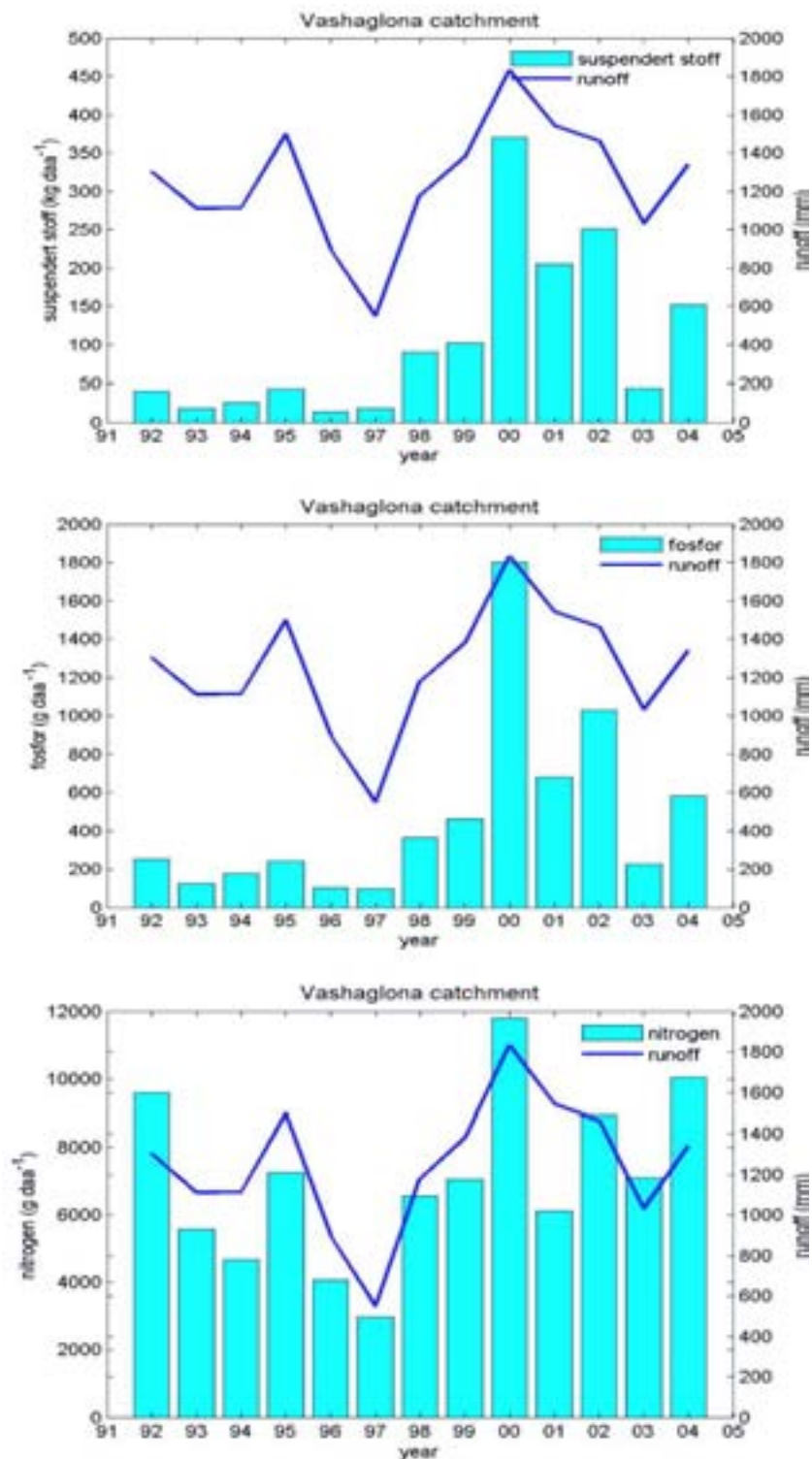
Arealtype	Antall dekar
Dyrka mark	390
Skog	240
Gårdstun, veier	20
Sum	650

Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1992 – 2004. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.7. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.12. Sammenliknet med perioden før 1/1/96 er det en betydelig økning i gjennomsnittlig tap av suspendert stoff og P-tap. Tapet i perioden etter 1/1/1996 blir særlig dominert av årene etter 2000 (figur 4.3.7).

Tabell 4.3.12 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1986 - 1995	1185	6234	179	28
1996 - 2004	1291	7568	655	154



Figur 4.3.7 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Vashaglona – feltet.

Vasshaglona		Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1998	81	102	76	65	104	212	121	79	149	97	100	72	1258	
1999	69	86	70	84	191	171	118	174	123	208	135	108	1537	
2000	75	59	63	47	85	214	464	249	307	119	116	164	1962	
2001	90	70	67	79	53	224	91	163	119	191	101	51	1299	
2002	102	68	123	93	89	247	136	146	144	24	29	95	1296	
2003	190	79	91	59	58	69	117	78	138	133	138	117	1267	
2004	88	78	63	148	131	200	52	54	75	39	32	34	994	
2005	40	82	45	46	38	36	198	118	60	62	32	49	806	
Average	92	78	75	78	94	172	162	133	139	109	85	86		

Vasshaglona		TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1998	4,19	7,47	5,23	2,63	8,7	12,55	6,33	3,96	6,89	3,36	3,62	2,04	67	
1999	2,61	5,65	2,7	6,92	9,13	9,99	7,14	9,96	2,3	3,89	2,53	3,53	66	
2000	4,08	2,79	6,33	3,65	8,31	22,48	33,1	9,79	7,62	2,41	4,03	7,65	112	
2001	2,07	1,21	1,64	4,96	2,08	14,52	4,65	8,27	4,02	6,63	2,71	2,01	55	
2002	6,6	3,64	10,36	7,08	3,42	29,14	8,79	4,93	6,03	0,84	0,91	3,57	85	
2003	18,31	3,61	6,82	2,19	3,88	4,74	13,37	6,82	8,25	5,98	7,22	4,85	86	
2004	3,05	10,06	5,72	18,43	13,95	16,54	3	3,22	4,73	2,13	1,34	1,41	84	
2005	4,05	7	2,4	3,57	2,05	3,15	20,57	8,51	2,51	4,69	2,24	2,88	64	
Average	6	5	5	6	6	14	12	7	5	4	3	3		

Vasshaglona		TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1998	153	266	163	95	534	1371	486	312	469	424	213	76	4562	
1999	76	404	155	512	177	899	627	580	252	417	270	369	4738	
2000	249	216	381	410	565	4007	8422	2434	709	250	728	537	18908	
2001	143	74	119	366	156	2045	497	1163	282	416	93	56	5410	
2002	236	277	499	394	168	6951	795	117	349	20	23	85	9914	
2003	783	75	382	55	76	96	235	63	232	92	223	104	2416	
2004	107	305	123	1343	765	2362	84	106	130	107	47	23	5502	
2005	156	54	69	119	64	51	280	84	81	61	32	25	1076	
Average	238	209	236	412	313	2223	1428	607	313	223	204	159		

Vasshaglona		SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1998	35	69,8	32,6	16,4	139,7	355,2	142,5	121,8	174	189,8	61,5	13,5	1352	
1999	14,1	95,2	20,3	124	13,6	128,9	111,7	88,5	54,2	91,6	59,5	78	880	
2000	46,4	41,3	87,1	90,6	130,4	762,2	1753,6	522,1	130,6	63,2	318,9	552,6	4499	
2001	19,5	9	16,2	83,4	26,8	433,5	106,2	287,4	66,7	114,5	16,1	9,3	1189	
2002	57,2	72,8	81,4	105,4	43,8	1731,4	198,4	12,6	80,1	2,2	3	12,5	2401	
2003	175,8	7,9	90,8	4,8	12,4	18,3	38,6	3,8	32,7	3,3	26,8	10,5	426	
2004	18,3	69,6	33,8	371,9	201,4	752,7	2,5	11,2	14,4	24,6	11,8	2,6	1515	
2005	35,5	2,6	10,9	22,3	11,2	7,7	17,8	4,5	11,6	5,6	2,4	4,6	137	
Average	50	46	47	102	72	524	296	131	71	62	63	85		

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Time feltet

Beliggenhet

Nedbørsfeltet til Timebekken er 1140 daa og ligger i Time kommune i Rogaland , 1,4 km sør for Bryne sentrum. Feltet har en største lengde på 1700 m og 700 m bredde.

Klima

Feltet ligger i et område med typisk kystklima. Det er milde vintre som vanligvis gir frostfri jord. Normal årsnedbør i området er 1189 mm, og ca. 47 % av nedbøren faller i vekstperioden (april - tom. september). Det er størst nedbør om høsten og vinteren.

Topografi og jordsmonn

Høyeste punkt på feltet ligger ca. 100 m o.h. og feltet har fall mot nord og vest. Målestasjonen ligger 35 m o.h. Jorda i feltet er morenejord dominert av siltig mellomsand med varierende stein- og grusinnhold.

Arealer

Driftsformen i feltet er intensivt husdyrhold med melk som hovedproduksjon. Jordbruksarealet blir stort sett nyttet til fôrproduksjon til dyra på gården. Korn til modning blir bare dyrket som dekkvekst til gjenlegg i eng. Totalt jordbruksareal er 974 daa, dvs. 85 % av nedslagsfeltet. Tabell 4.3.13 viser fordeling av arealtyper i feltet.

Tabell 4.3.13 Fordeling av arealer i feltet, dekar.

Arealtype	Antall dekar
Dyrka mark	974
Annet (kirkegård, gårdstun og veier)	166
Sum	1140

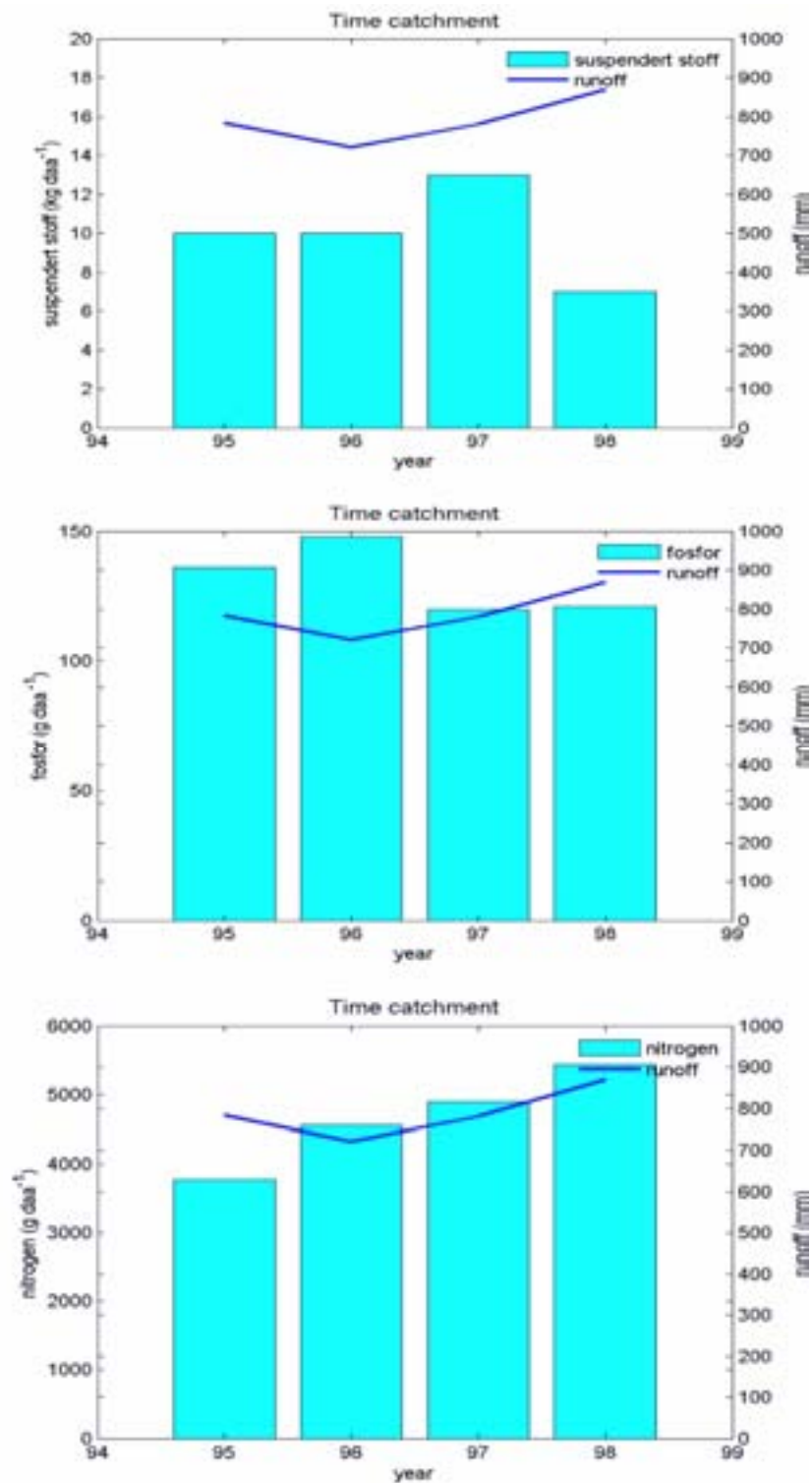
Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1995 – 1998. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.8. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.14.

Tapet av SS er ubetydelig i forhold til de øvrige stasjoner. For rapporteringsperioden er det lite variasjon i tapet av både fosfor og suspendert stoff (figur 4.3.8).

Tabell 4.3.14 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1995	783	3775	136	10
1996 - 1998	790	4966	130	10



Figur 4.3.8 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Time – feltet.

Time	Water discharge (mm)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	32	24	23	13	44	132	82	38	25	31	24	22	490	
1996	18	17	12	18	19	180	245	98	59	124	51	35	876	
1997	25	10	8	46	128	150	71	56	68	106	118	42	828	
1998	5	8	21	70	44	183	113	67	62	37	64	57	731	
1999	12	15	11	7	70	1002	544	1471	556	747	415	295	5145	
2000	101	88	60	1133	762	2931	3367	1942	1032	426	321	362	12525	
2001	147	67	48	154	670	3112	3146	2000	678	590	292		10904	
2002														
2003										18	21	28		
2004	26	22	23	37	98	136	66	95	100	46	31	25	705	
2005	17	21	9	16	31	40	104	29	43	40	16	60	426	
Average	43	30	24	166	207	874	860	644	291	217	135	103		

Time	TN losses (kg/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	0,8	0,9	1,1	0,7	3,1	8,4	4,6	2,4	1,3	1,8	1,2	1,4	28	
1996	1,1	0,6	0,4	1,4	1,2	13,9	14,6	5,1	2,7	6,7	2,8	2	53	
1997	1,3	0,5	0,4	3,6	9,6	9,7	4,6	3,9	5	7,9	8	2,9	57	
1998	0,3	0,5	1,3	4,5	2,6	10,7	5,7	3,5	3,6	2,1	3,5	3,2	42	
1999	0,7	1,1	0,6	0,4	3,8	62,2	29,4	80	30,1	39,4	21,7	16,8	286	
2000	5,8	4,8	3,2	69,9	44,5	140,4	189,3	100,1	56	24,2	40,8	23,1	702	
2001														
2002														
2003														
2004	0,8	1,2	1,4	2,4	6,6	7,7	3,3	4,7	4	2,5	1,8	1,5	38	
2005	0,6	1,1	0,4	1,2	1,7	3,3	7,7	2	3,5	3,6	1,6	5,6	32	
Average	1	1	1	11	9	32	32	25	13	11	10	7		

Time	TP (g/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	119	63	32	17	92	227	105	61	20	57	51	53	897	
1996	47	26	21	69	30	405	527	132	106	234	51	37	1685	
1997	23	8	11	85	202	288	76	52	81	76	113	46	1061	
1998	5	15	34	156	66	384	152	47	62	24	42	68	1055	
1999	11	40	18	6	56	1438	536	2707	584	821	498	612	7327	
2000	94	139	71	3600	708	5128	4070	1746	1292	397	1005	786	19036	
2001														
2002														
2003												20		
2004	36	28	34	65	198	392	95	147	117	69	43	46	1270	
2005	18	19	7	32	43	77	236	51	57	50	27	59	676	
Average	44	42	29	504	174	1042	725	618	290	216	229	192		

Time	SS (kg/ha)													Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	5,3	4,1	1,7	1,2	4,6	10,5	6,6	5,6	1,3	1,6	6,4	3,3	52	
1996	3,2	2	1,9	7,5	1,8	29,4	41,5	7,8	8,2	20,8	3,1	2,6	130	
1997	2,1	0,9	0,7	30,7	32,8	24,7	5,9	1,5	5,3	2,7	5,8	2,1	115	
1998	0,3	1,3	2	7,1	1,2	29,5	8,1	1,7	3,6	1	2,4	5,2	63	
1999	0,8	1,4	0,5	0,2	2,8	83,2	21,6	276,3	55,4	64,3	38,9	34,4	580	
2000	4,9	17	7,9	302,1	26,9	215,5	239,3	70,3	48,8	13,2	80,4	79,7	1106	
2001														
2002														
2003												2,8		
2004	6,1	1,2	0,7	3,8	14,6	33	7	10,9	12,1	6,4	6,4	2,3	105	
2005	4,1	1,4	0,5	0,6	4,8	6,3	21,5	3	5,7	1,8	3	5,9	59	
Average	3	4	2	44	11	54	44	47	18	14	18	15		

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

Skas-Heigre feltet

Beliggenhet

Skas-Heigre kanalen drenerer et relativt stort nedbørfelt på 28 km². Kanalen strekker seg fra områdene syd for Sola flyplass og vest for Sandnes i Rogaland, og er en sidegren til Figgjovassdraget med utløp i Grudavatnet.

Klima

Klimaet i området er mildt og fuktig, typisk for kystområdene i den sørvestlige delen av Norge. Normalt er det bare kortere perioder om vinteren hvor temperaturen er under 0°C. Som følge av det milde klimaet er vekstsesongen lang i denne delen av landet.

Topografi og jordsmonn

Skas-Heigre kanalen renner gjennom et flatlendt område, og nedbørfeltet har en midlere høyde over havet på om lag 33 m. Høyeste punkt i feltet er på 71 meter over havet, mens utløpet i Grudavatnet er ved om lag 4 meter over havet.

Store områder med løsavsetninger fra siste istid har dannet grunnlag for et intensivt jordbruk i dette området. Store deler av Skas-Heigre kanalens nedbørfelt var opprinnelig et våtmarksområde, og en del av feltet var i sin tid sjøbunn. Området ble trolig drenert på begynnelsen av 1900-tallet. Avsetninger i nedbørfeltet er dominert av felt med marin leire og felt med sand og grus.

Arealer

Vassdraget er kanalisert i nesten hele sin lengde og er uten innsjøareal. I nedbørfeltet drives omfattende jordbruksaktivitet, og om lag 85 % av arealet blir gjødslet og brukt til produksjon av jordbruksvekster. Om lag 2/3 av nedbørfeltet ligger ovenfor en pumpestasjon som ble bygd for å redusere grunnvannstanden slik at en kunne dyrke de lavtliggende arealene. Tabell 4.3.15 viser arealfordelingen i nedbørfeltet til Skas-Heigre kanalen (fra Molversmyr & Bergheim 1995).

Tabell 4.3.15 Fordeling av arealer i Skas-Heigre kanalens nedbørfelt (til målestasjon).

Arealtype	Antall dekar
Jordbruksareal	23700
Skog og myr	4000
Impediment, vannflater	0
Boligfelt, tettsteder	600
Sum	28300

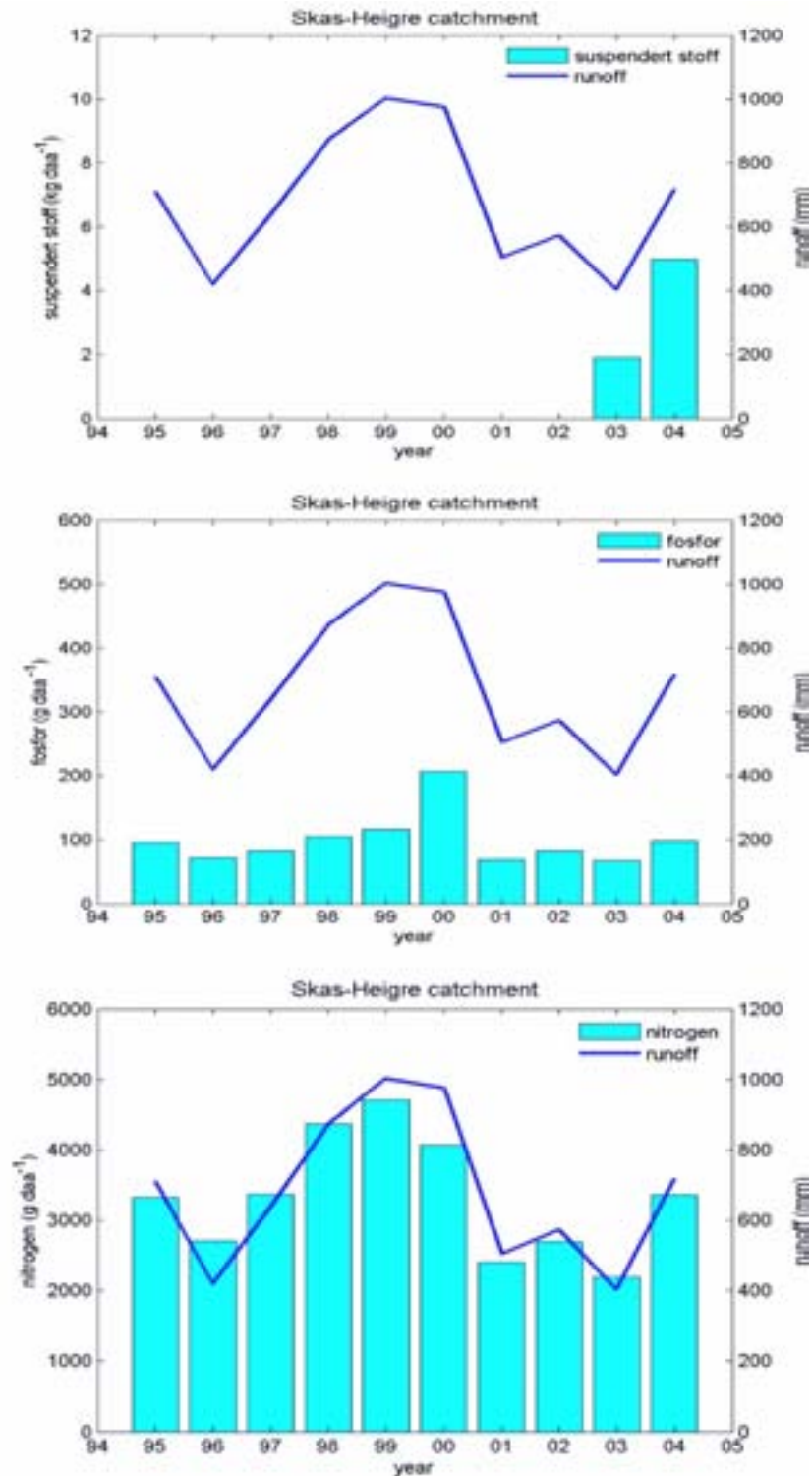
Avrenning og tap av næringsstoff og suspendert stoff.

Måleperioden er fra 1995 – 2004. Avrenningen i tillegg til tap av næringsstoff og suspendert stoff er framstilt i figur 4.3.9. Et sammendrag er gitt i tabell 4.3.16.

Tapet av SS ble kun målt siden 2003 og er ubetydelig i forhold til de øvrige stasjoner. For rapporteringsperioden er det lite variasjon i tapet av både fosfor (figur 4.3.9).

Tabell 4.3.16 Gjennomsnitt avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff før og etter 1/1/1996

Periode	Avrenning	N-tap	P-tap	SS-tap
1995 –	710	3322	96	0
1996 - 2004	678	3318	100	1



Figur 4.3.9 Avrenning, tap av næringsstoffer og suspendert stoff, Skas-Heigre feltet.

Skas Heigre		Water discharge (mm)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	15,9	17,9	35,8	18,2	48	106,4	63,3	29,4	11,3	18,2	14,6	15,6	395	
1996	14	15,4	9,3	10,3	9,9	107,1	141	52,8	31,3	115	43,4	20,6	570	
1997	17,5	9,2	11,1	50	144,4	103,7	50,4	42,4	25,8	129,5	64	41,3	689	
1998	10,6	13,7	63,3	109,7	55,2	183,2	107,3	67,7	145,4	105,5	87,6	26,9	976	
1999	16	53,8	64	37,5	43,3	132,8	93,4	200,5	104,8	130,6	76,3	51,9	1005	
2000	36,3	56,3	37	64,1	36,2	135,8	170,3	86,9	54,6	47,8	57	42,9	825	
2001	29,6	18,7	10,8	15	21,7	84,9	71,3	47,9	90,8	71,8	39,4	16,6	519	
2002	19	25,7	62,8	30	51	71,8	74	18,5	54,3	27,9	19,8	13,4	468	
2003	12,5	15,1	12,3	24,3	65,2	46,5	38,9	74,3	46,9	33,7	19,9	23,2	413	
2004	11,9	11,3	10,6	72,6	128,9	108,8	116,7	132	182,8	37,6	47,4	33,5	894	
2005	21,2	19,3	18,1	39,5	74	80,9	184,5	61	57,8	53,5	17,1	36,2	663	
Average	19	23	30	43	62	106	101	74	73	70	44	29		

Skas Heigre		TN losses (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	0,53	0,7	1,02	0,54	1,86	5,62	3,78	1,95	0,99	0,88	0,81	0,67	19	
1996	0,55	0,74	0,46	0,55	0,47	8,3	9,78	2,91	1,51	6,16	2,33	1,06	35	
1997	0,7	0,25	0,27	2,29	8,89	5,25	2,76	2,34	1,63	7,82	3,32	2,04	38	
1998	0,48	0,42	3,22	5,91	2,48	8,82	4,66	2,83	9,28	4,56	3,79	1,1	48	
1999	0,52	2,8	2,52	0,93	1,31	6,47	4,71	9,12	4,76	5,27	2,99	2,18	44	
2000	1,53	2,27	1,48	2,83	1,54	6,3	6,7	3,15	2,5	2,14	2,65	2,02	35	
2001	1,01	0,62	0,38	0,49	0,93	5,39	3,45	2,49	4,25	3,21	1,72	0,68	25	
2002	0,81	1,31	3,18	1,28	2,04	3,38	4,15	0,92	3,47	1,82	1,41	0,78	25	
2003	0,64	0,95	0,4	1,1	3,67	2,49	2	3,24	2,11	1,38	0,87	1,15	20	
2004	0,45	0,42	0,3	4,27	6,61	5,04	5,47	5,48	7,33	1,49	1,96	1,62	40	
2005	0,84	0,6	0,49	1,68	4,84	4,74	10,05	3,16	3,4	2,81	0,95	1,9	35	
Average	1	1	1	2	3	6	5	3	4	3	2	1		

Skas Heigre		TP (g/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995	10,8	40,8	78,4	43,1	54,2	113,5	77,9	38,7	104,5	52,9	38,7	23	677	
1996	18,4	32,7	8,6	17,3	12,6	165,2	179,8	59,9	35,5	162,6	55,7	33	781	
1997	16,2	11,3	16,1	137	193,5	78,8	33,6	41,3	22,3	124,4	55,1	49,9	780	
1998	5,7	18,4	67,8	157,7	90,9	323,1	79,2	46,9	132,2	77,2	73,9	25,3	1098	
1999	16,2	120,1	100,9	46,9	45,9	173,2	144,4	199,7	100	117	66,2	81,2	1212	
2000	83,3	387,1	297,7	208,1	56,3	201,5	244,5	230,8	93,6	68,4	74,8	37,1	1983	
2001	24,8	37,8	13,1	25,4	19	159,5	103	41,7	92,6	70,7	34,1	34,5	656	
2002	32,9	56	104,3	48,7	74,2	179,5	84	37,1	97,4	33,3	66	42,9	856	
2003	49,7	25,8	13,9	26,9	103,2	55,6	65,7	78,4	59,7	31,5	23,4	35,6	569	
2004	10,1	18,7	18,1	108,8	180,1	96,8	141,8	246,2	475,6	69,1	67,9	44,3	1478	
2005	19,5	17,8	25,4	41,7	99,8	119,2	275,3	73,3	77,8	52,9	26,9	41,4	871	
Average	26	70	68	78	85	151	130	99	117	78	53	41		

Skas Heigre		SS (kg/ha)												Total
	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April		
1995														
1996														
1997														
1998														
1999														
2000														
2001														
2002														
2003	0,42	0,6	0,26	0,3	4,32	1,85	6,54	5,08	4,83	3,02	1,78	2,16	31	
2004	0,46	0,44	0,45	3,49	3,22	2,72	2,92	24,32	68,46	7,22	6,63	1,86	122	
2005	0,21	0,19	2,27	2,21	13,37	16,88	45,12	11,01	15,1	5,41	4,68	6,13	123	
Average	0	0	1	2	7	7	18	13	29	5	4	3		

Tabellen gjengir vannføring, tap av nitrogen, fosfor og suspendert material for feltet

4.4 Tilførsler fra ikke-norske elver

Tabeller over årlige tilførsler til forskjellig deler av Nordsjøen.

Inputs and Flows to the North West North Sea (UK East Coast (North))					
Year	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	51	4,5	37	1,5	92960
1991	39	5,1	53	1,5	90010
1992	36	4	43	1,5	88720
1993	37	3,7	57	1,5	94350
1994	27	3,9	50	1,6	99040
1995	28	4,1	50	1,6	90960
1996	23	3,6	47	1,7	81540
1997	23	4	46	1,8	87810
1998	20	3,7	61	2,2	98240
1999	20	4	52	3	95720
2000	19	4,1	61	2,6	111390
2001	17	2,8	50	1,9	83520
2002	18	3,2	48	1,6	94667

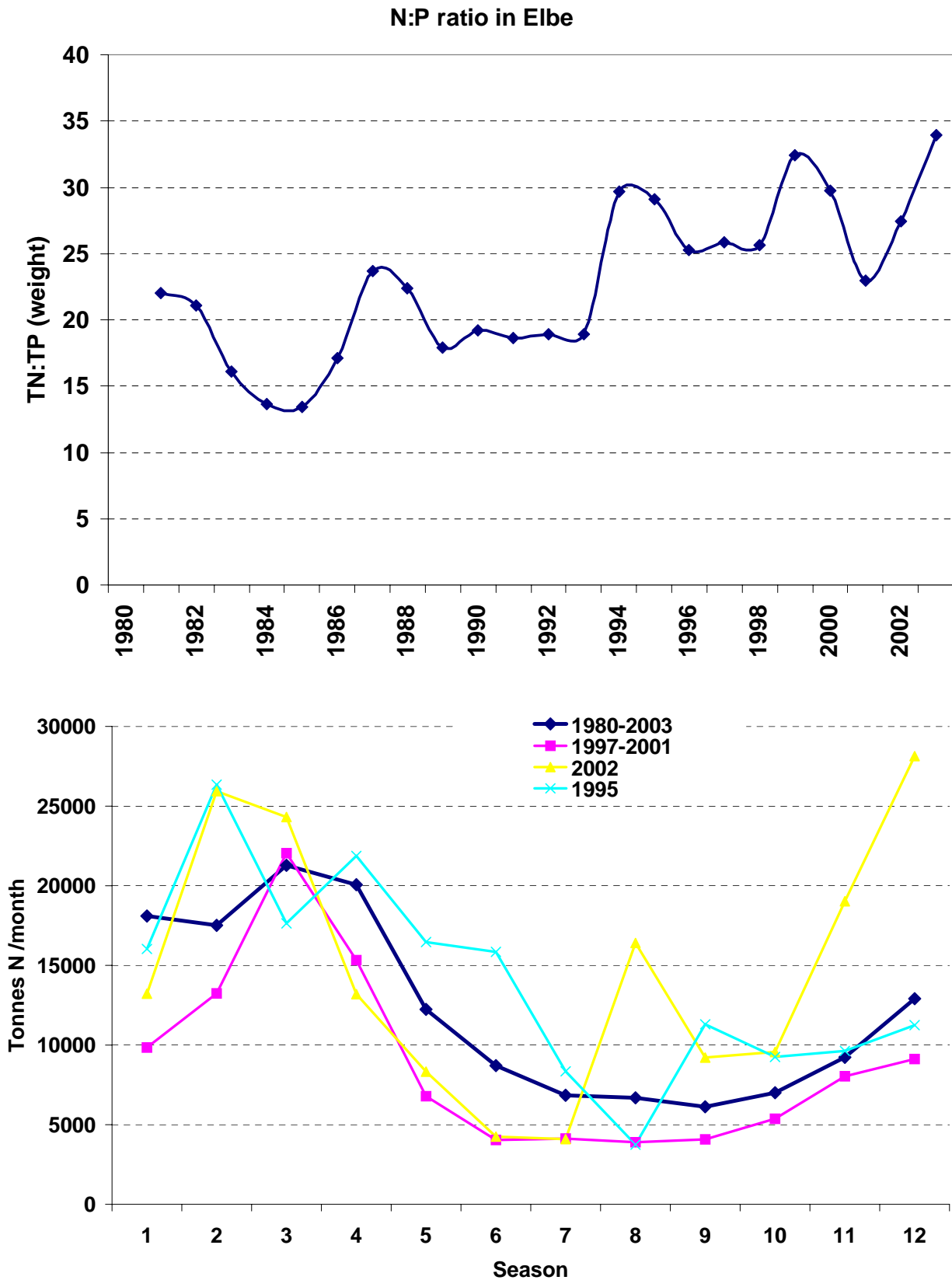
Inputs and Flows to the South West North Sea (UK East Coast (South))					
Year	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	23	6,7	60	7,1	21409
1991	19	6,4	61	6,6	21962
1992	23	5,6	93	7,3	28050
1993	19	4,5	97	7,4	36595
1994	19	4,8	111	7,3	35729
1995	19	4,7	98	7,8	30507
1996	19	5,1	60	7,2	17945
1997	19	4,9	49	7,2	19972
1998	19	5,3	103	8,9	33904
1999	20	4,6	113	10,1	43174
2000	18	4,4	143	11,5	57481

Inputs and Flows to the Channel (only UK part)					
	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
Year	Tot-N kt/a	PO ₄ -P kt/a	Tot-N kt/a	PO ₄ -P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	10,5	2,56	12	0,94	10265
1991	11,6	2,48	22	1,07	12387
1992	10,6	1,71	21	1,31	15764
1993	10,4	2,04	25	1,07	17845
1994	9,2	1,47	29	1,17	20682
1995	9,7	1,74	28	1,23	16772
1996	9,4	1,7	22	0,95	11886
1997	9,7	1,79	25	1,06	10845
1998	8,1	1,58	28	1,19	16723
1999	8,6	1,73	25	1,1	16150
2000	8,3	1,7	23	1,07	20433
2001	11,1	1,68	29	1,27	17816
2002	9,2	1,3	35	1,2	21222

Inputs and Flows to the Belgian and Dutch Coast					
	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
Year	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	5,2	1,2	383	25,6	209261
1991	5,9	1	385	25,7	221897
1992	6,4	1,1	448	23,5	236483
1993	6,3	1,1	422	25,3	238053
1994	6,1	2,2	542	30,7	303638
1995	7	1,1	632	40	334368
1996	6,4	0,8	354	26,3	193720
1997	6,4	0,6	326	23,7	200151
1998	6,8	0,6	435	24	248649
1999	6,5	0,5	444	26,6	304500
2000	6,4	0,4	416	25,7	285299
2001	6,1	0,4	454	15,3	330155
2002	6,3	0,5	491	37	330584

Inputs and Flows to the German and West Danish Coasts					
	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
Year	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	2,2	0,5	215	12	88609
1991	8,9	0,9	171	12	79838
1992	5,6	0,6	250	12	105034
1993	4,9	0,5	255	16	111395
1994	5,6	0,5	373	13	176332
1995	5,1	0,5	297	12	166554
1996	4,6	0,5	205	8,4	105116
1997	4,7	0,5	213	8,5	108802
1998	4,5	0,5	269	11	139048
1999	4,4	2	262	9,7	138366
2000	4,5	0,5	233	9,6	133019
2001	4,1	0,4	213	9,5	119776
2002	4	0,4	324	14	204703

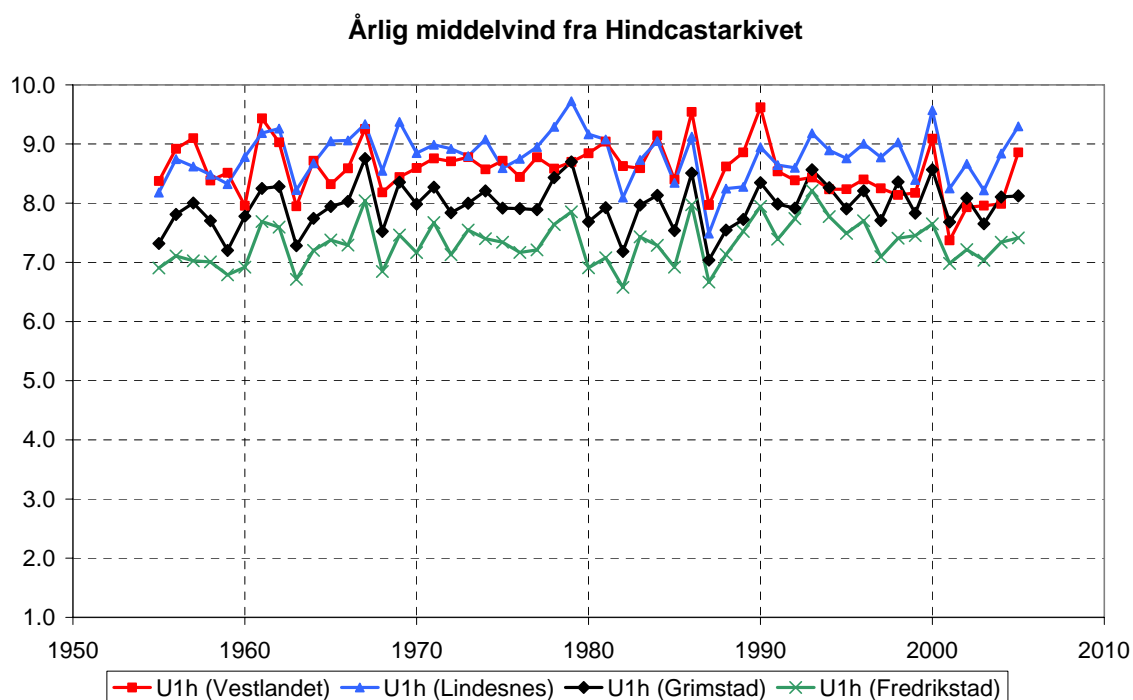
Inputs and Flows to the Kattegat					
	Direct Discharges		Riverine Inputs and Flows		
Year	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Tot-N kt/a	Tot-P kt/a	Q 10 ³ m ³ /d
1990	5,3	0,51	64	2,3	80604
1991	5,2	0,39	57	1,6	67560
1992	5,4	0,38	63	1,2	72864
1993	4,6	0,29	56	1,2	77929
1994	4,8	0,32	78	1,8	91564
1995	4,6	0,31	66	1,8	90653
1996	3,9	0,2	37	0,8	45577
1997	3,7	0,2	41	1	69070
1998	3,3	0,21	74	1,6	90244
1999	2,8	0,17	89	2	116224
2000	2,6	0,18	71	1,6	108383
2001	2,4	0,15	65	1,6	114575
2002	2,8	0,17	65	1,3	86634



Figur over N:P forholdet (ovre panel) og seshongfordelinga av nitrogentransporten (nedre panel) i Elben 1980-2002

5. Havbølger og vind

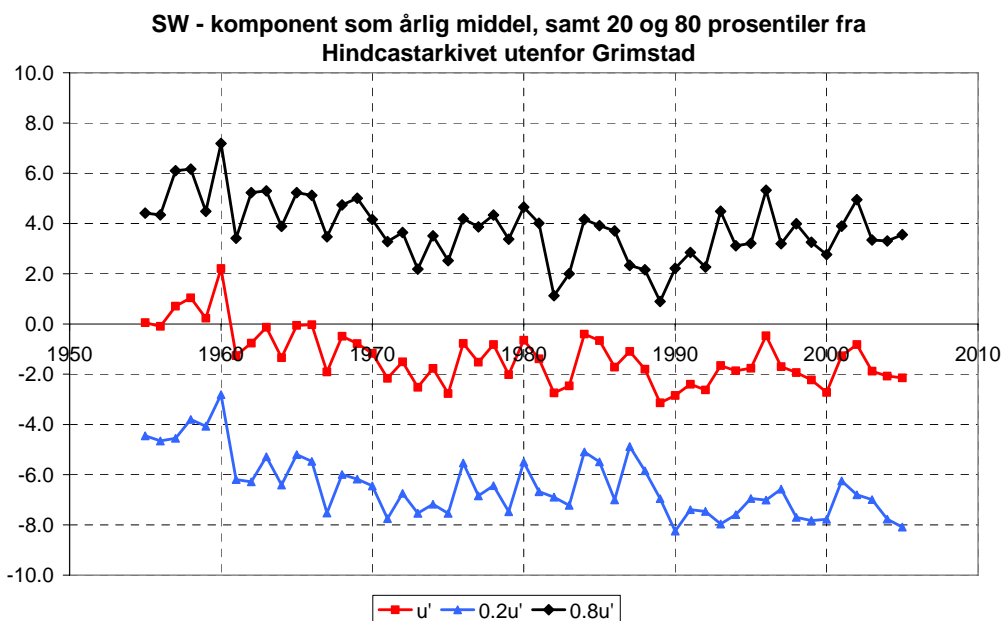
Vind



Figur A.5.1. Årsmiddel av vindfart fra met.no's Hindcastarkiv for fire representative punkter langs norskekysten.

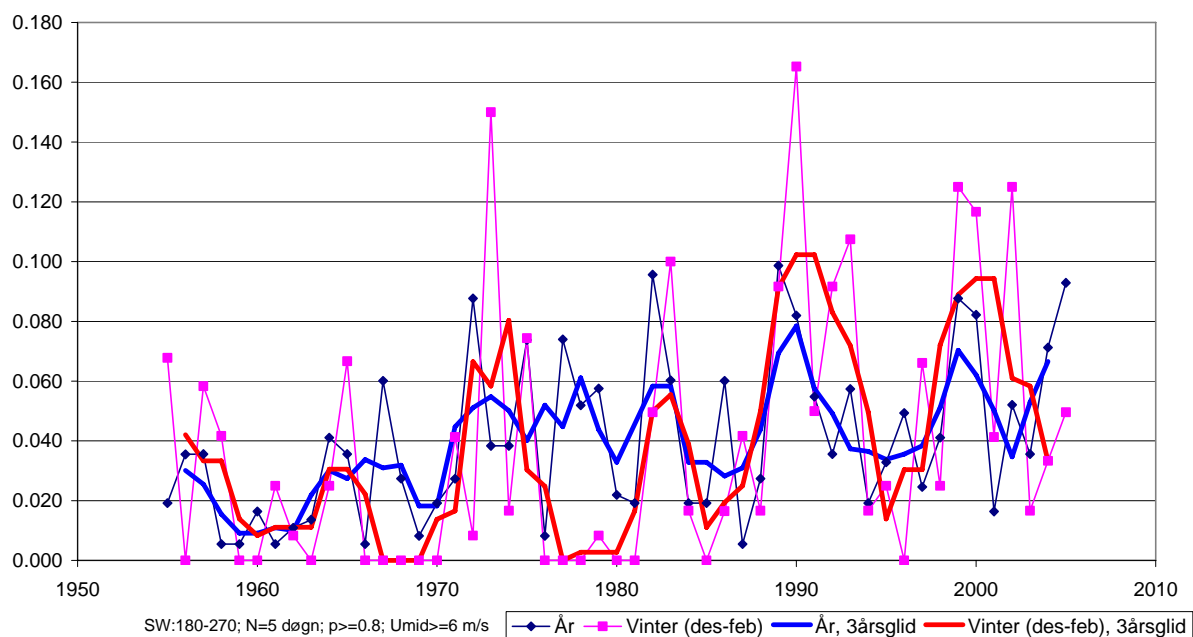
	Lindesnes	Grimstad	Fredrikstad
Vestlandet	0.49	0.44	0.44
Lindesnes		0.87	0.67
Grimstad			0.88

Tabell A.5.1. Korrelasjonskoeffisienter mellom årsserier av middelvind



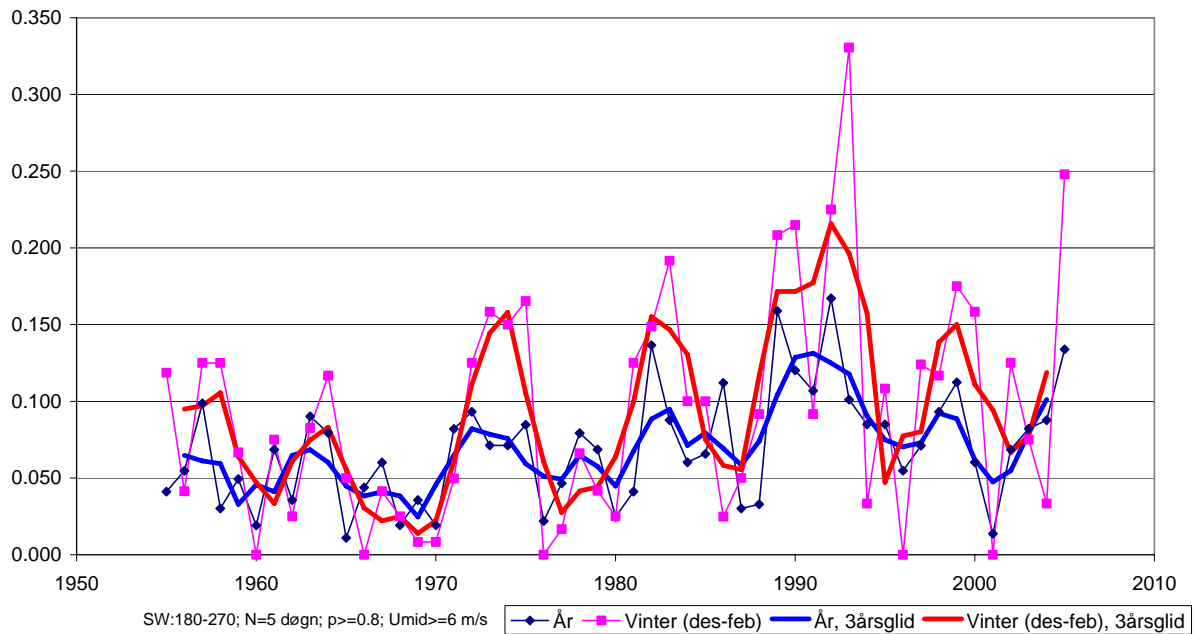
Figur A.5.2. Årsmiddel samt 20 og 80 prosentiler av SW-komponent av vindfart ved Grimstad fra met.no's Hindcastarkiv. Positive verdier betyr vind fra NE sektor, mens negative verdier betyr vind fra SW sektor.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Grimstad



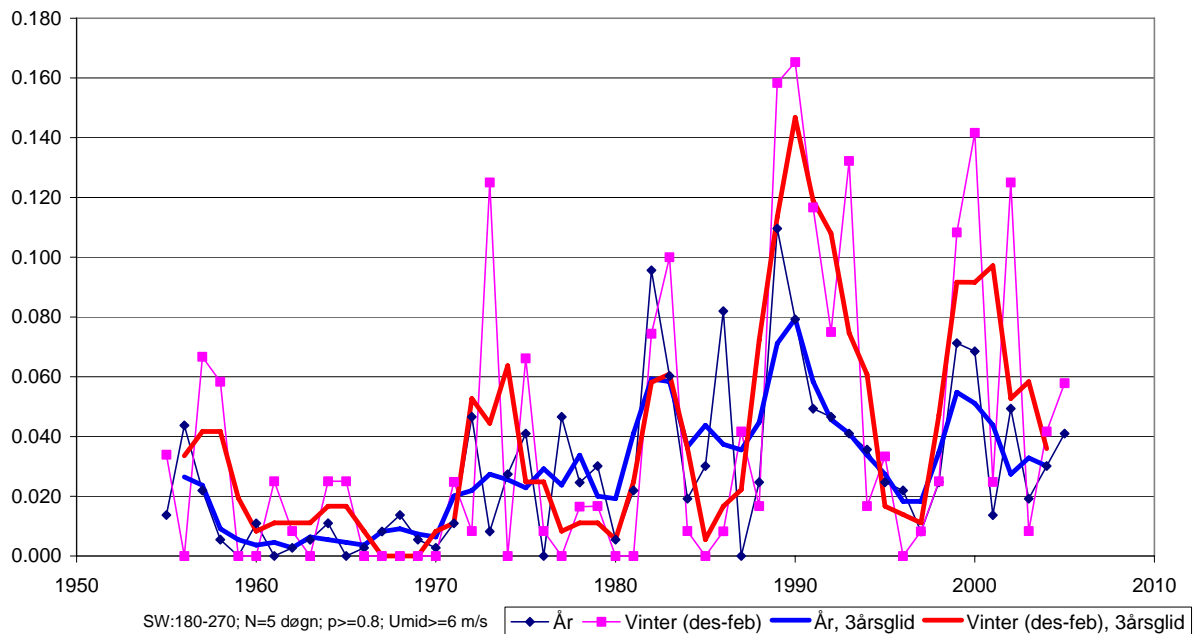
Figur A.5.3. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Grimstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind på Vestlandet



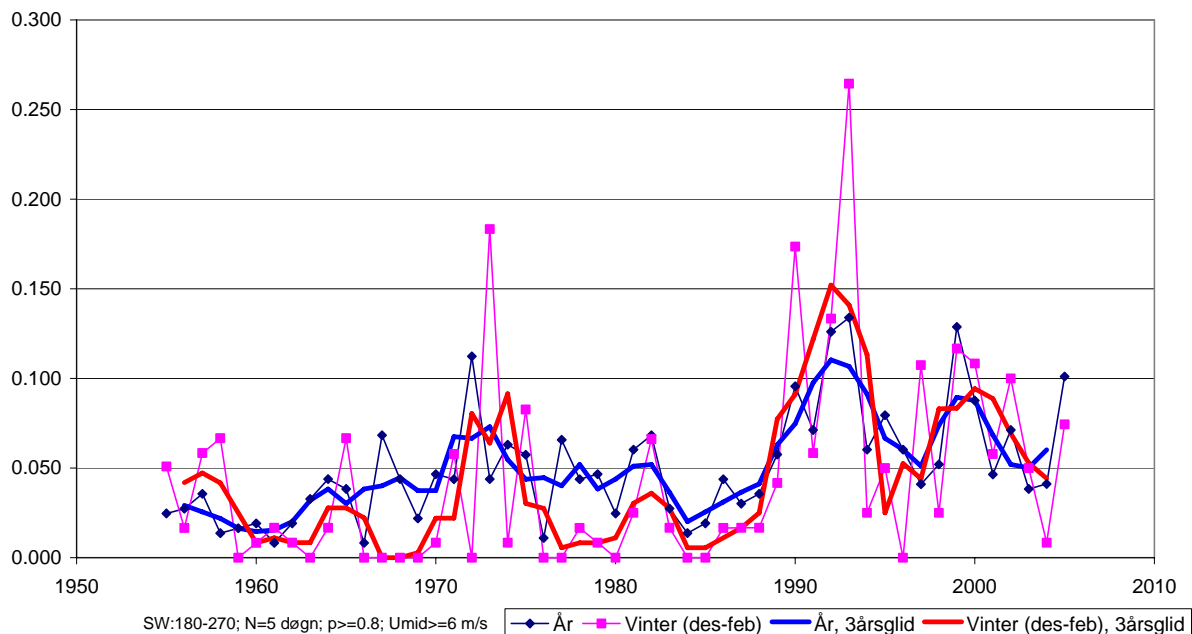
Figur A.5.4. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind på Vestlandet, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Lindesnes



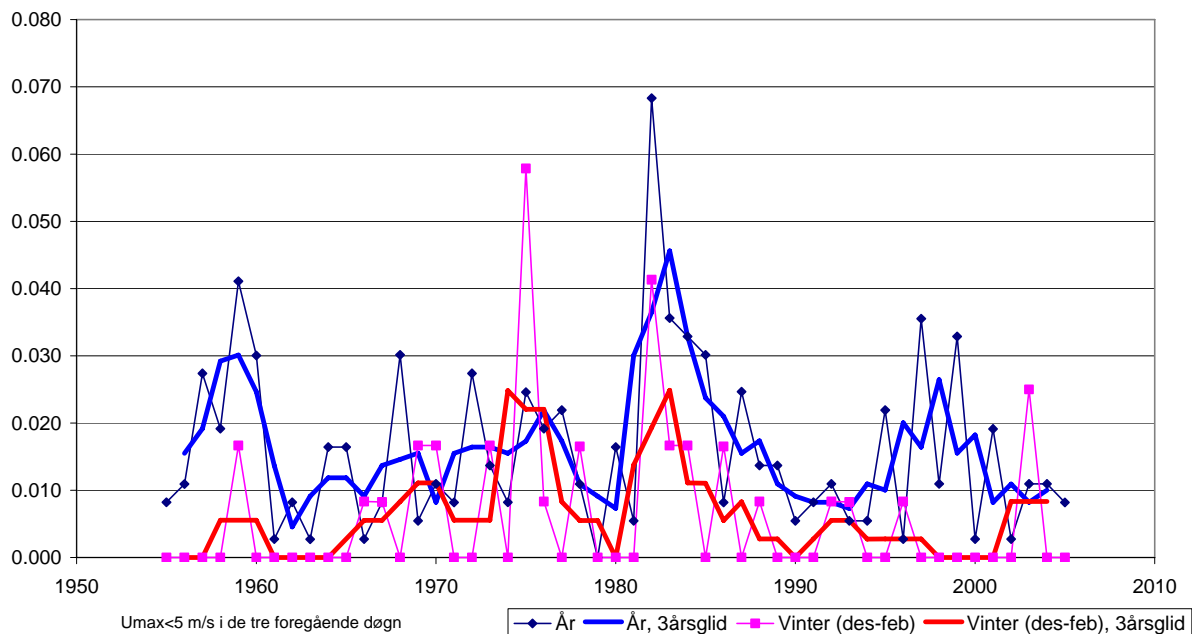
Figur A.5.5. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Lindesnes, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Fredrikstad



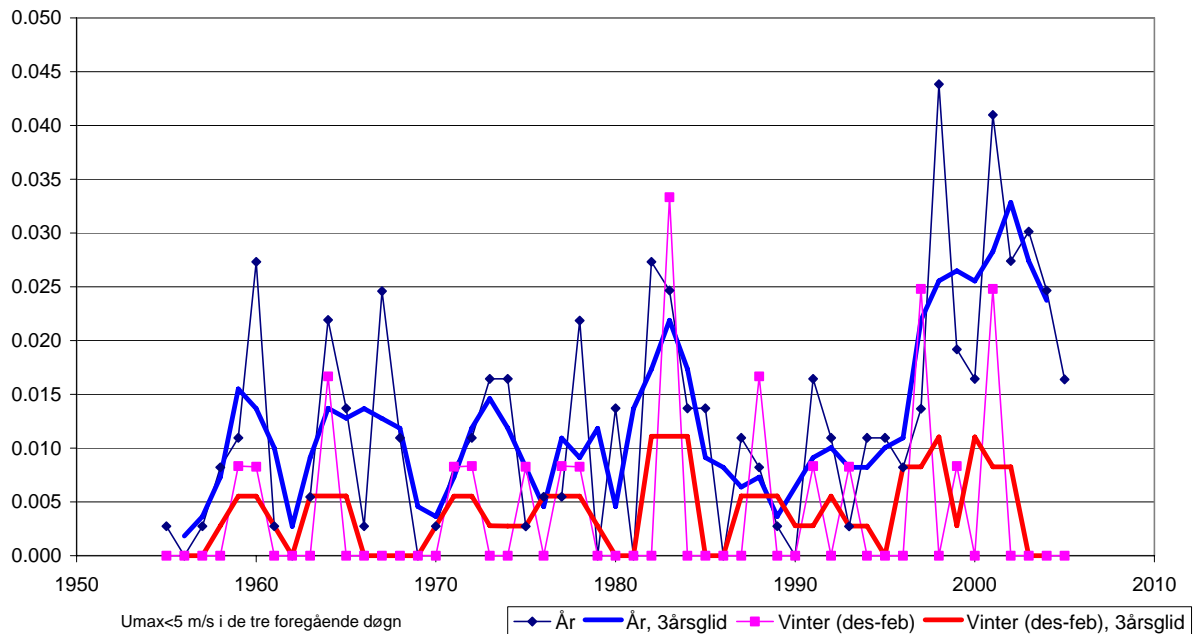
Figur A.5.6. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vedvarende sørvestlig vind ved Fredrikstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Grimstad



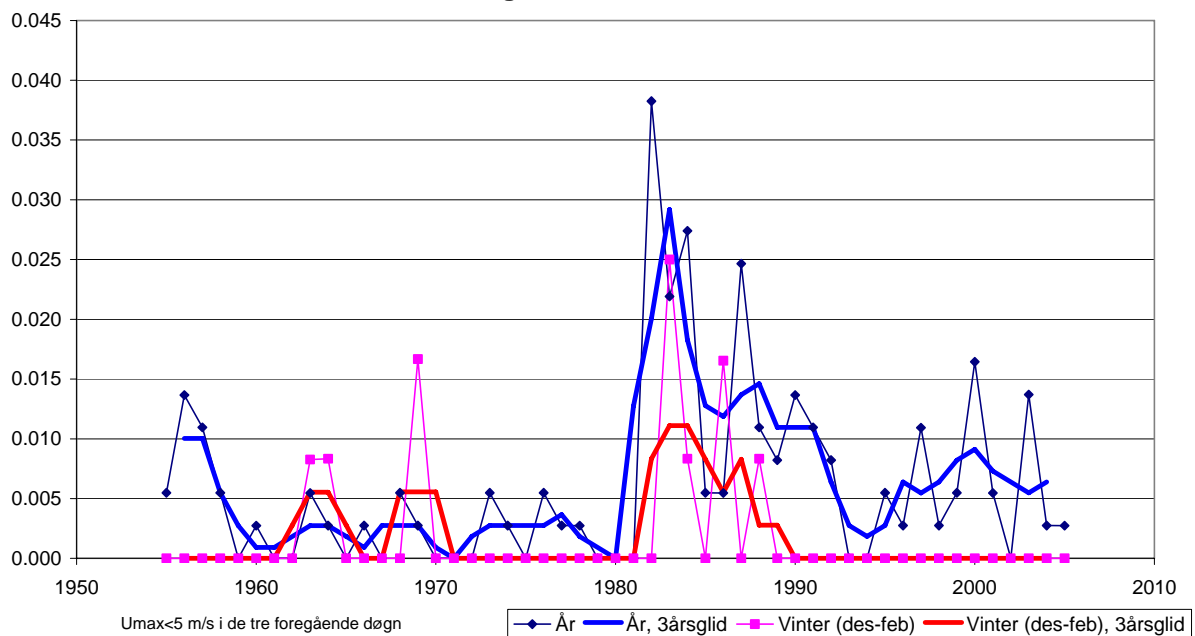
Figur A.5.7. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Grimstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn på Vestlandet

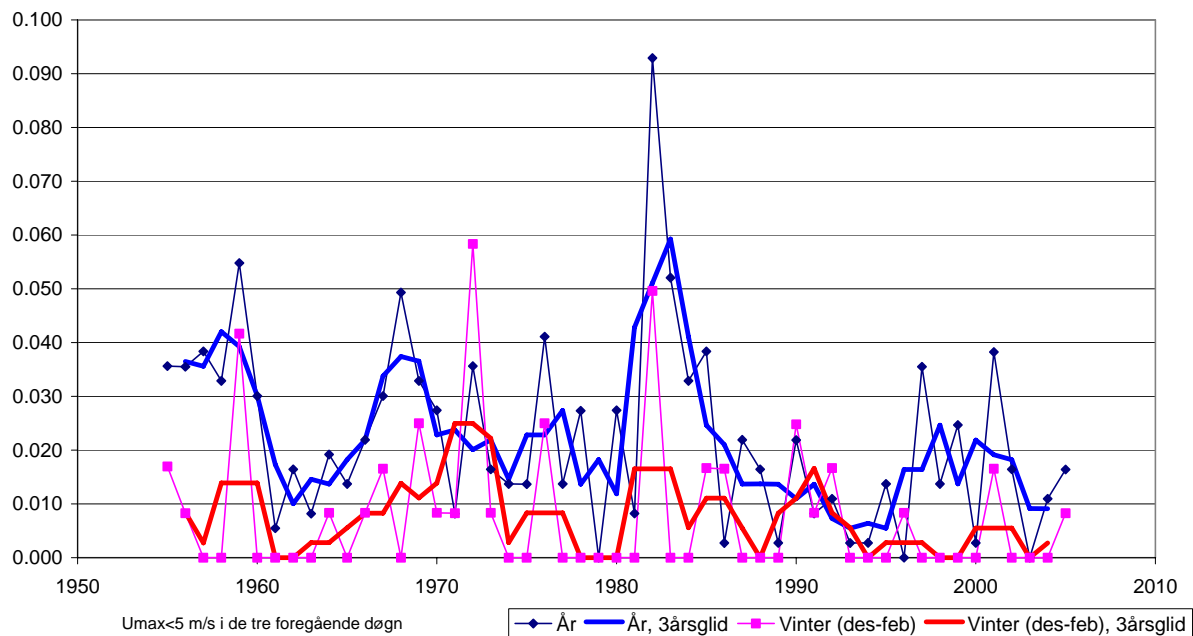


Figur A.5.8. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn på Vestlandet, fra met.no's Hindcastarkiv.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Lindesnes

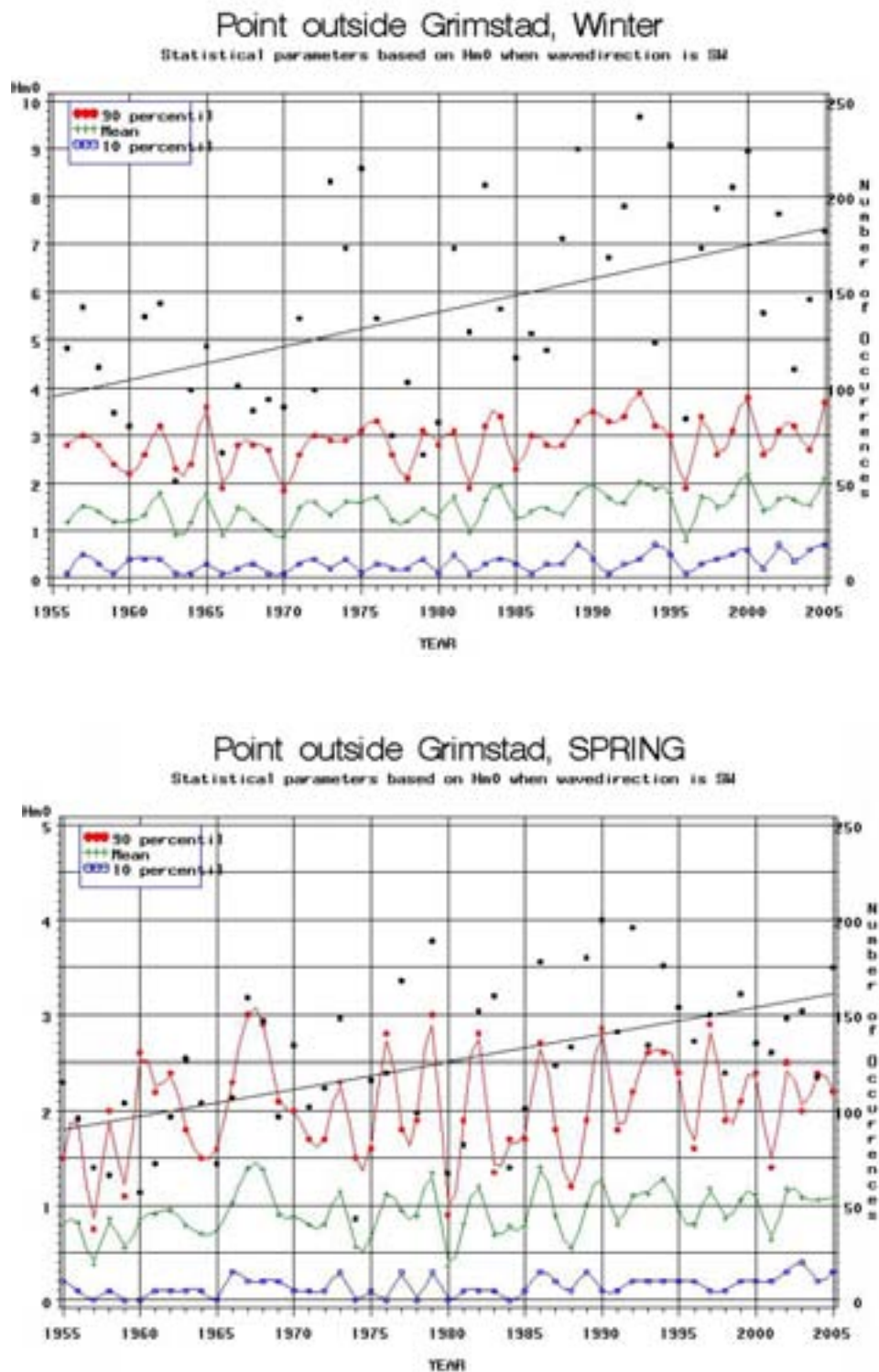


Figur A.5.9. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Lindesnes, fra met.no's Hindcastarkiv.

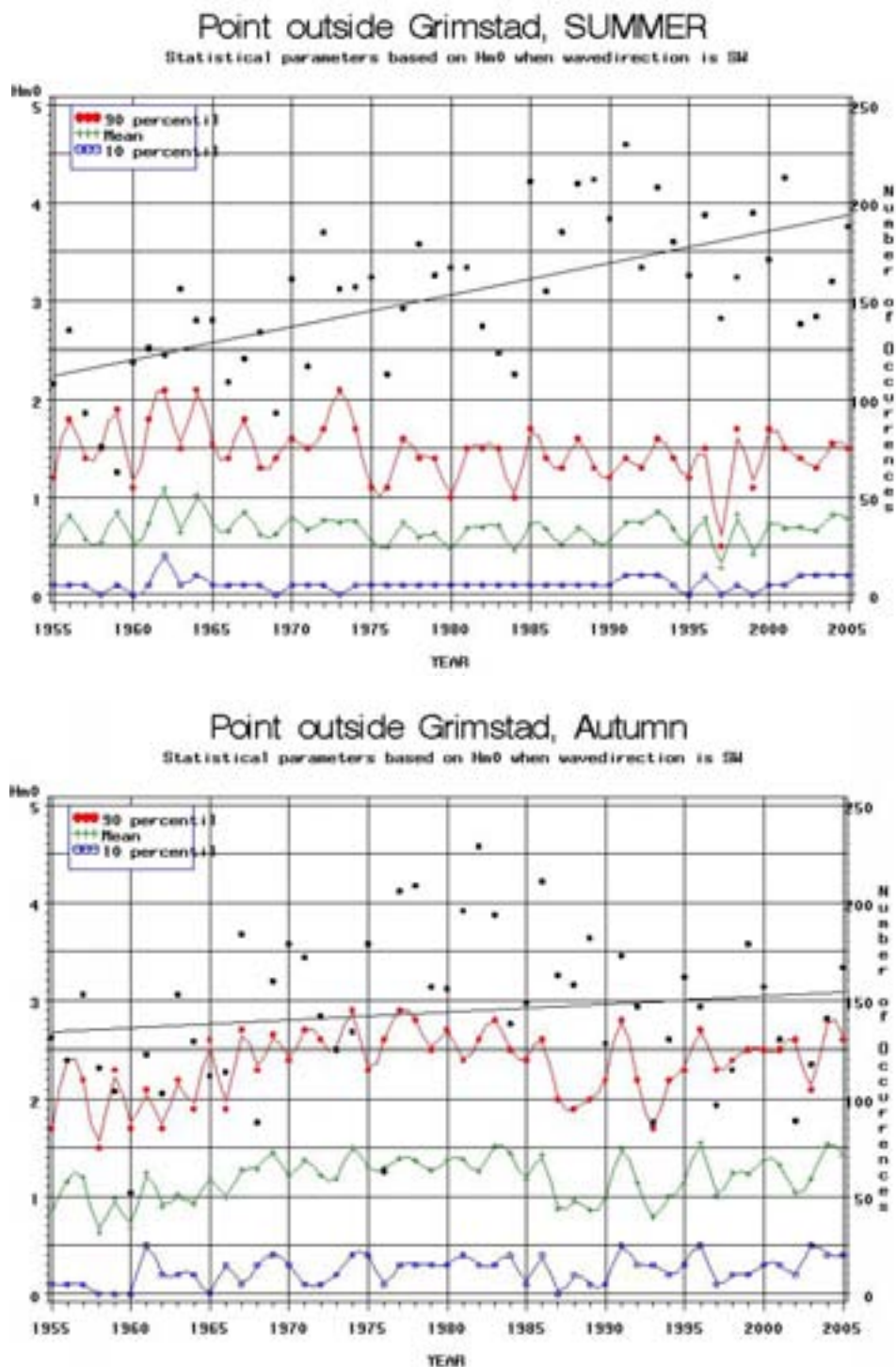
Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Fredrikstad

Figur A.5.10. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av vind med lav hastighet i tre døgn ved Fredrikstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

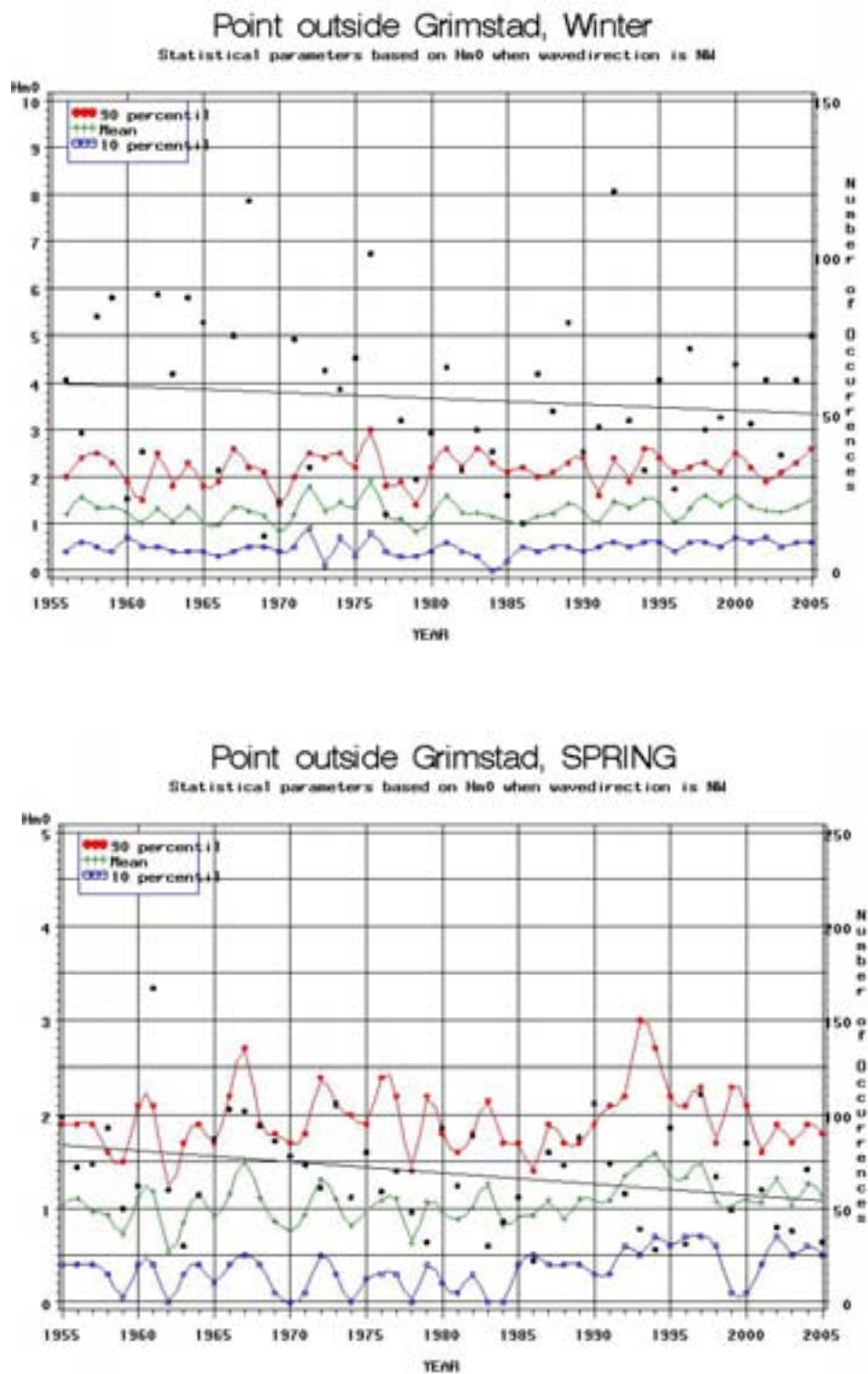
Bølger



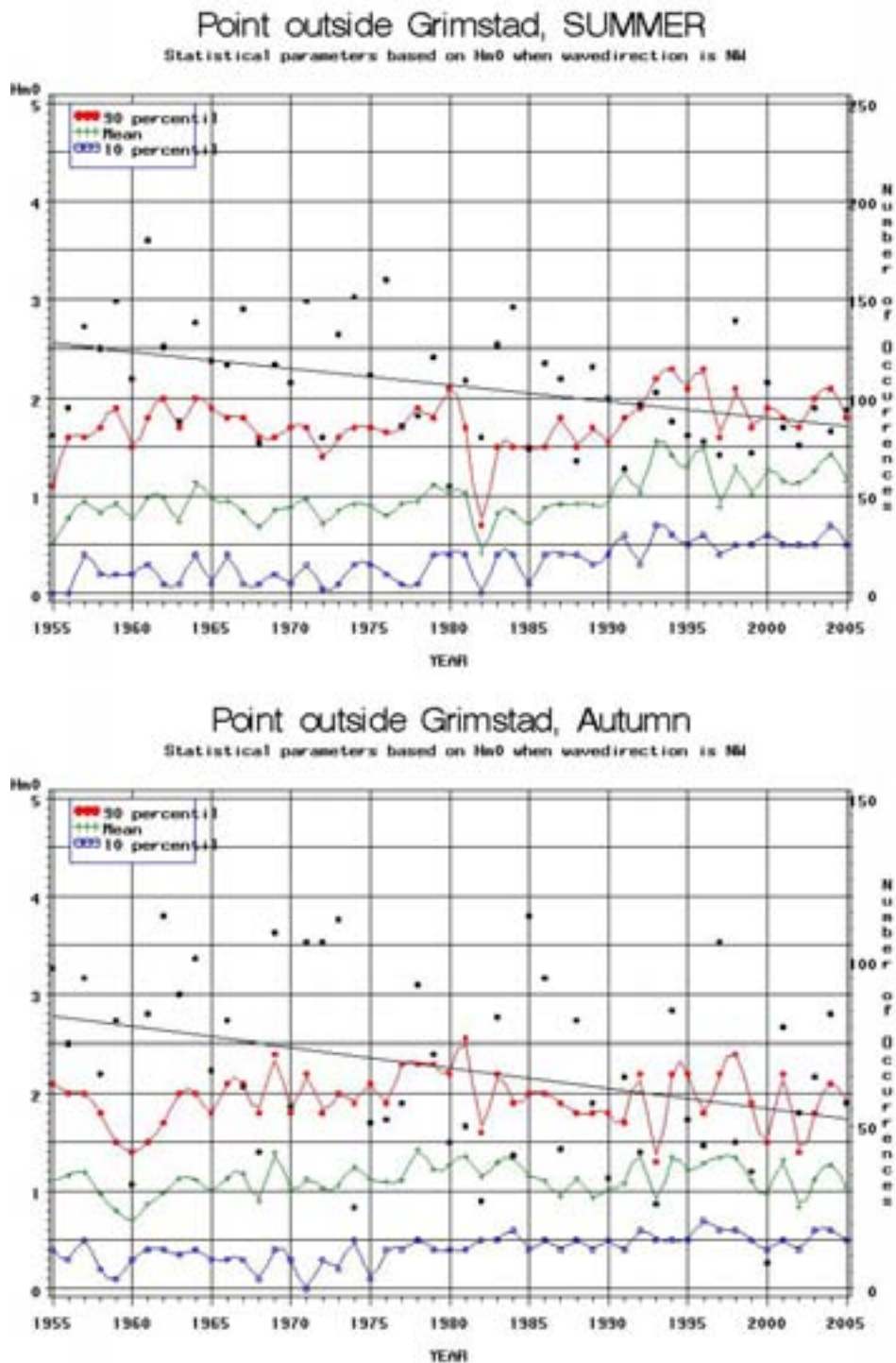
Figur A.5.11. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra SW vinterstid (ovre panel) og om våren (nedre panel) ved Grimstad.



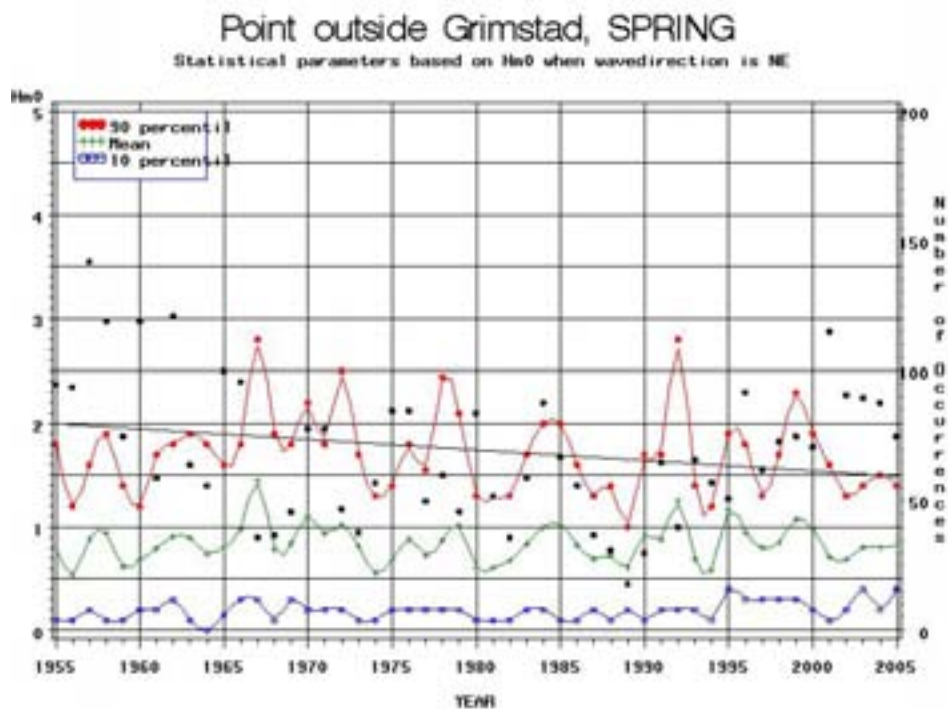
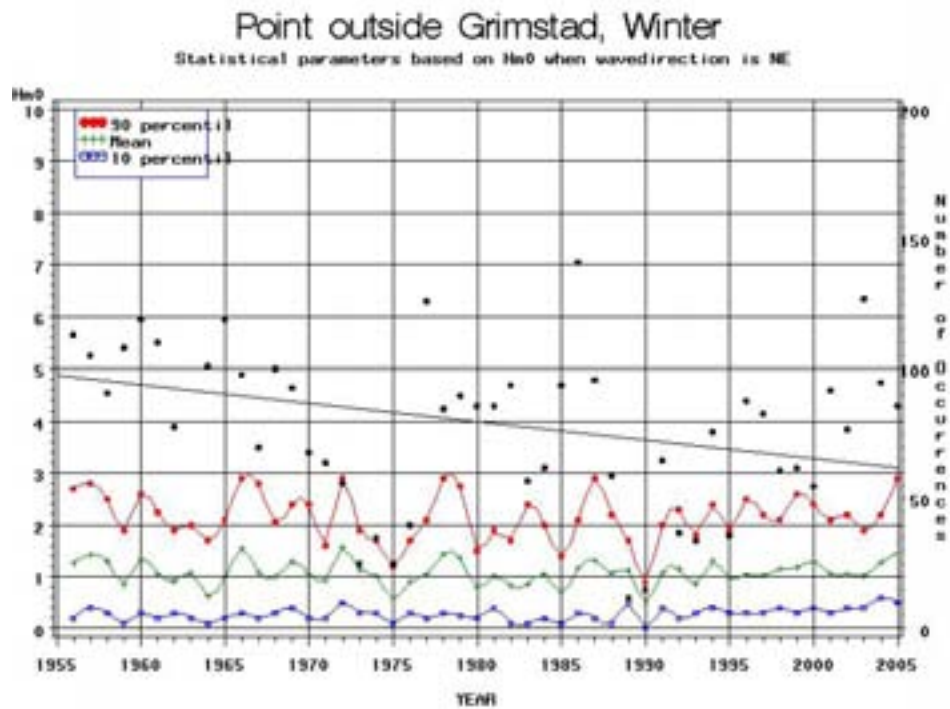
Figur A.5.12. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra SW sommerstid (ovre panel) og om høsten (nedre panel) ved Grimstad.



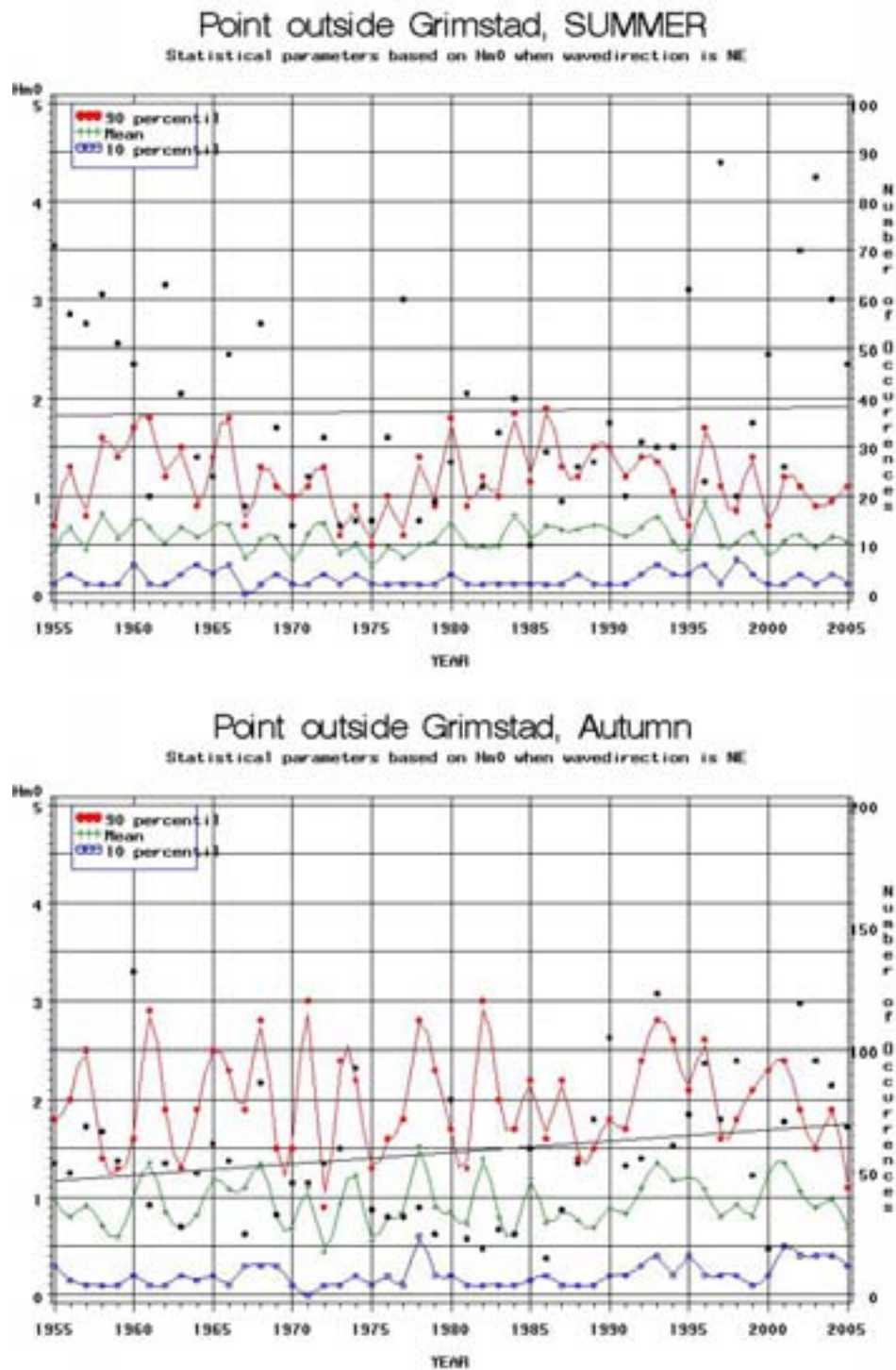
Figur A.5.13. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra NW vinterstid (ovre panel) og om våren (nedre panel) ved Grimstad.



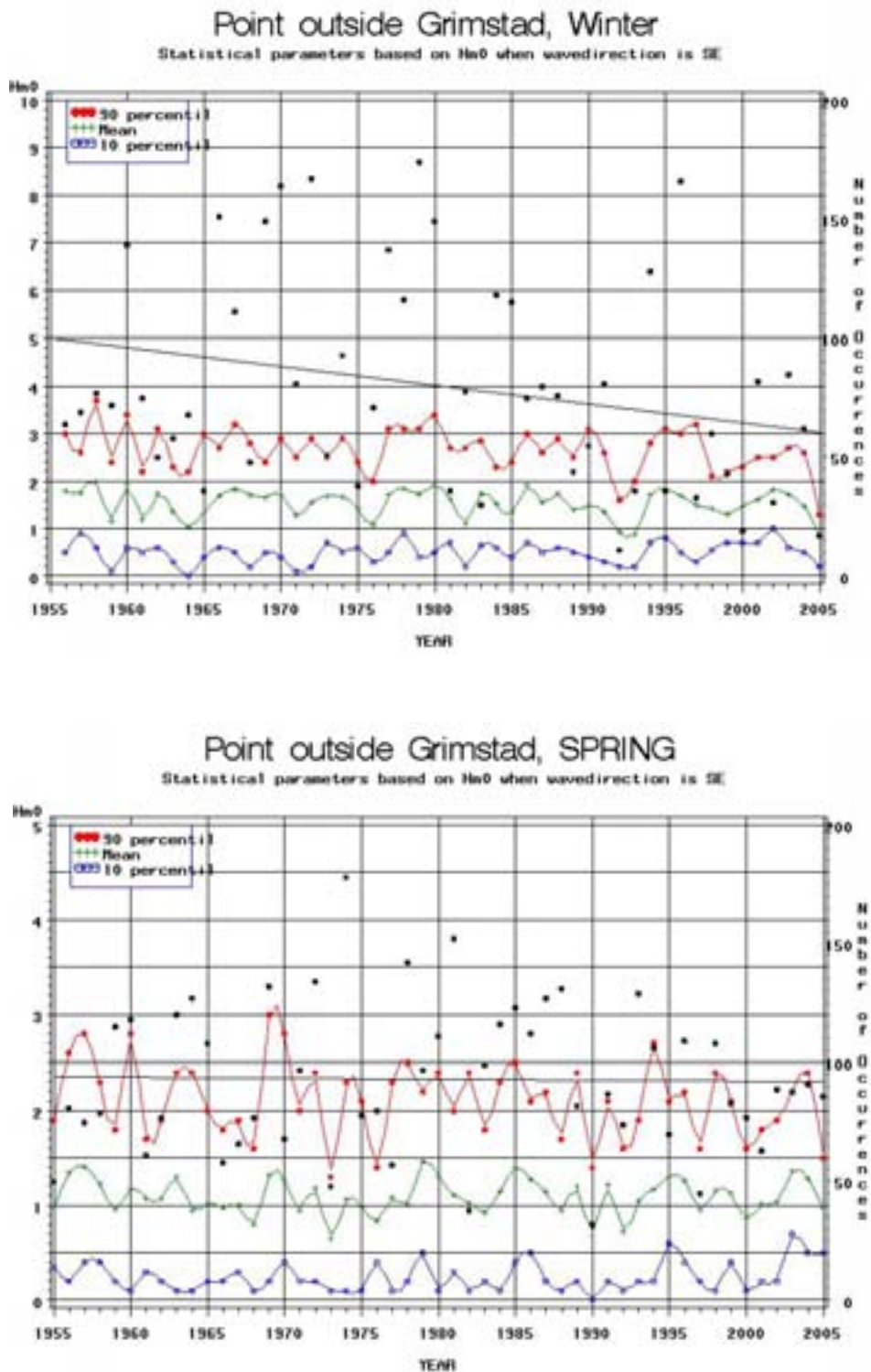
Figur A.5.14. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra NW sommerstid (ovre panel) og om høsten (nedre panel) ved Grimstad.



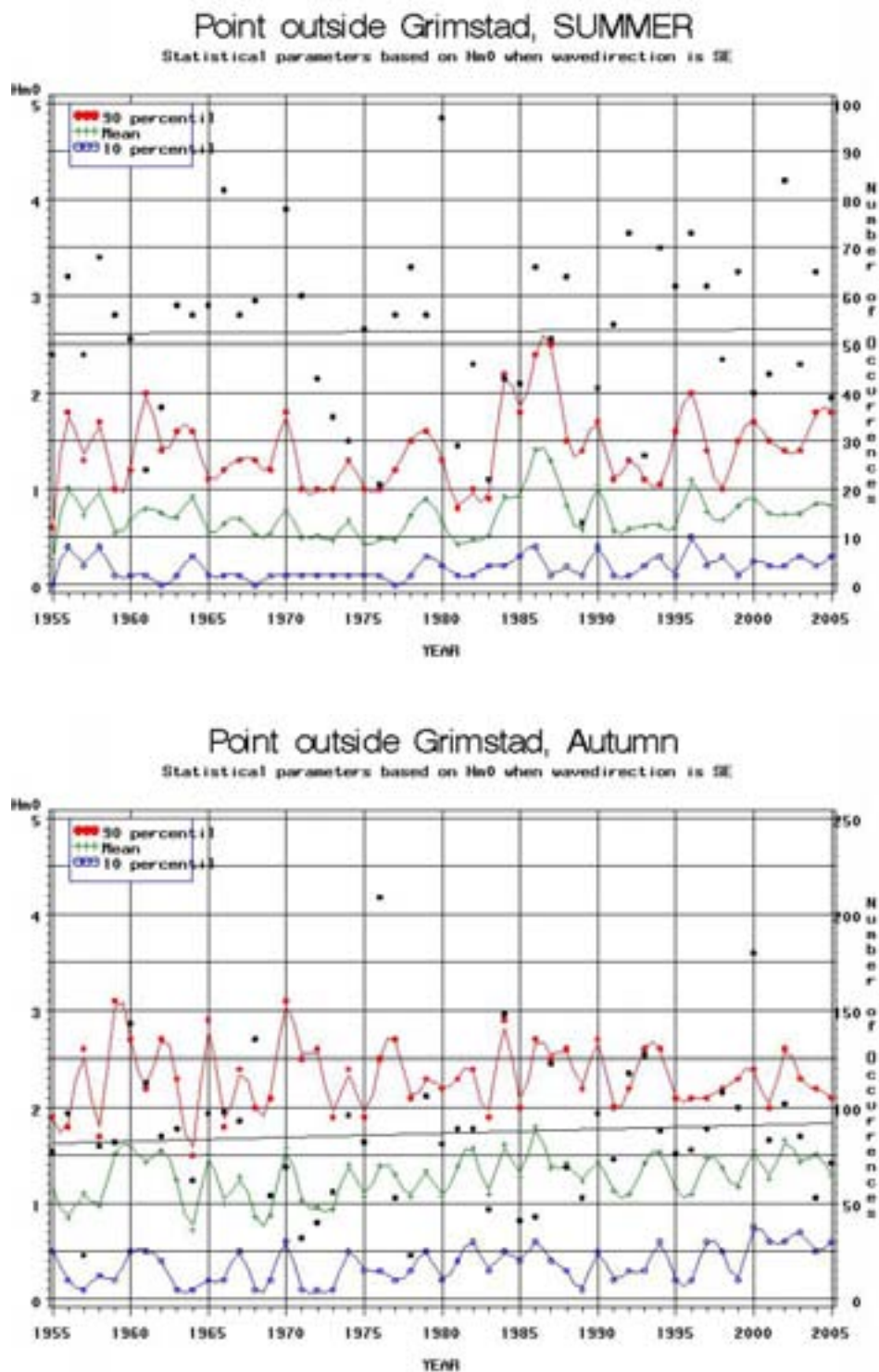
Figur A.5.15. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra NE vinterstid (ovre panel) og om våren (nedre panel) ved Grimstad.



Figur A.5.16. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra NE sommerstid (ovre panel) og om høsten (nedre panel) ved Grimstad.

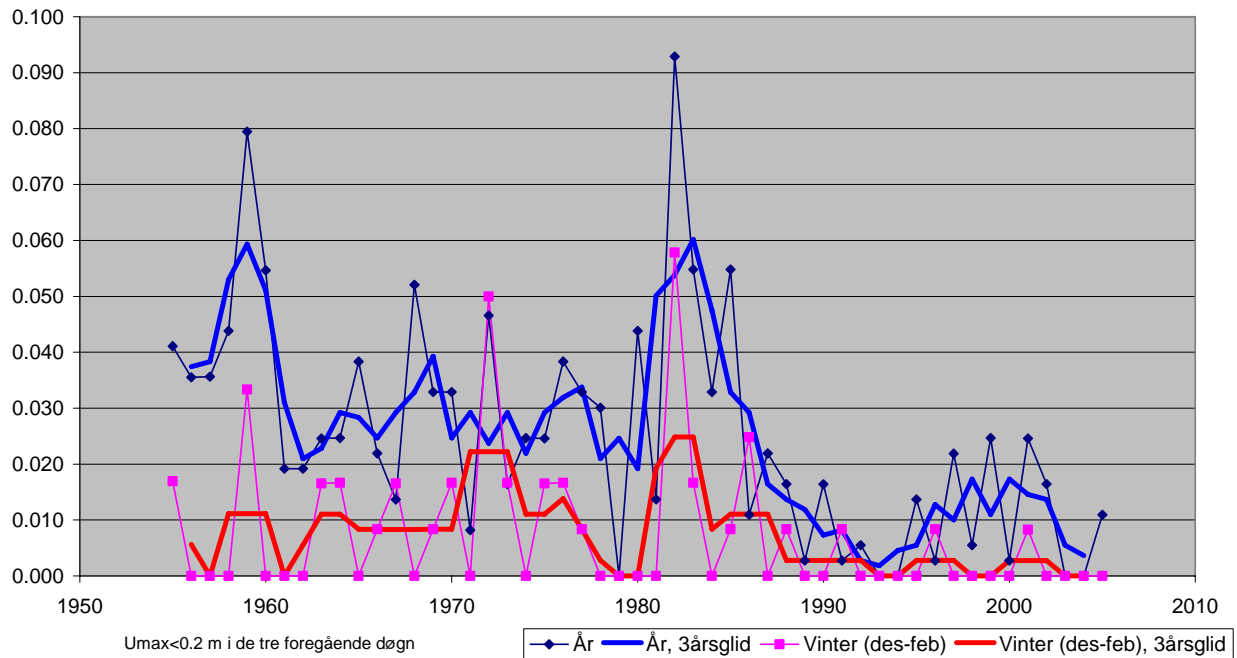


Figur A.5.17. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra SE vinterstid (ovre panel) og om våren (nedre panel) ved Grimstad.

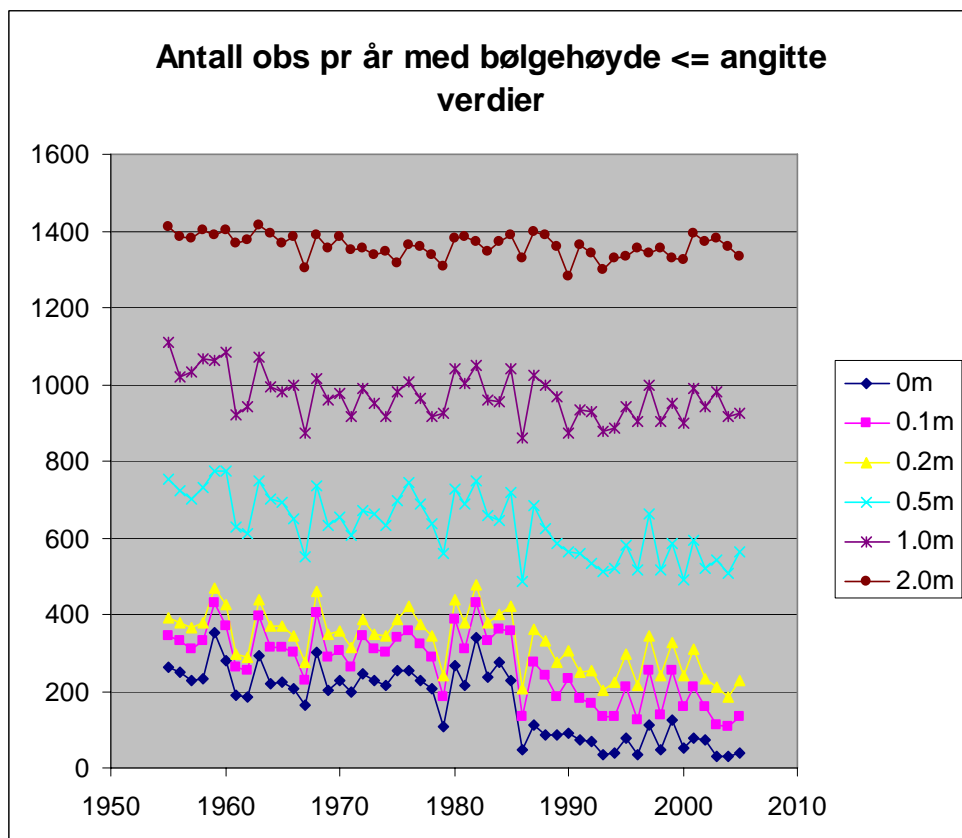


Figur A.5.18. Statistiske parametere basert på Hm0 (signifikant bølgehøyde) når bølgeretningen er fra SE sommerstid (ovre panel) og om høsten (nedre panel) ved Grimstad.

Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av 3-døgns perioder med små bølger i tre døgn utenfor Grimstad



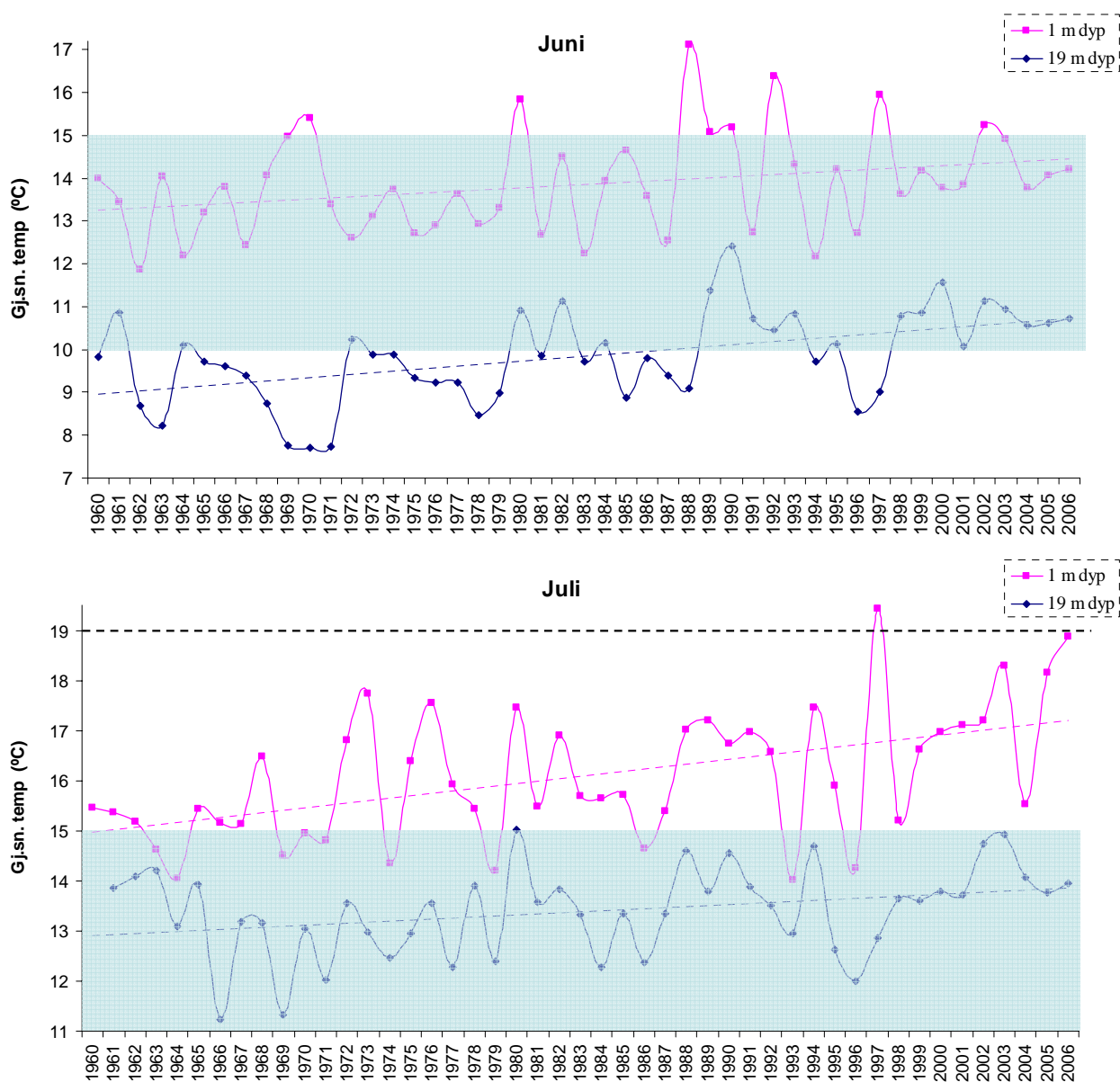
Figur A.5.19. Årlig og vinterlig variasjon i frekvens av 3-døgns perioder med små bølger Grimstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

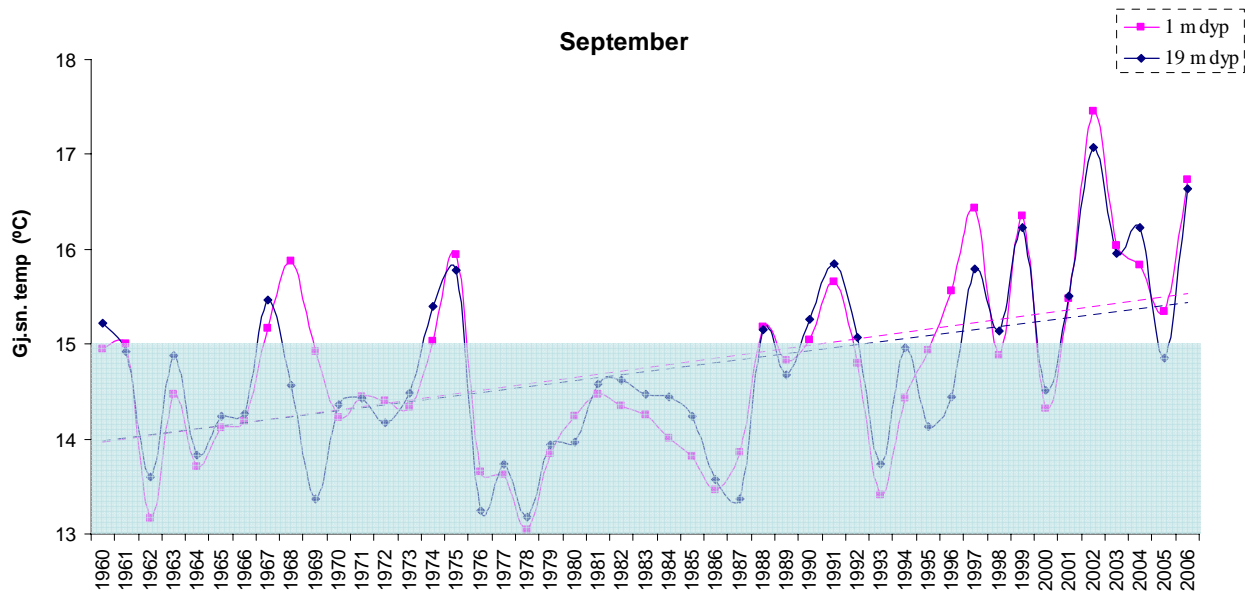
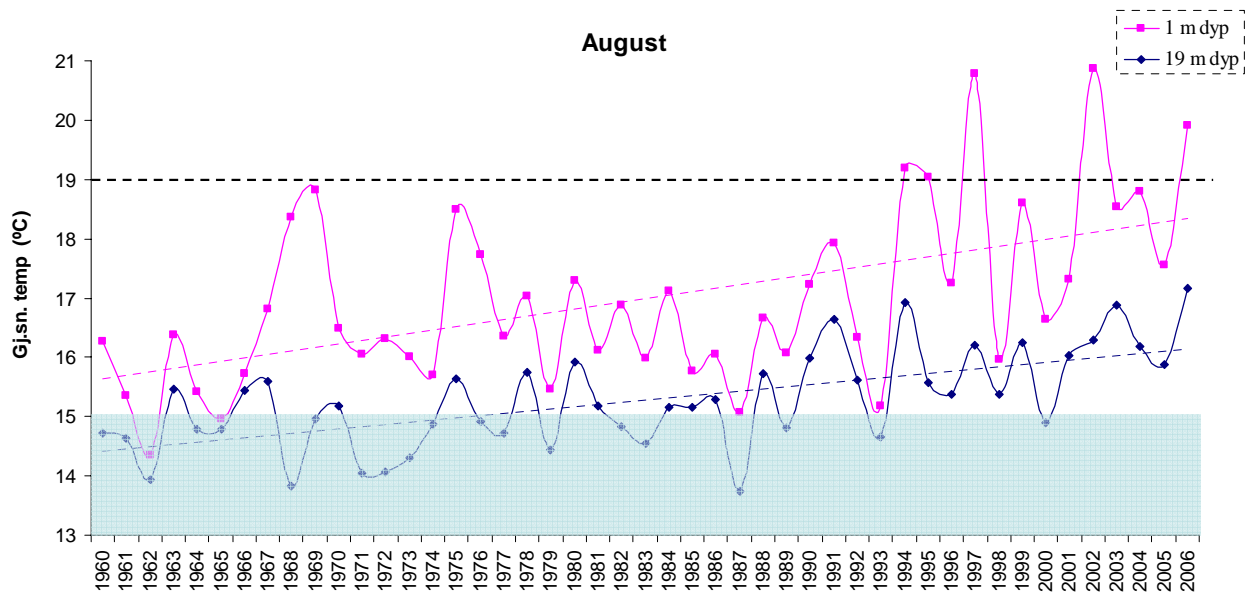


Figur A.5.20. Antall observasjoner (6 timers intervaller) per år med bølgehøyde under angitte verdier, ved Grimstad, fra met.no's Hindcastarkiv.

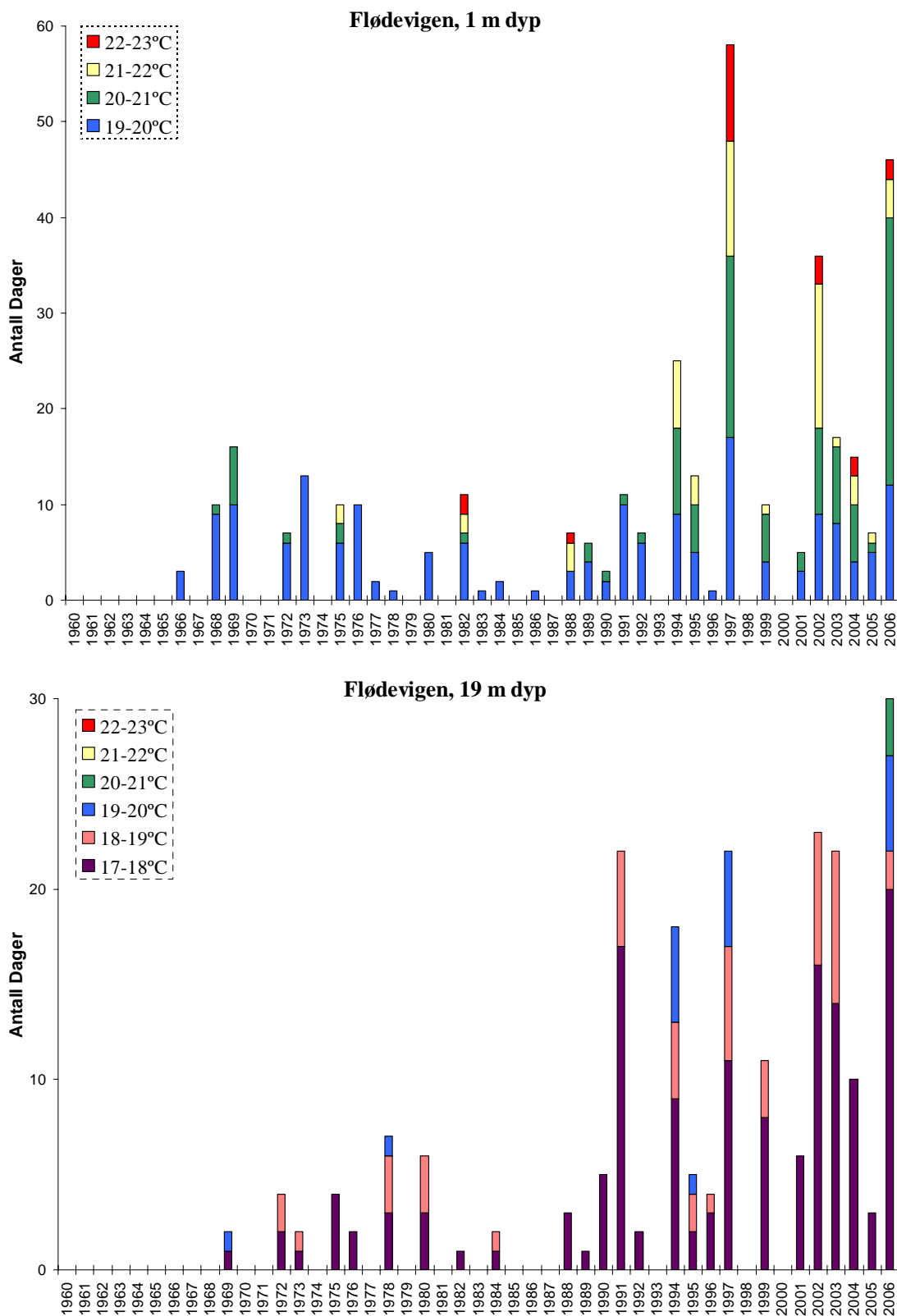
6. Sjøtemperatur

Figur A6.2 Gjennomsnittlig sjøtemperatur for juni-september for perioden 1960-2006 på 1 m og 19 m dyp målt ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen. Blågrått felt angir optimal temperatur for vekst hos sukkertare.

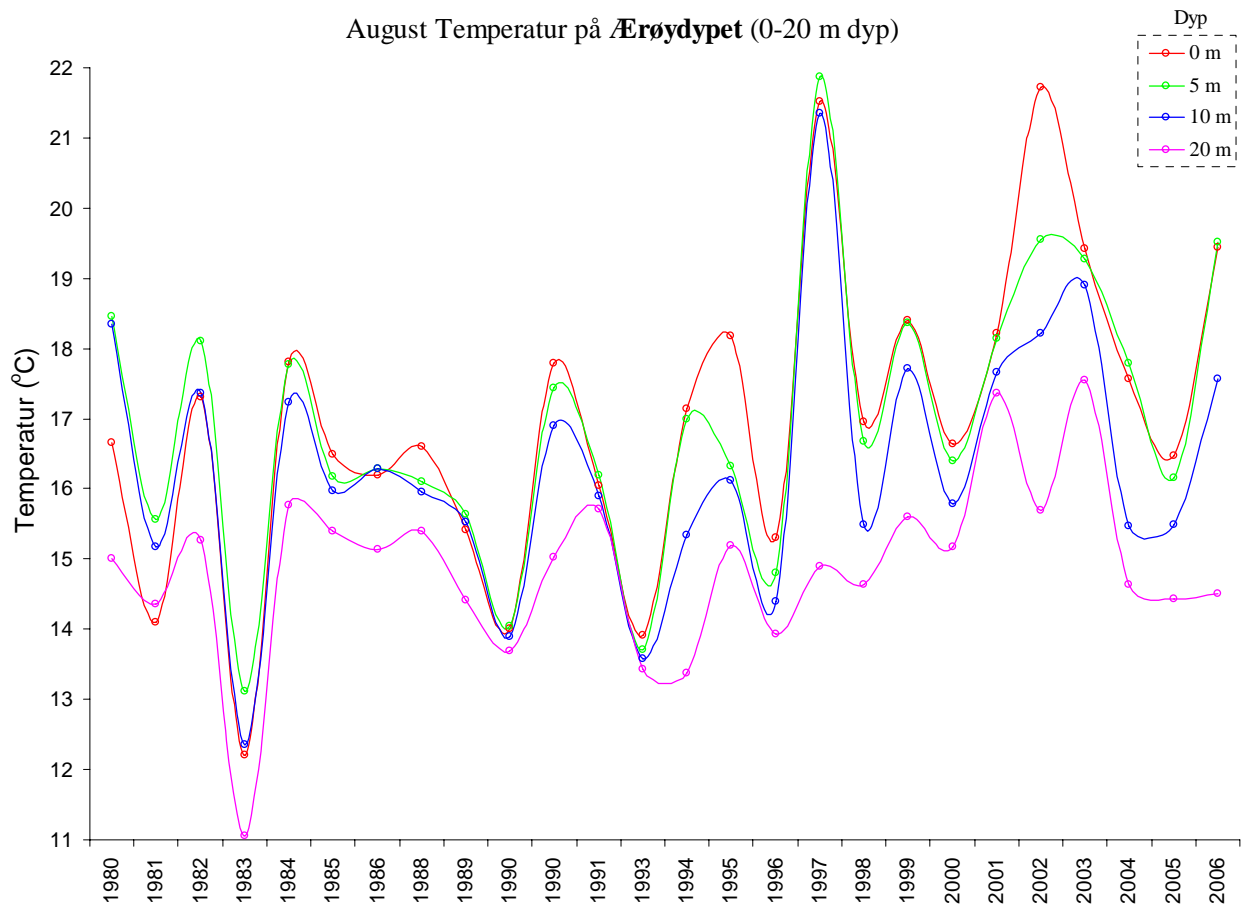




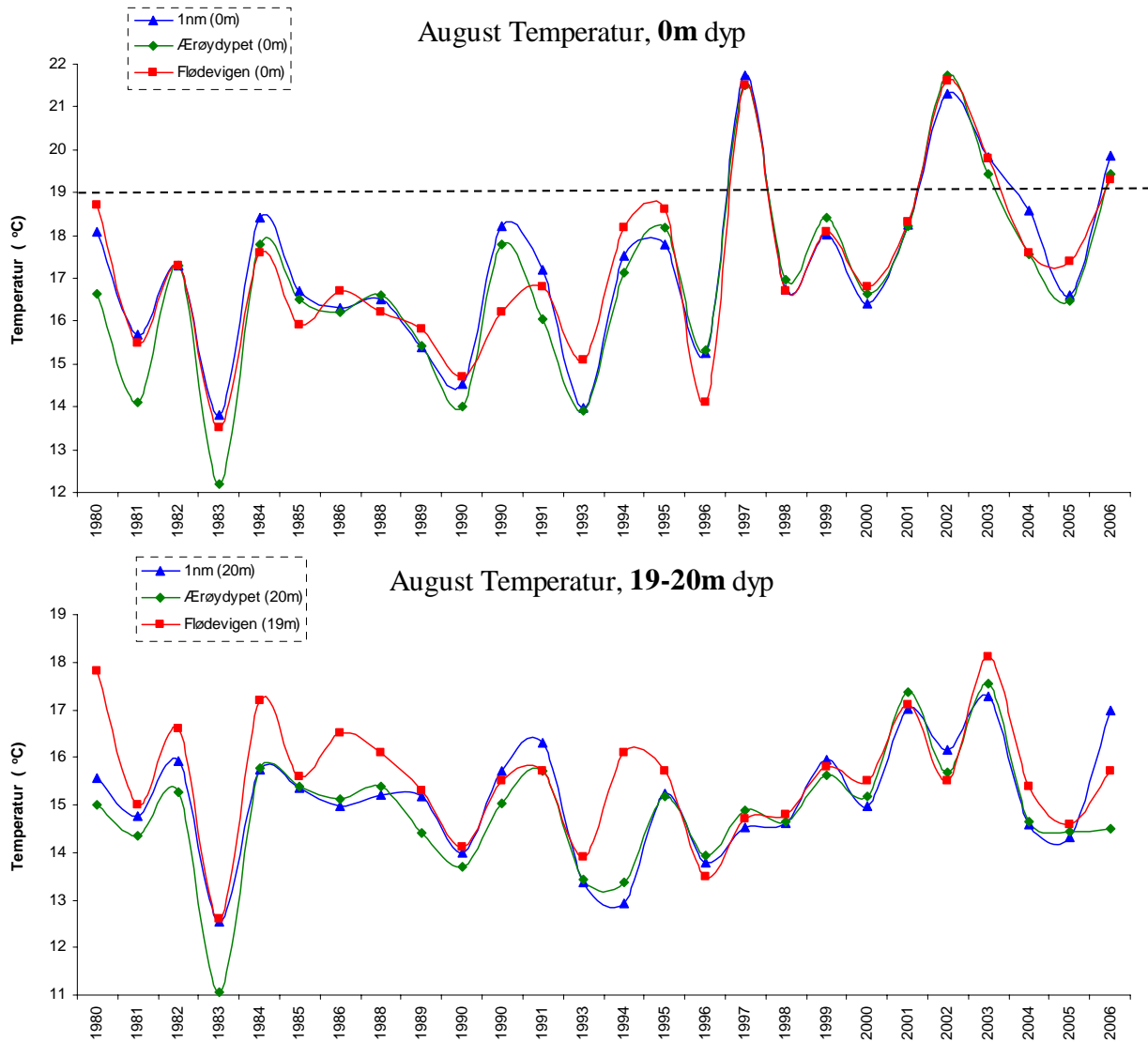
Figur A.6.3. Antall dager per år (1960-2006) over forskjellige temperaturintervaller ved Flødevigen på henholdsvis 1m og 19m dyp.



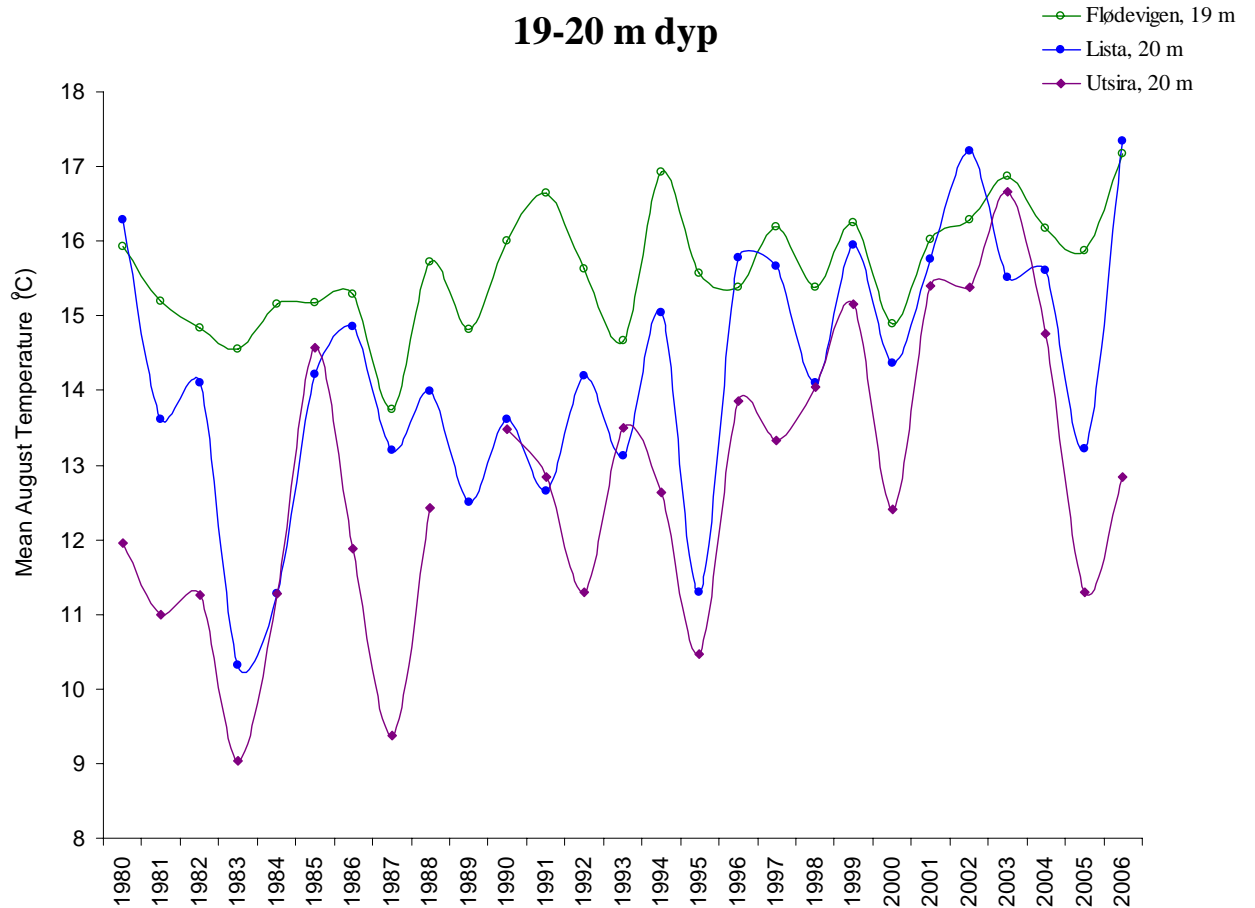
Figur A.6.4. Gjennomsnittlig sjøtemperatur for august for perioden 1960-2006 på 0-20 m dyp målt ved Ærøydypet.

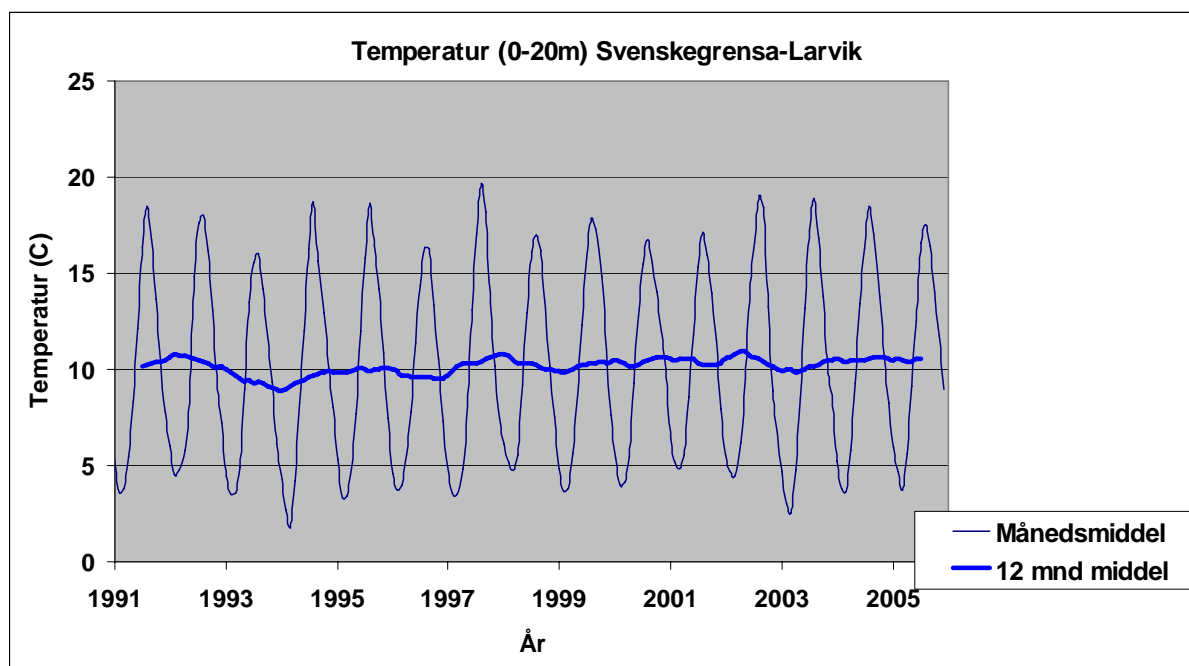


Figur A.6.5. Gjennomsnittlig sjøtemperatur for august for perioden 1960-2006 på 0 og 20 m dyp målt i Kyststrømmen (1nm), ved Flødevigen og Ærøydypet.

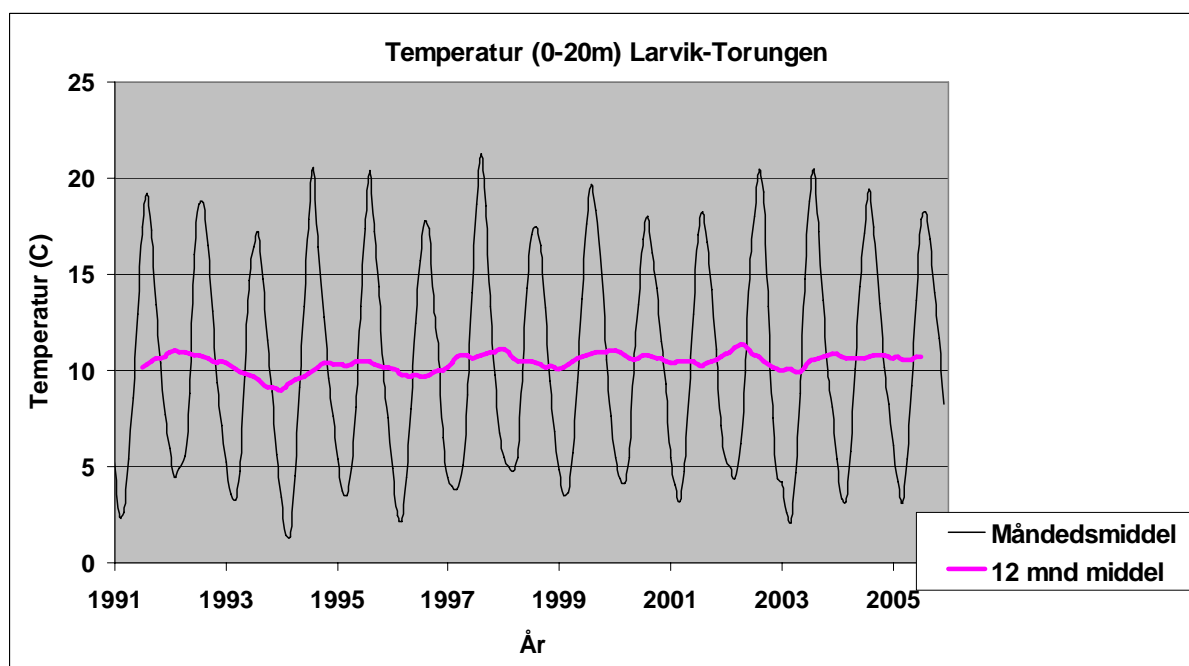


Figur A.6.6. Gjennomsnittlig sjøtemperatur for august i perioden 1980-2006 på 19-20 m dyp ved målestasjonene på Flødevigen (grønn serie), Lista (blå serie) og Utsira (fiolett serie).

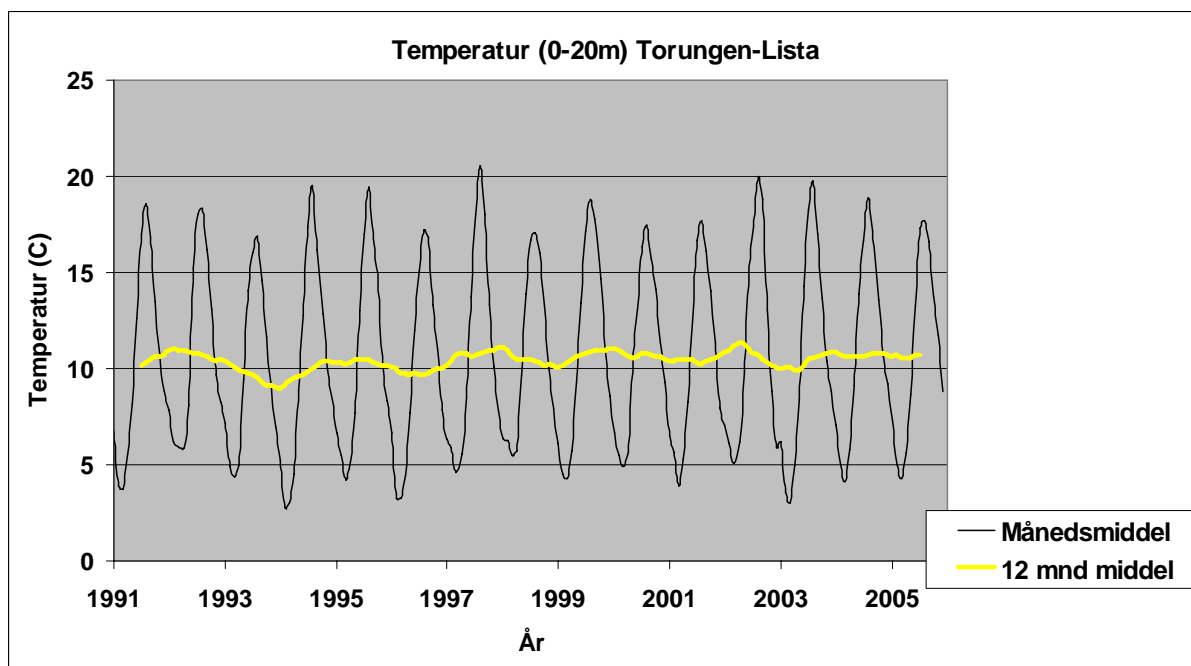




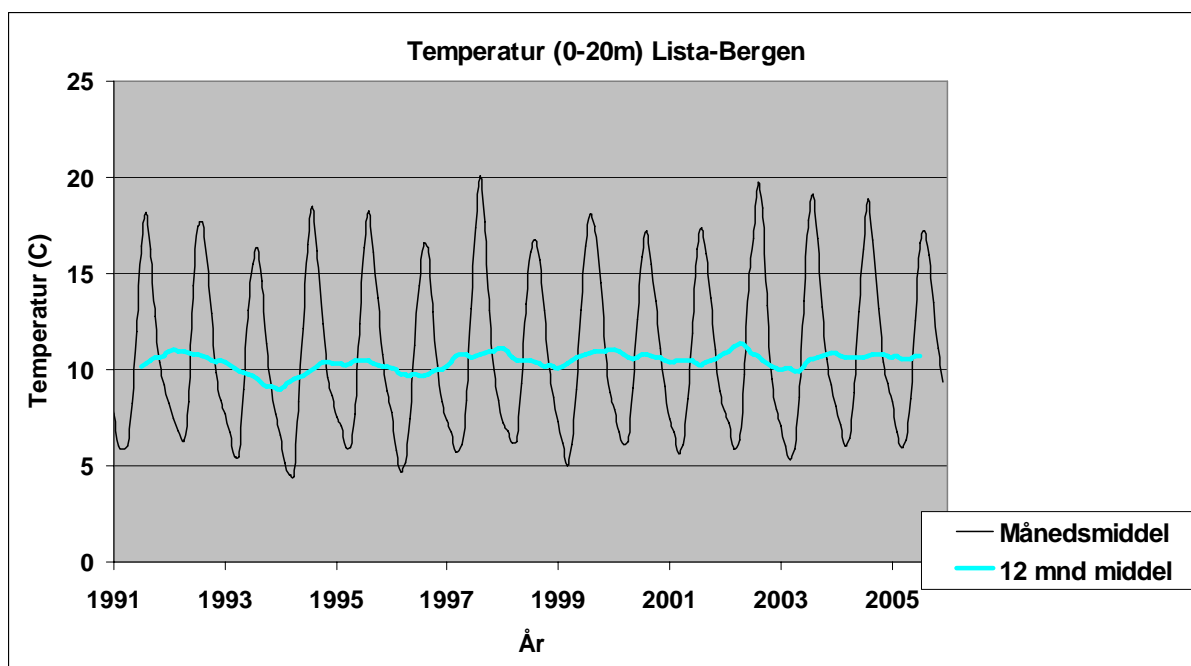
Figur A.6.7. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av månedsmidlete og 12-måneders glidende midlete sjøtemperatur for kyststrekningen Svenskegrensa-Larvik. Temperaturen er middel over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og videre midlet over de øverste 20 m. (met.mo)



Figur A.6.8. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av månedsmidlete og 12-måneders glidende midlete sjøtemperatur for kyststrekningen Larvik-Torungen. Temperaturen er middel over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og videre midlet over de øverste 20 m. (met.mo)

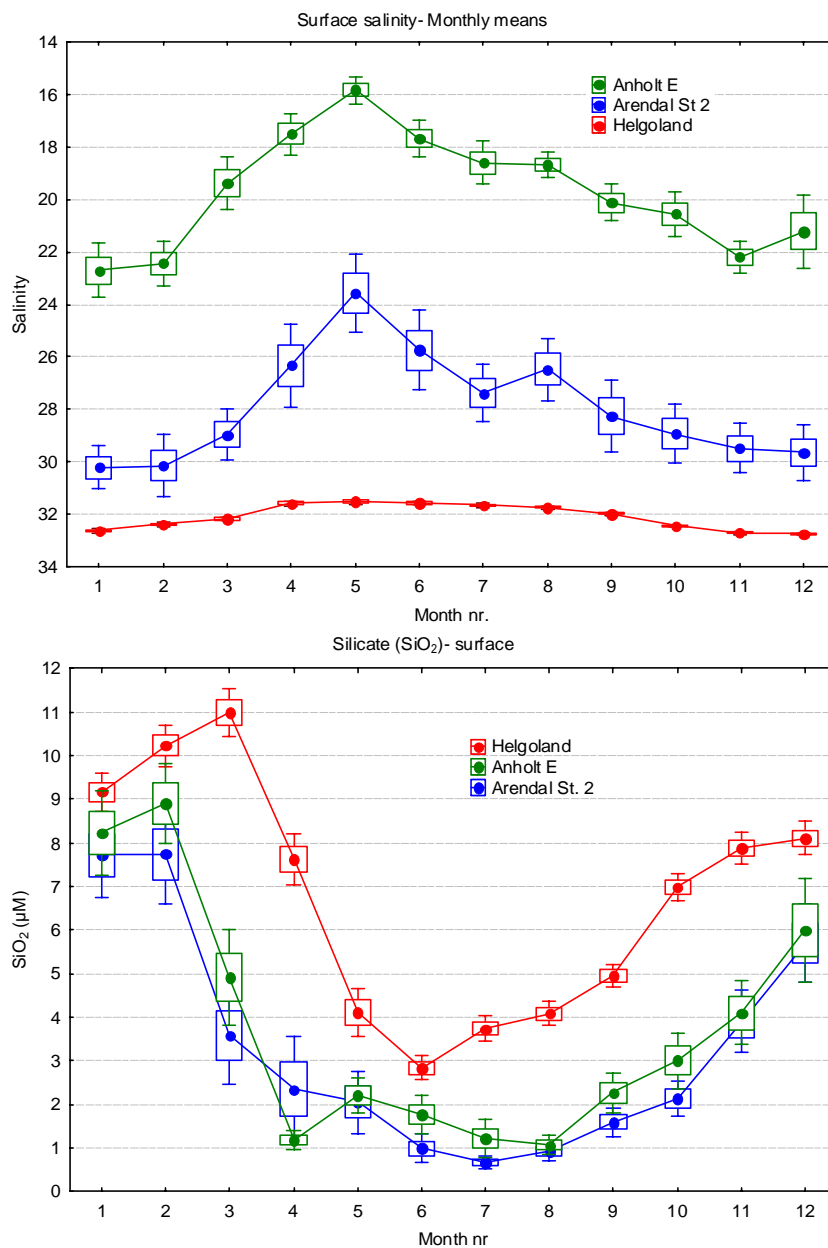


Figur A.6.9. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av månedsmidlete og 12-måneders glidende midlete sjøtemperatur for kyststrekningen Torungen-Lista. Temperaturen er middel over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og videre midlet over de øverste 20 m. (met.mo)

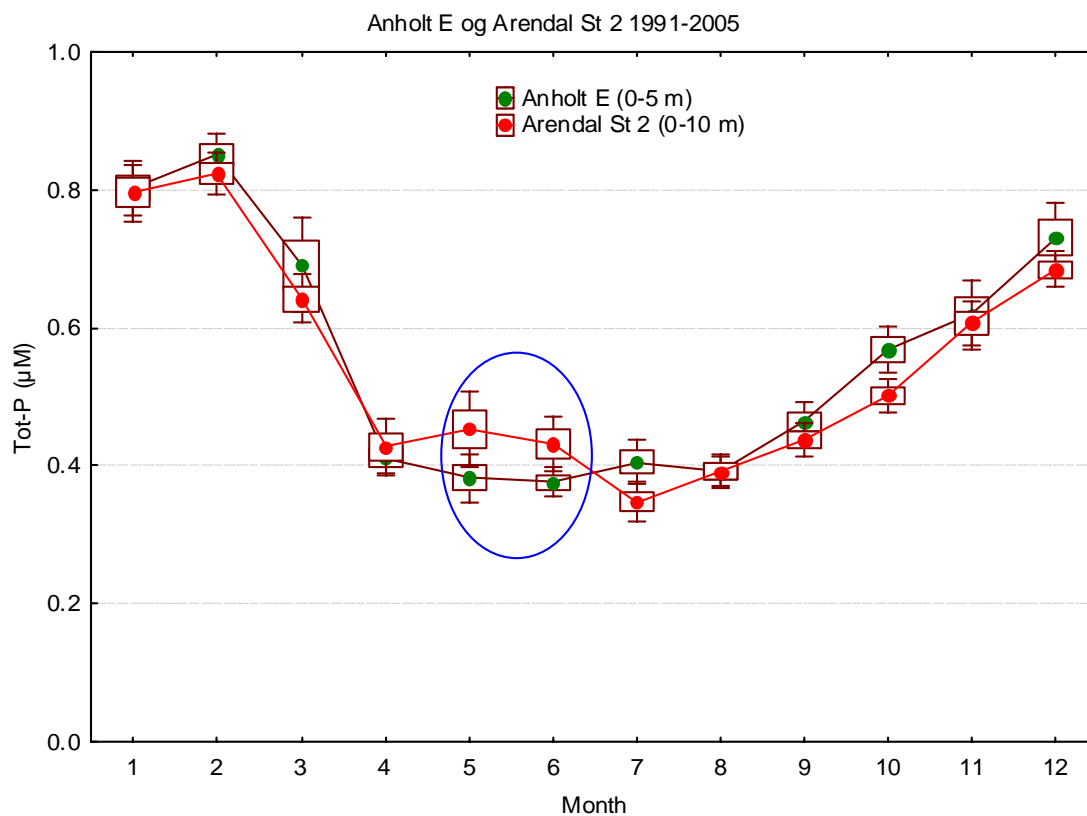
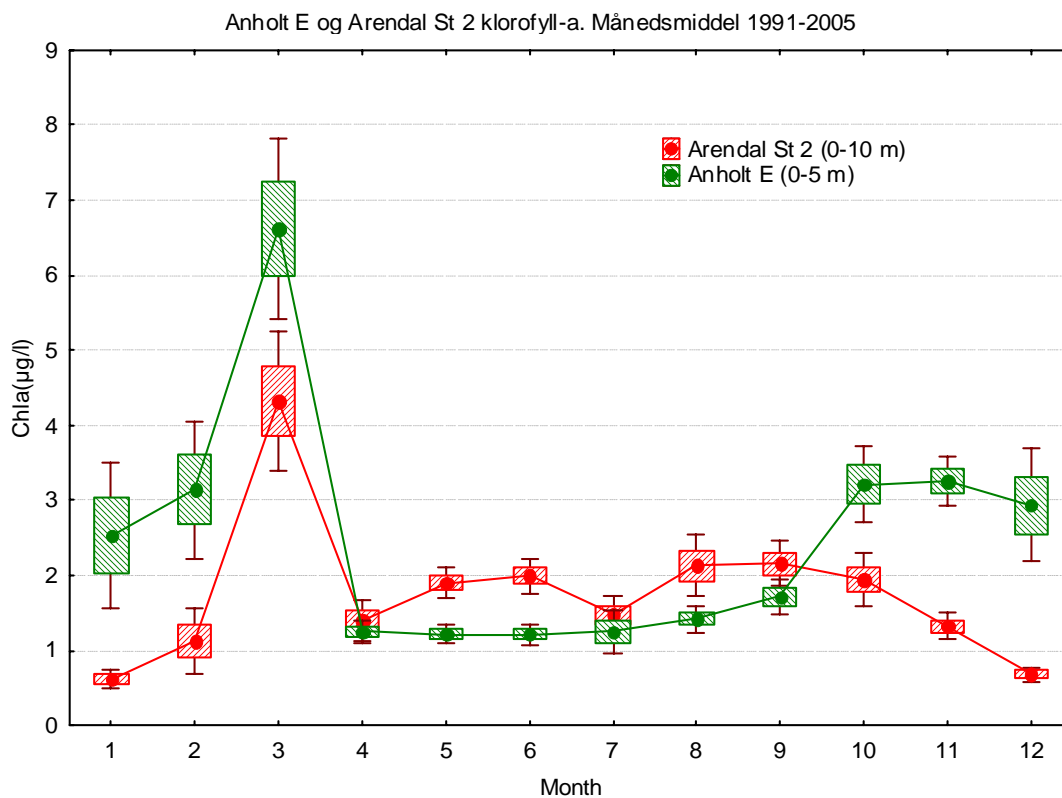


Figur A.6.10. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av månedsmidlete og 12-måneders glidende midlete sjøtemperatur for kyststrekningen Lista-Bergen. Temperaturen er middel over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og videre midlet over de øverste 20 m. (met.mo)

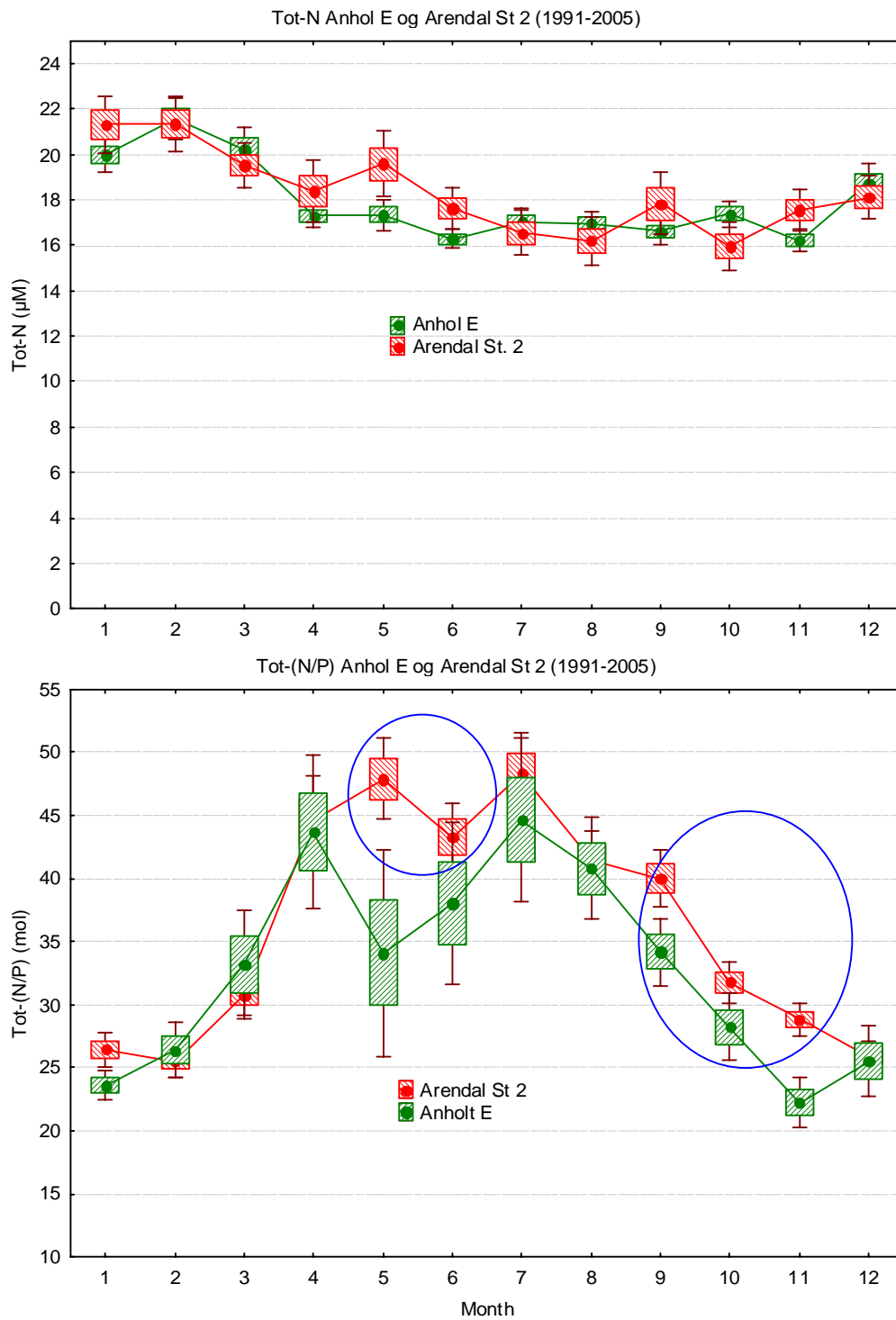
7. Marin vannkvalitet



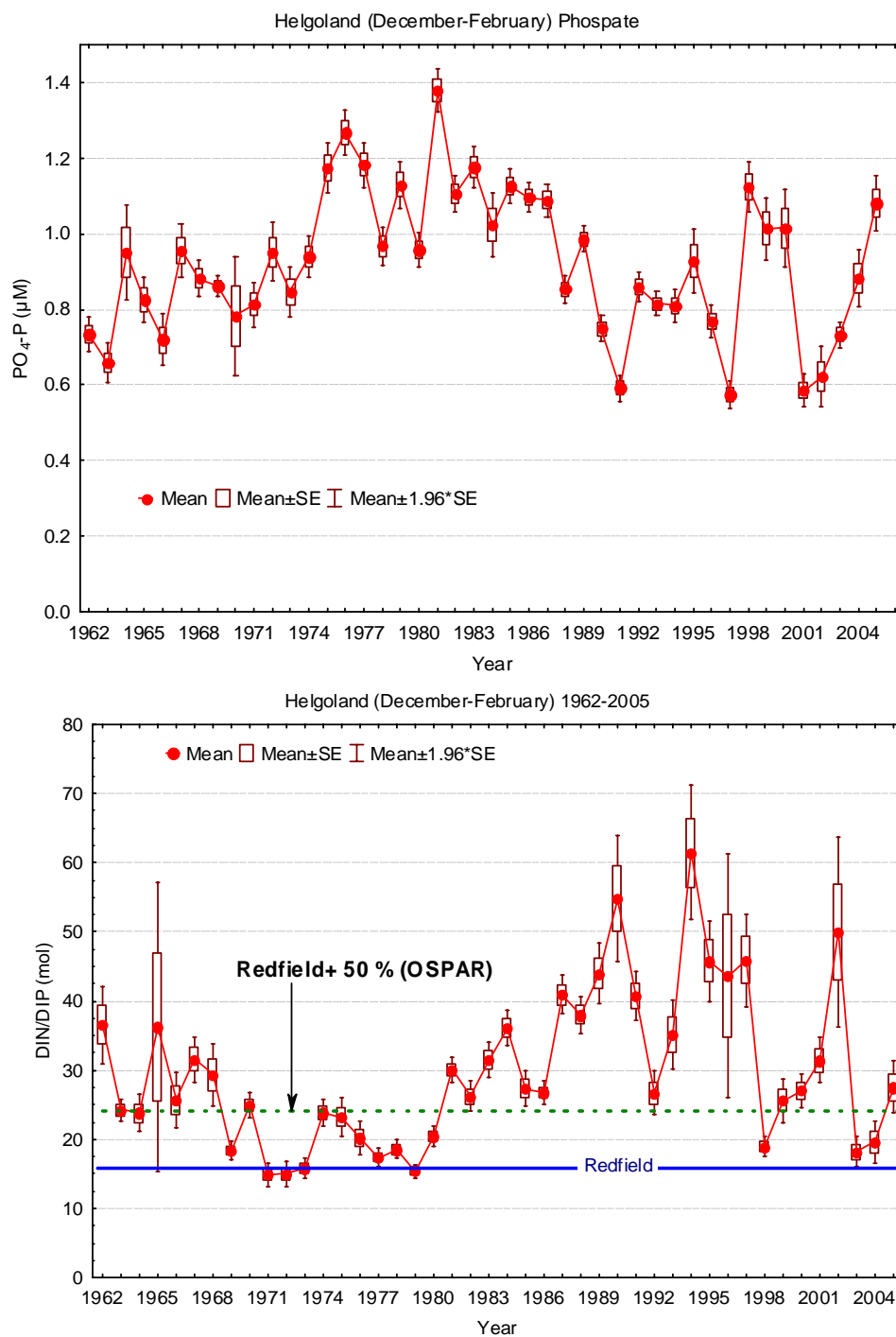
Figur A 7.1. Månedsmiddel av saltholdighet (ovre panel) og silikat (nedre panel) ved havoverflaten på 3 stasjoner



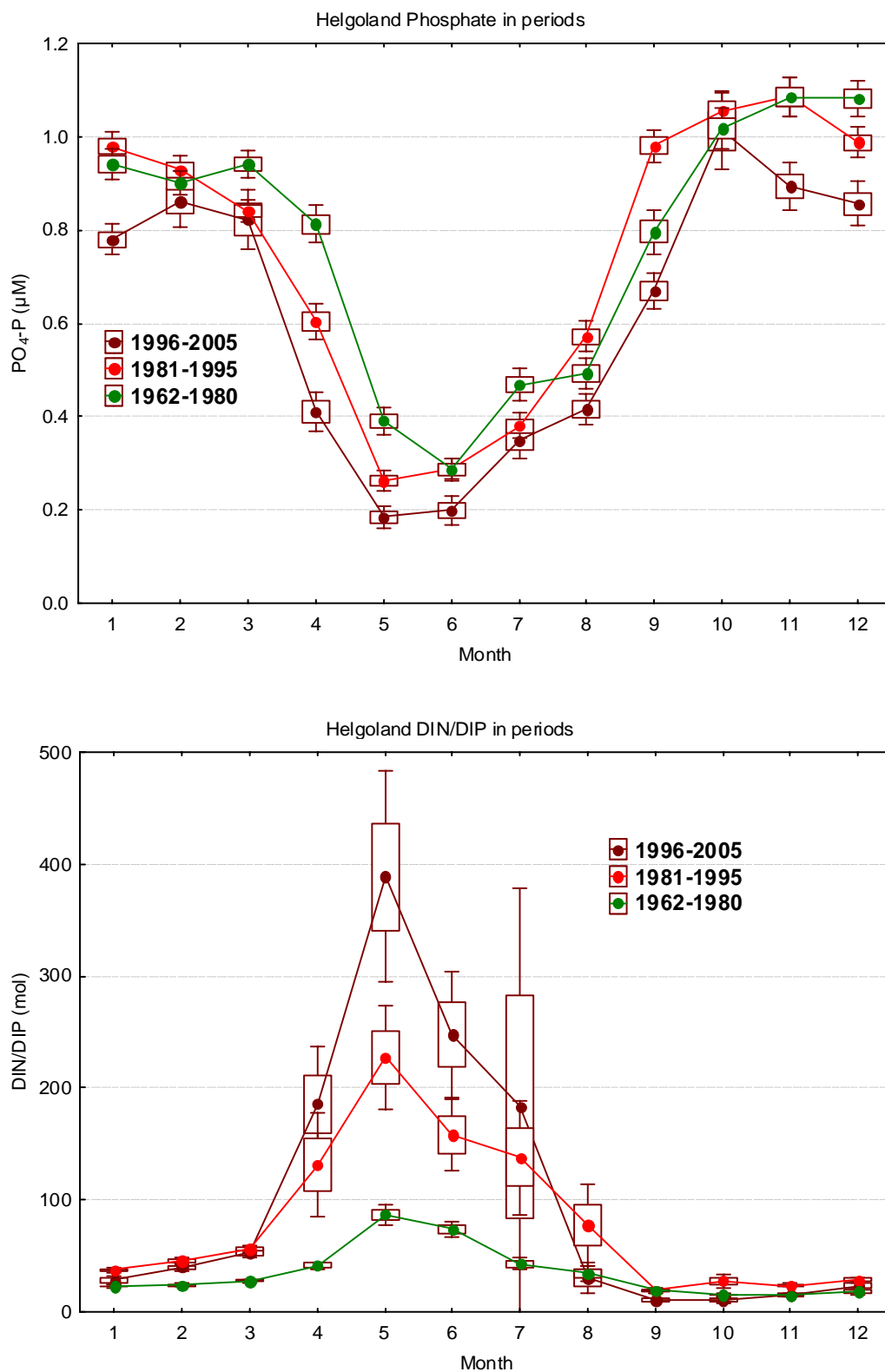
Figur A.7.2. Månedsmiddel (1991-2005) på klorofyll (ovre panel) og total fosfor (nedre panel) ved Arendal2 og Anholt E



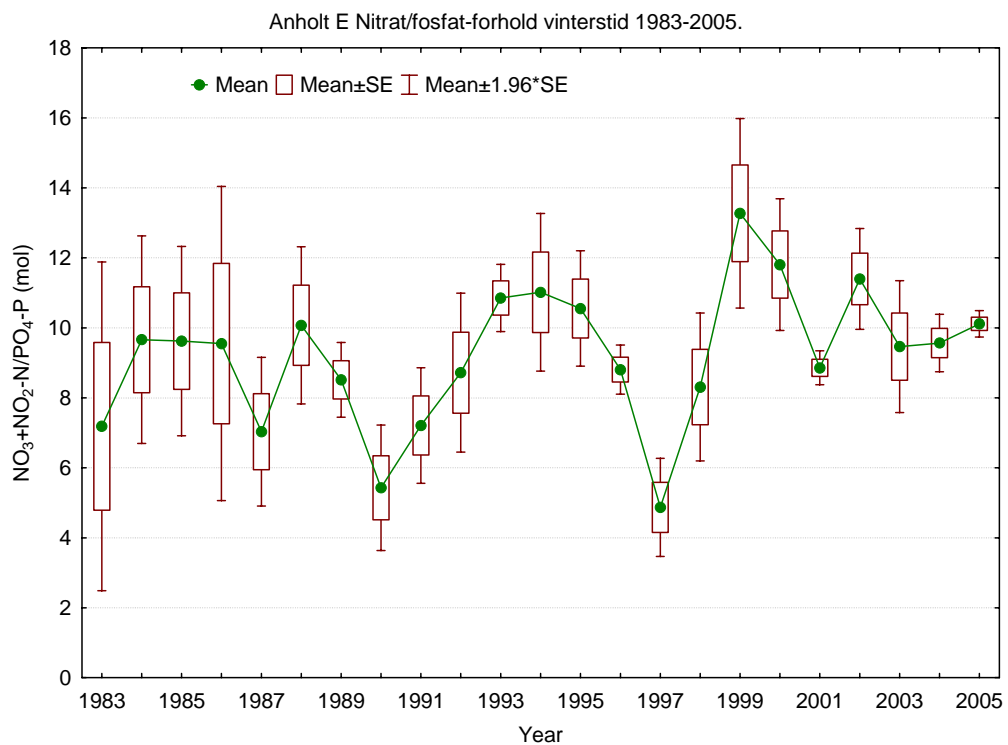
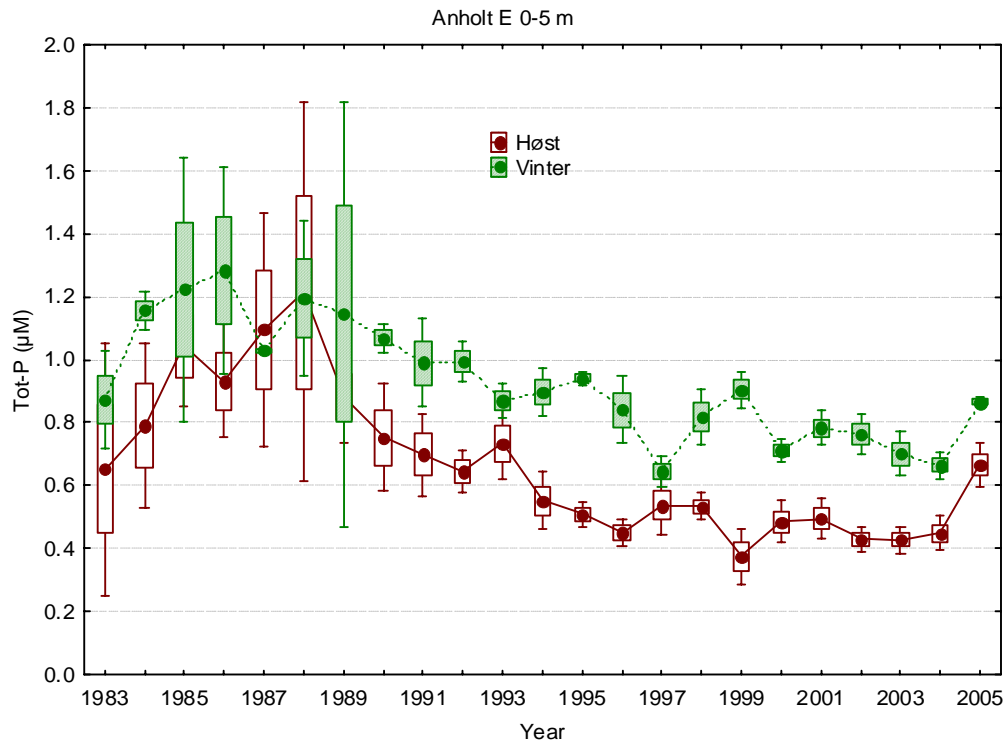
Figur A.7.3. Månedsmiddel (1991-2005) på total nitrogen (ovre panel) og TN/TP forholdet (nedre panel) ved Arendal2 og Anholt E



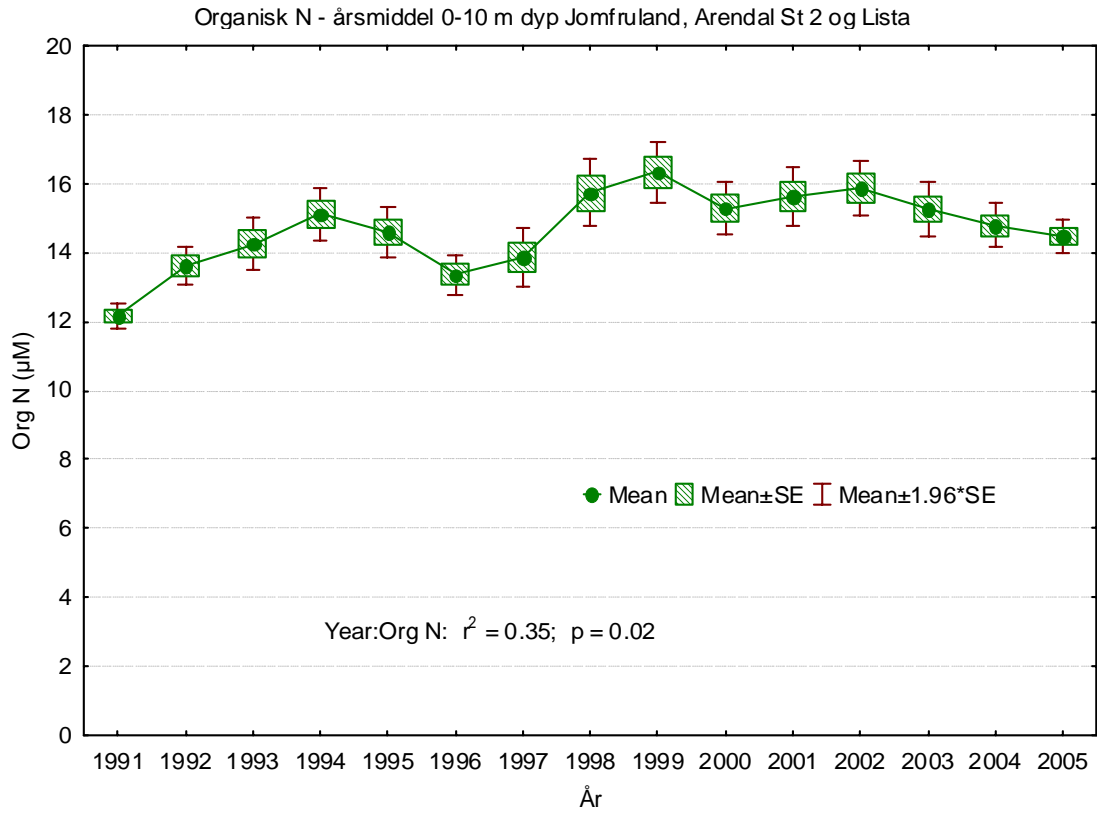
Figur A.7.4. Vinterkonsentrasjoner (overflatevann) av fosfat-fosfor (ovre panel) og DIN/DIP forholdet i Helgoland 1962-2005



Figur A.7.5. Månedsmiddel av fosfat-fosfor (ovre panel) og DIN/DIP foholdet (nedre panel) på Helgoland i periodene 1962-80, 1981-95 og 1996-2005

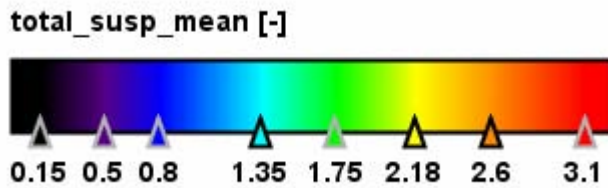


Figur A 7.6. Utvikling av total fosfor høst og vinter (ovre panel) og nitrat/fosfat forholdet vinter 1983-2005 i Kattegatt (overflatevann ved Anholt E).

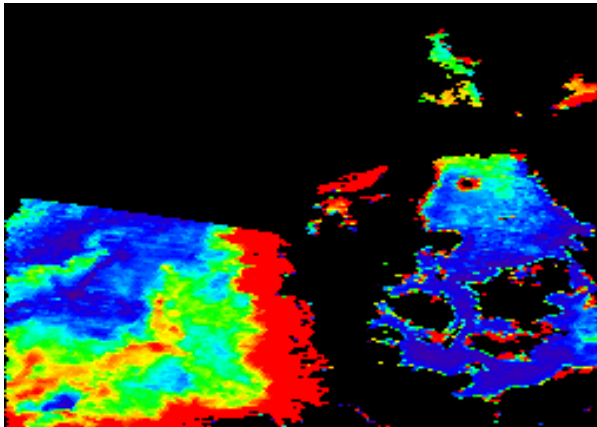


Figur A 7.7. Organisk-N i kystvannet (0-10m) på norske Skagerrak kysten (årsmiddel) 1991-2005.

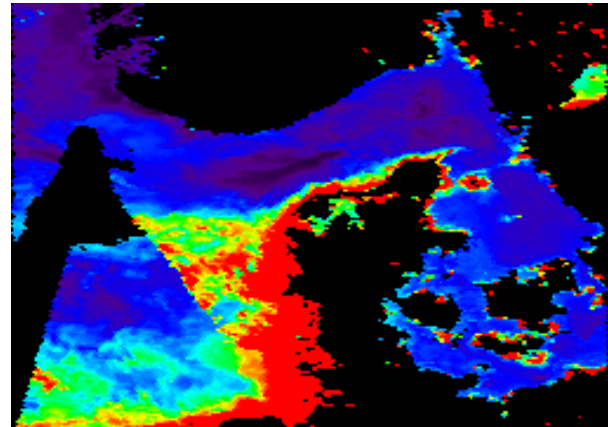
MERIS og Color Festival-data fra Skagerrak



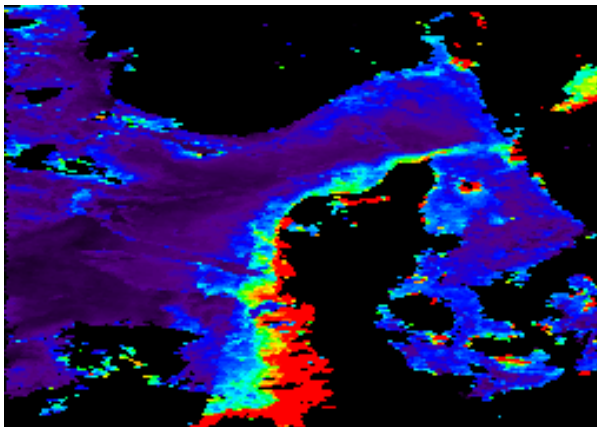
Figur A7.8 Fargeskala brukt i figurene nedenfor. Enheten er kilogram suspendert materiale per kubikkmeter vann.



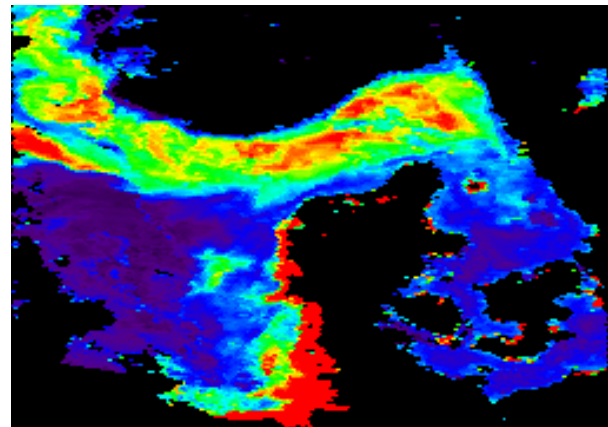
Figur A7.9. Mars 2003. Høye konsentrasjoner i Tyskebukta og ut i Nordsjøen på grunn av vårflom på kontinentet.



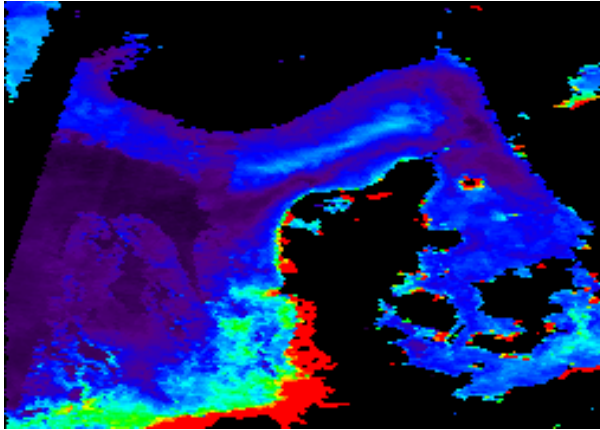
Figur A.7.10. April 2003. Høye konsentrasjoner i Tyskebukta og ut i Nordsjøen på grunn av vårflom på kontinentet.



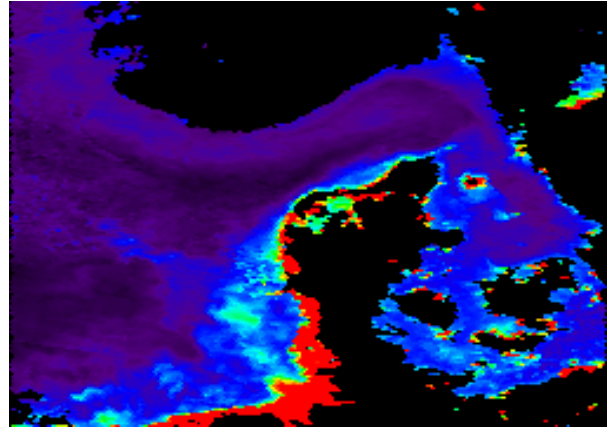
Figur A.7.11. Mai 2003. Vårflommen på kontinentet er over og verdiene avtar også langs Danmarks vestkyst. Ser nå at flommen er i gang i Norge med tydelig signal fra Glomma, partiklene derfra ser vi fanges i kyststrømmen og kan følges til Grenlandsområdet med den valgte fargeskalaen.



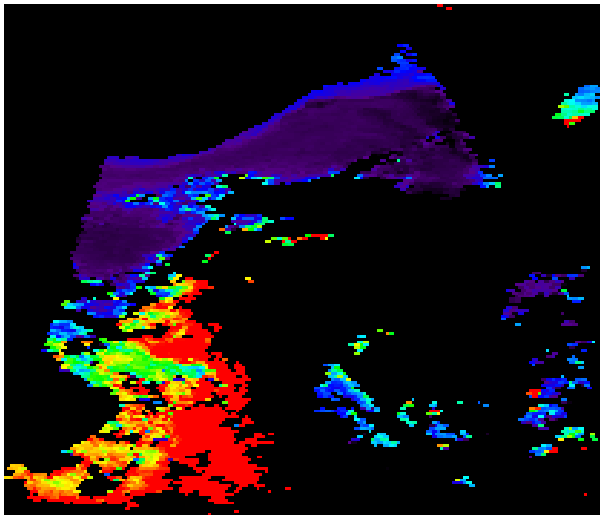
Figur A.7.12. Juni 2003. På grunn av lite partikler fra Tyskebukta er det nå relativt lave TSM-verdier langs Nordvestdanmarks kyst. Vårflommen i Norge er også mer eller mindre over også i Norge, men vi har høye verdier i Skagerrak og videre langs kysten; dette skyldes høyst sannsynlig en coccolith-oppløstoppblomstring som er et årvist fenomen. Vi observerer at denne oppløstoppblomstringen med få unntak ikke når helt inn til land; dette kan skyldes lavere saltholdighet i hvilken algene ikke kan overleve, eller det *kan* være prosessoren som har problemer nærme land.



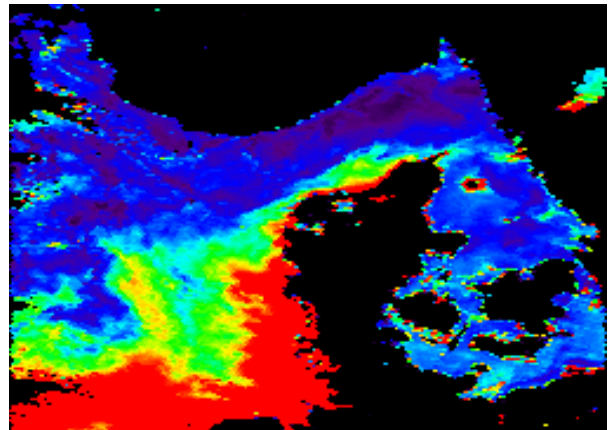
Figur A.7.13. Juli 2003



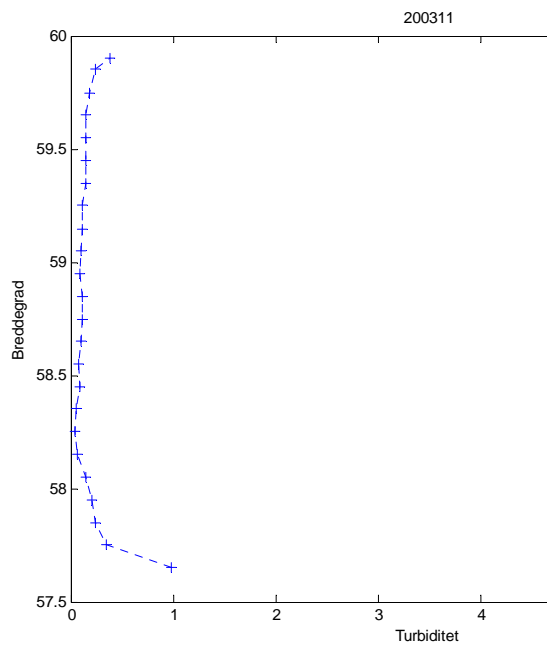
Figur A.7.14. August 2003. Gjennom juli og august avtar TSM-konsentrasjonen jevnt i det sentrale Skagerrak, mens det langs norskekysten stort sett er uendret.



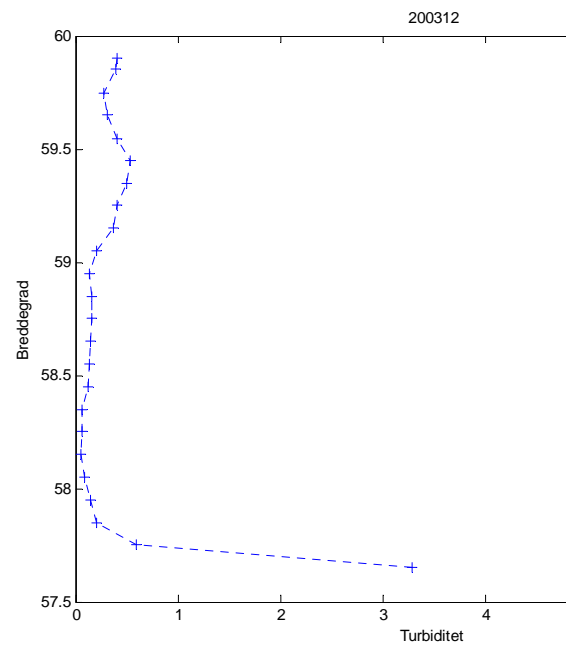
Figur A.7.15. September 2003



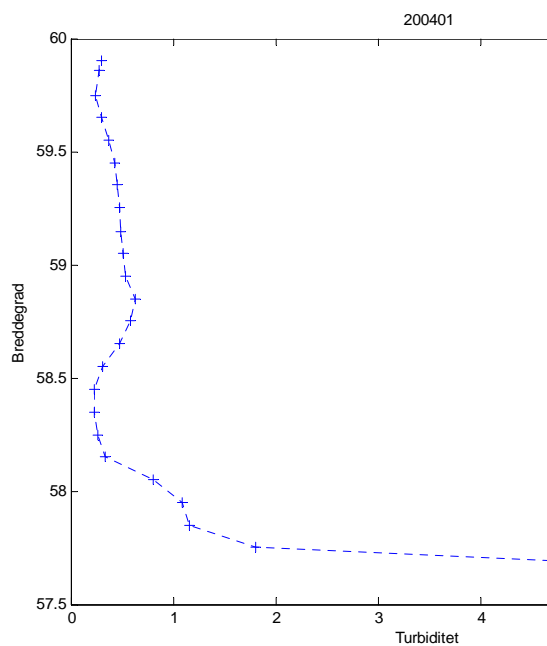
Figur A.7.16. Oktober 2003. Utover høsten øker igjen TSM-verdiene i Tyskebukta og langs danskekysten hvilket sannsynligvis skyldes at elvenes partikkeltransport øker på denne tiden av året.



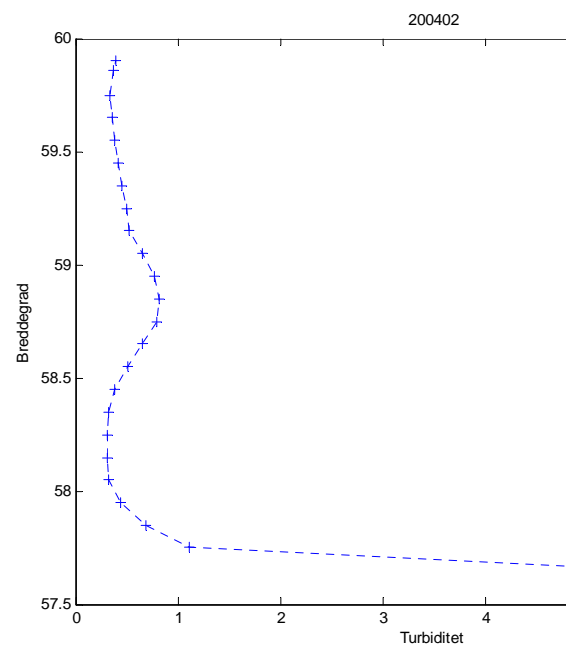
Figur A.7.17 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) November 2003.



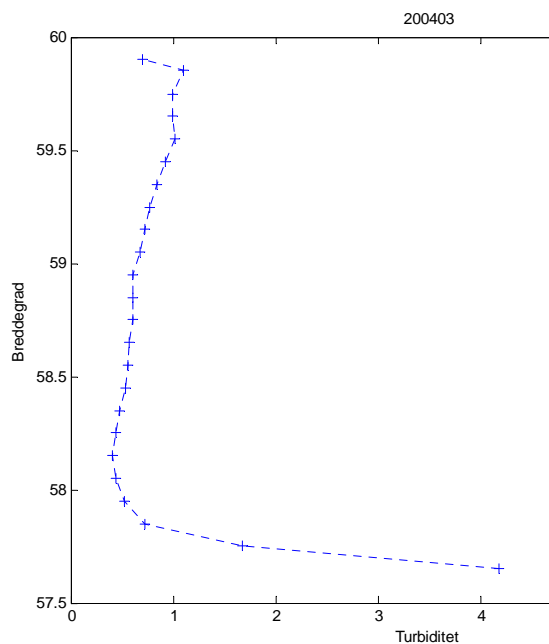
Figur A.7.18 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Desember 2003.



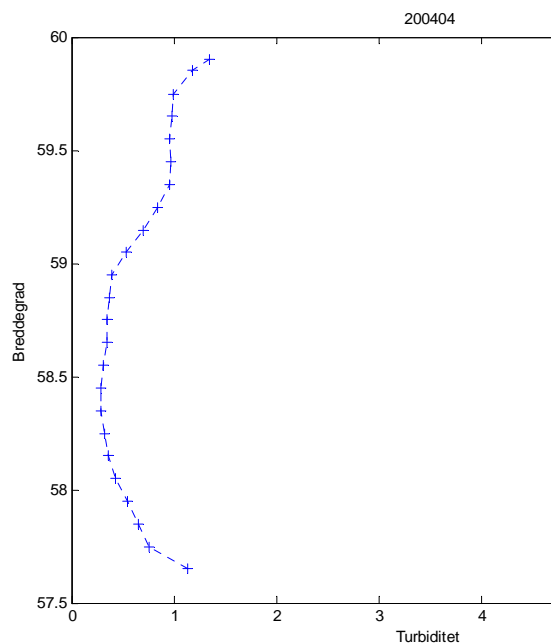
Figur A.7.19 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Januar 2004.



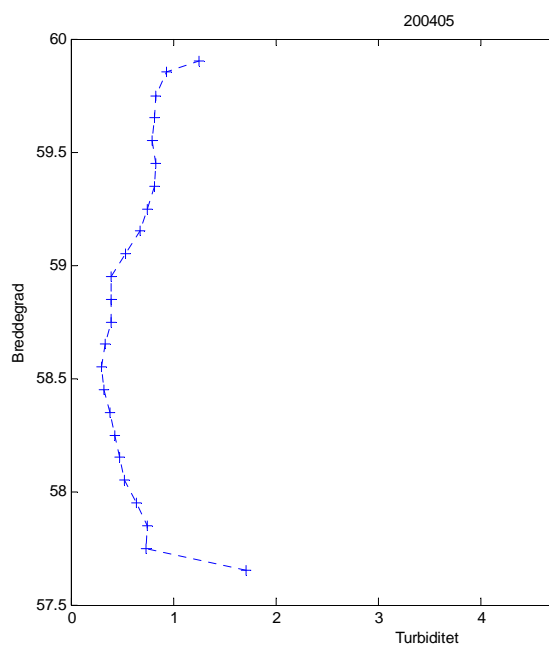
Figur A.7.20 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Februar 2004.



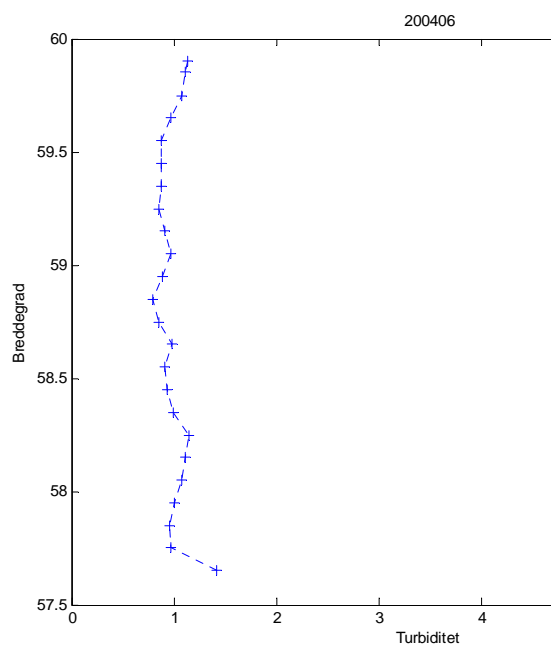
Figur A.7.21 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Mars 2004.



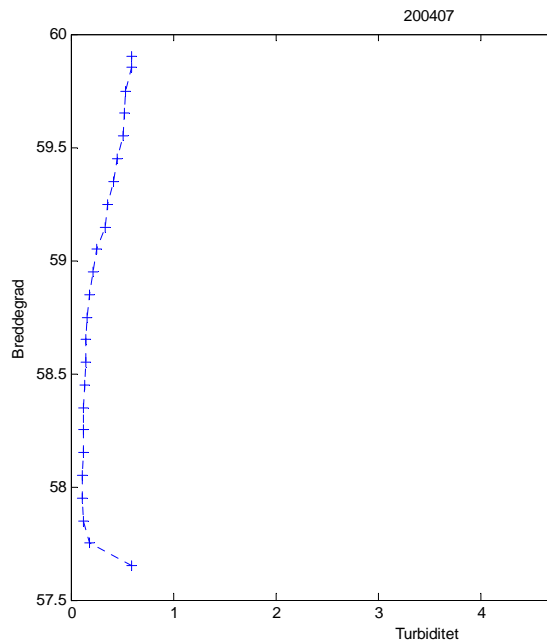
Figur A.7.22 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) April 2004.



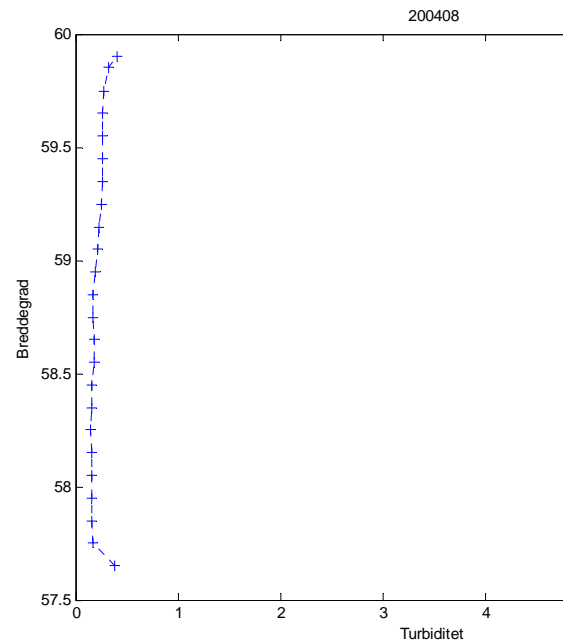
Figur A.7.23 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Mai 2004.



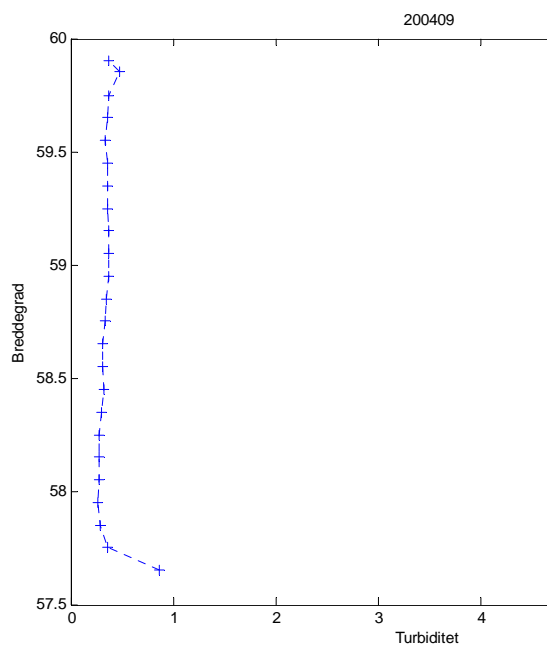
Figur A.7.24 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Juni 2004.



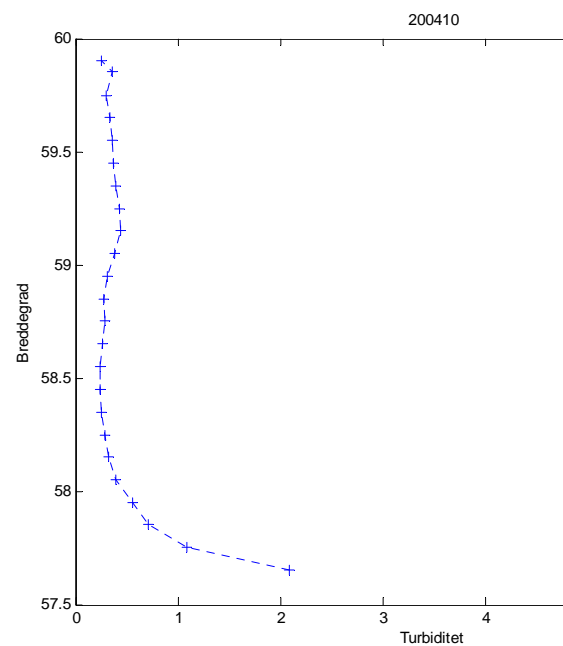
Figur A.7.25 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Juli 2004.



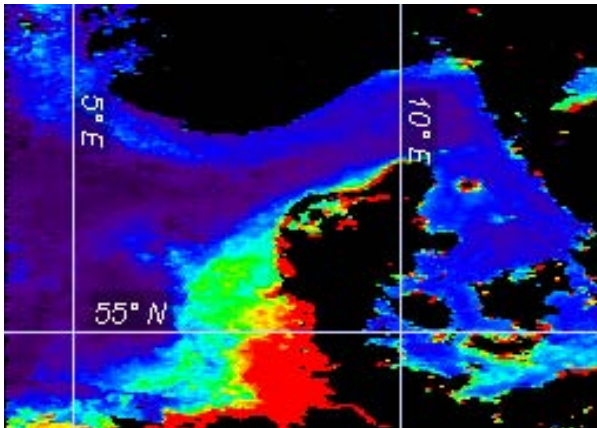
Figur A.7.26 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) August 2004.



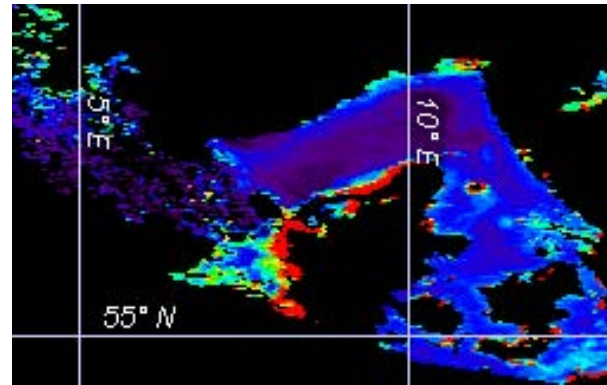
Figur A.7.27 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) September 2004.



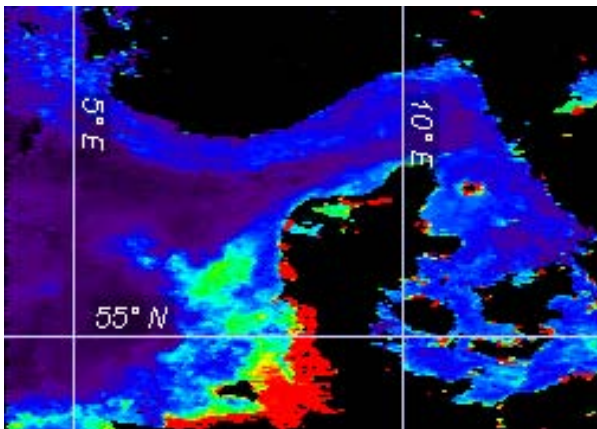
Figur A.7.28 Turbiditet i Skagerrak fra breddegrad 57,5 til 60 (Danmark til Norge) Oktober 2004.



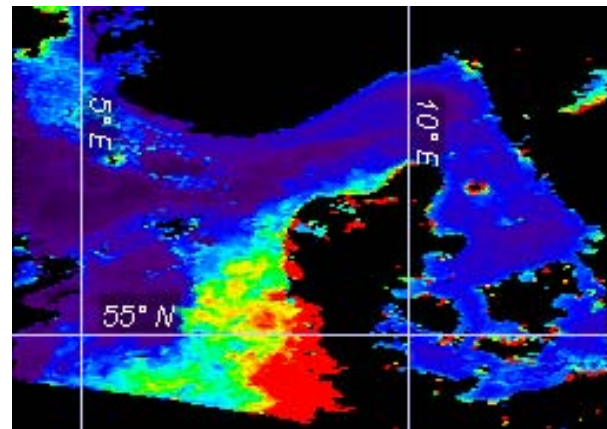
Figur A.7.29 Årsmiddel 2002. Vi ser at årsmiddelet for 2002 er påfallende likt det for 2003, en viss forskjell er det, men det kan vel så mye skyldes hvilke satellittbilder vi har som en reell endring.



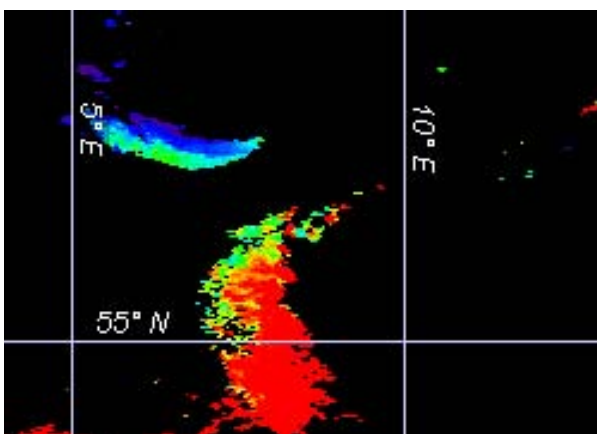
Figur A.7.30 Juli 2002. Vi merker oss at dataene for juli dette året aviker fra de andre gjennom at det forekommer noe høyere verdier langs deler av norskekysten.



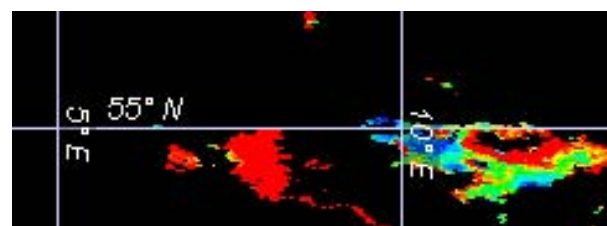
Figur A.7.31 August 2002



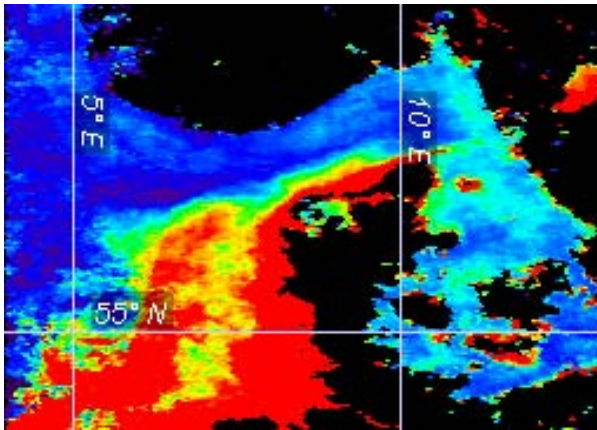
Figur A.7.32 September 2002



Figur A.7.33 Oktober 2002

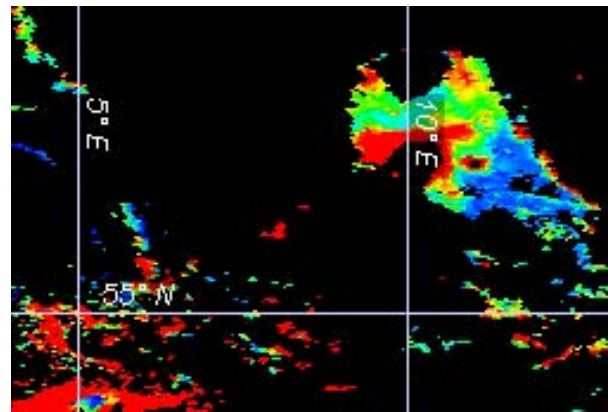


Figur A.7.34 Desember 2002

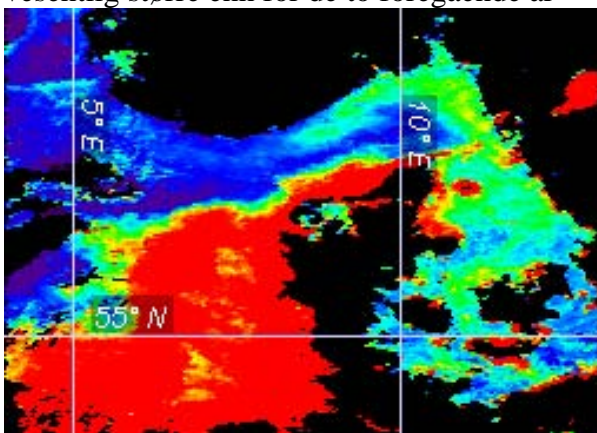


Figur A.7.35 Årsmiddel 2004

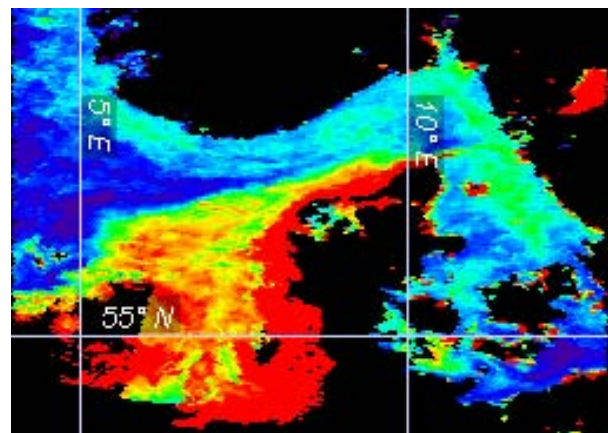
De beregnede middelværdier for 2004 er vesentlig større enn for de to foregående år



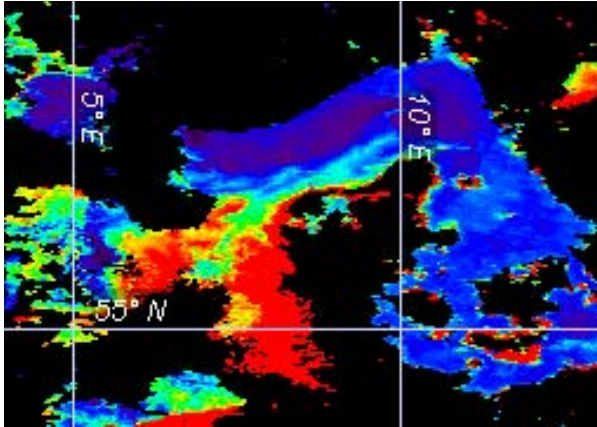
Figur A.7.36 Januar 2004



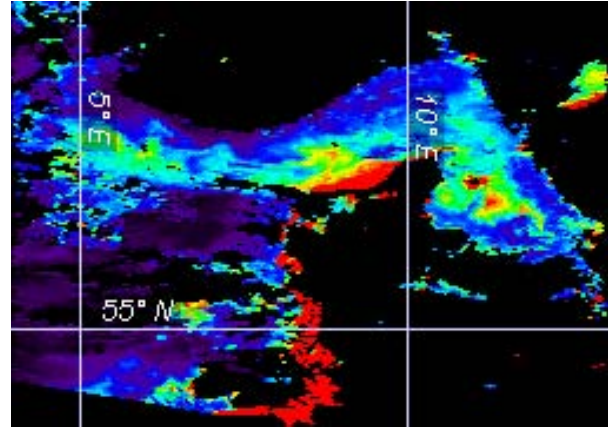
Figur A.7.37 Februar 2004. For denne måneden har vi ikke bilder fra andre år. Legg merke til det store området i Nordsjøen med høye TSM-verdier. Dette er et for stort område til at det er naturlig å forklares med avrenning fra land. Trolig er det også for tidlig i sesongen til at det er en algeoppblomstring. Mest sannsynlig er det bunnsedimenter som er resuspendert pga dårlig vær. Det er uvisst om partiklene som gir de relativt høye verdiene i Kattegat og nordlige del av Skagerrak har kommet inn fra Nordsjøen eller om de er resuspendert fra Danmarks østkyst.



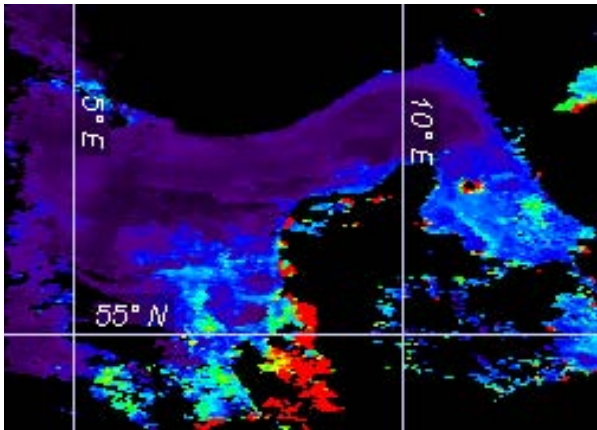
Figur A.7.38 Mars 2004. Sammenlignet med data fra mars 2003 (Figur A7.9) ser vi noe høyere verdier. Vi legger merke til de noe høyere verdiene langs svenskekysten, men observerer at disse ikke ser ut til å komme gjennom beltene fra Østersjøen.



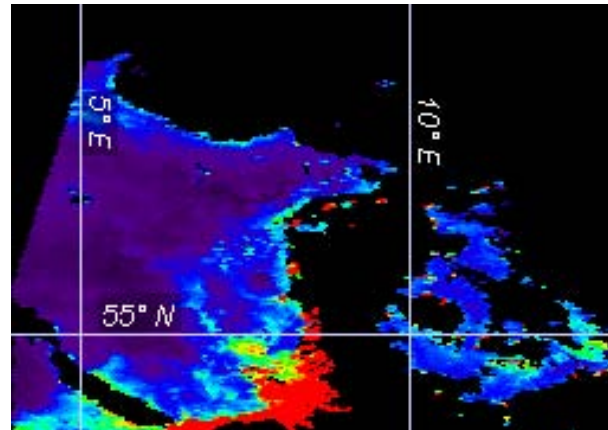
Figur A.7.39 April 2004. Langs den norske delen av Skagerrakkysten er det ingen eller små endringer fra året før (Figur A.7.). Legg merke til at det i år er vesentlig høyere verdier i Nordsjøen og langs Vestlandet.



Figur A.7.40 Mai 2004. Igjen merker vi oss høyere verdier langs danskekysten og i Skagerrak og Kattegat, mens det langs norskekysten ikke er noen signifikant forskjell.



Figur A.7.41 Juli 2004. For juli måned er det 2004 som har de laveste verdiene, også langs norskekysten.

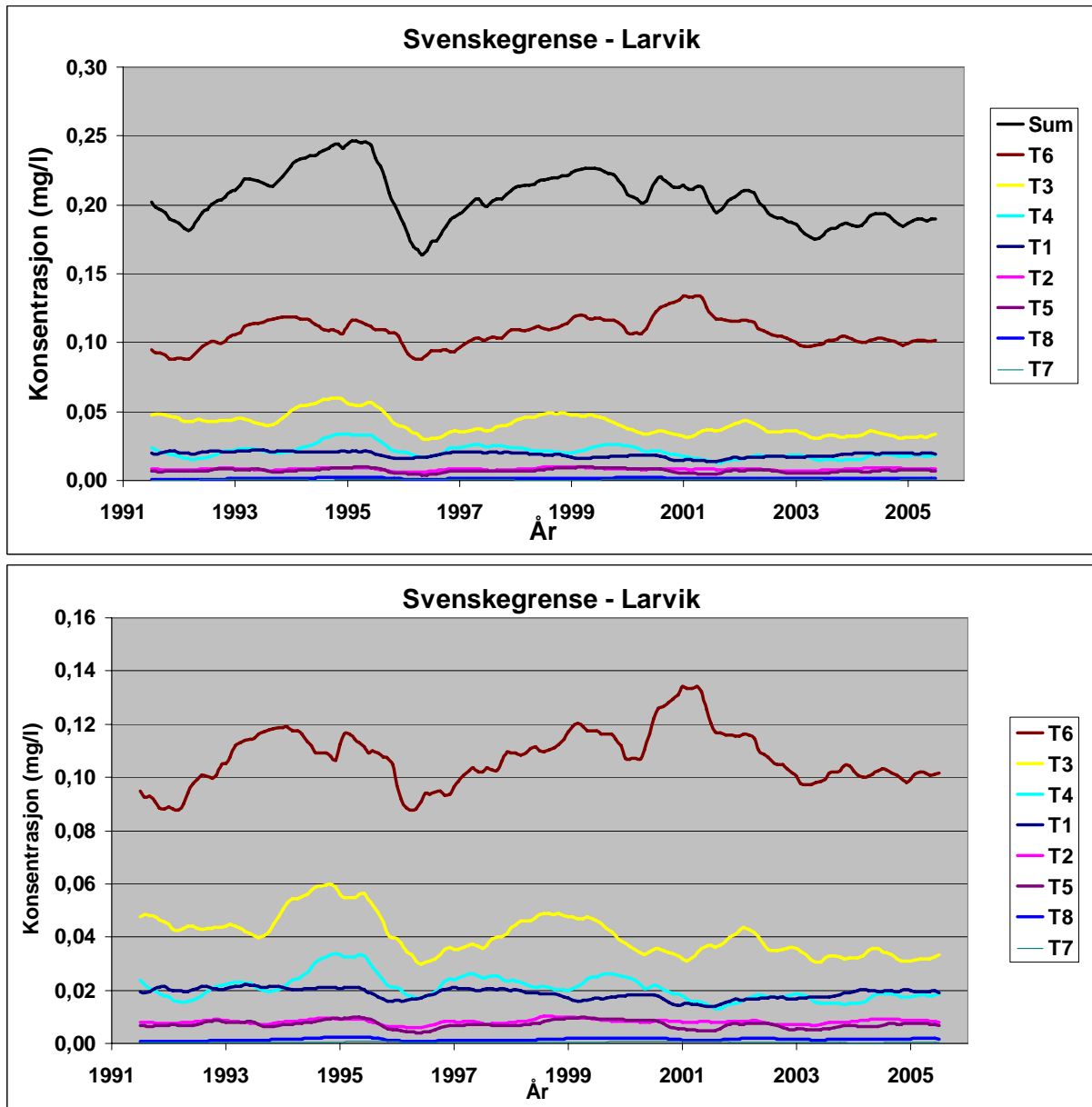


Figur A.7.42 August 2004. For denne måneden er det er eneste forskjell fra de øvrige årene et smalt belte med noe høyere partikkelinnhold lengst syd langs norskekysten.

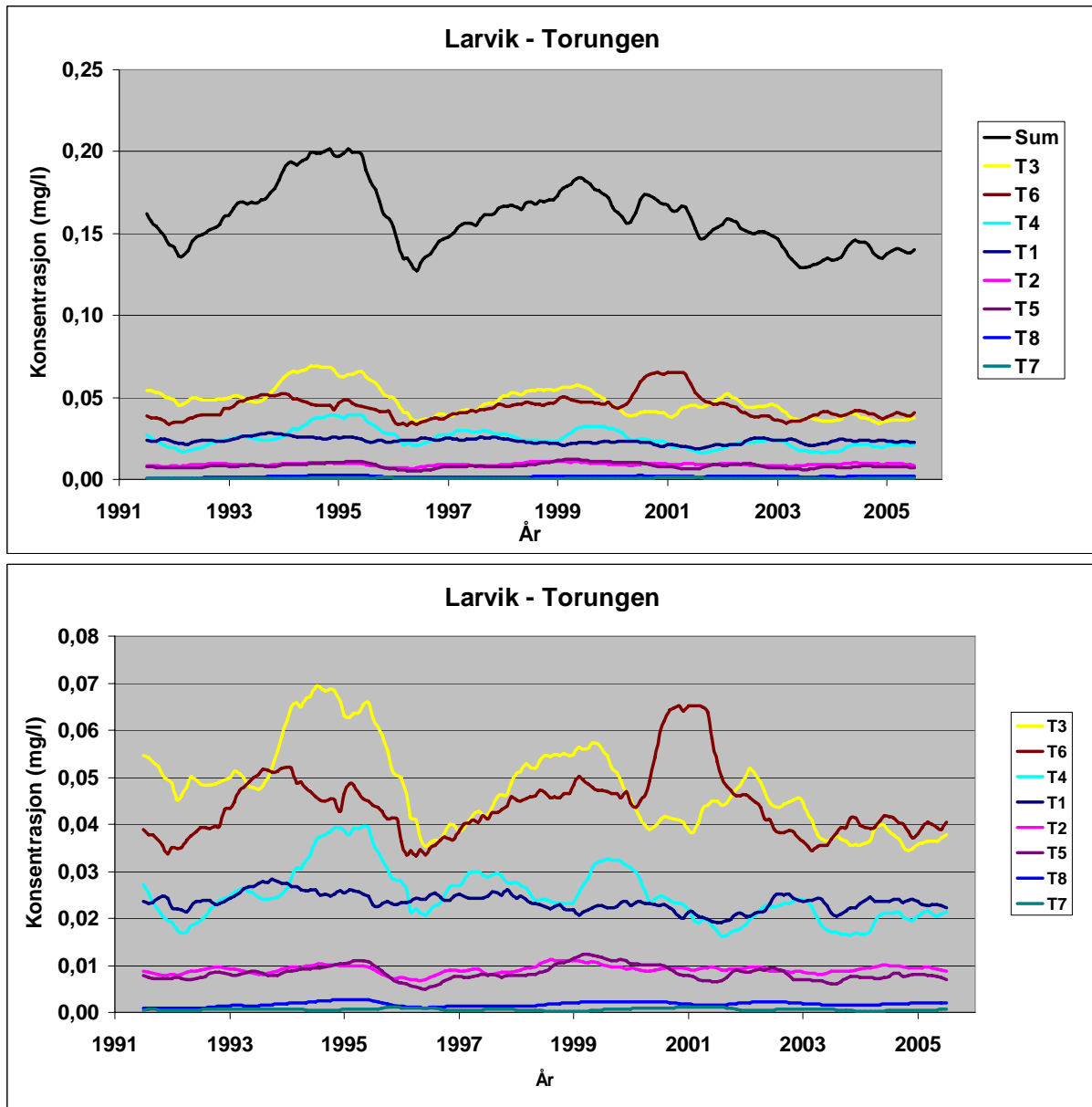
8. Havsirkulasjon

Tabell A.8.1. Modellsimulering av havsirkulasjon. Liste over elvene som tilhører en sporstoffgruppe. NB! Kildene til sporstoff T2 og T3 ligger utenfor området til 4 km modellen men innenfor 20 km området. Disse to sporstoffene kommer inn i 4 km modellområdet som randbetingelser.

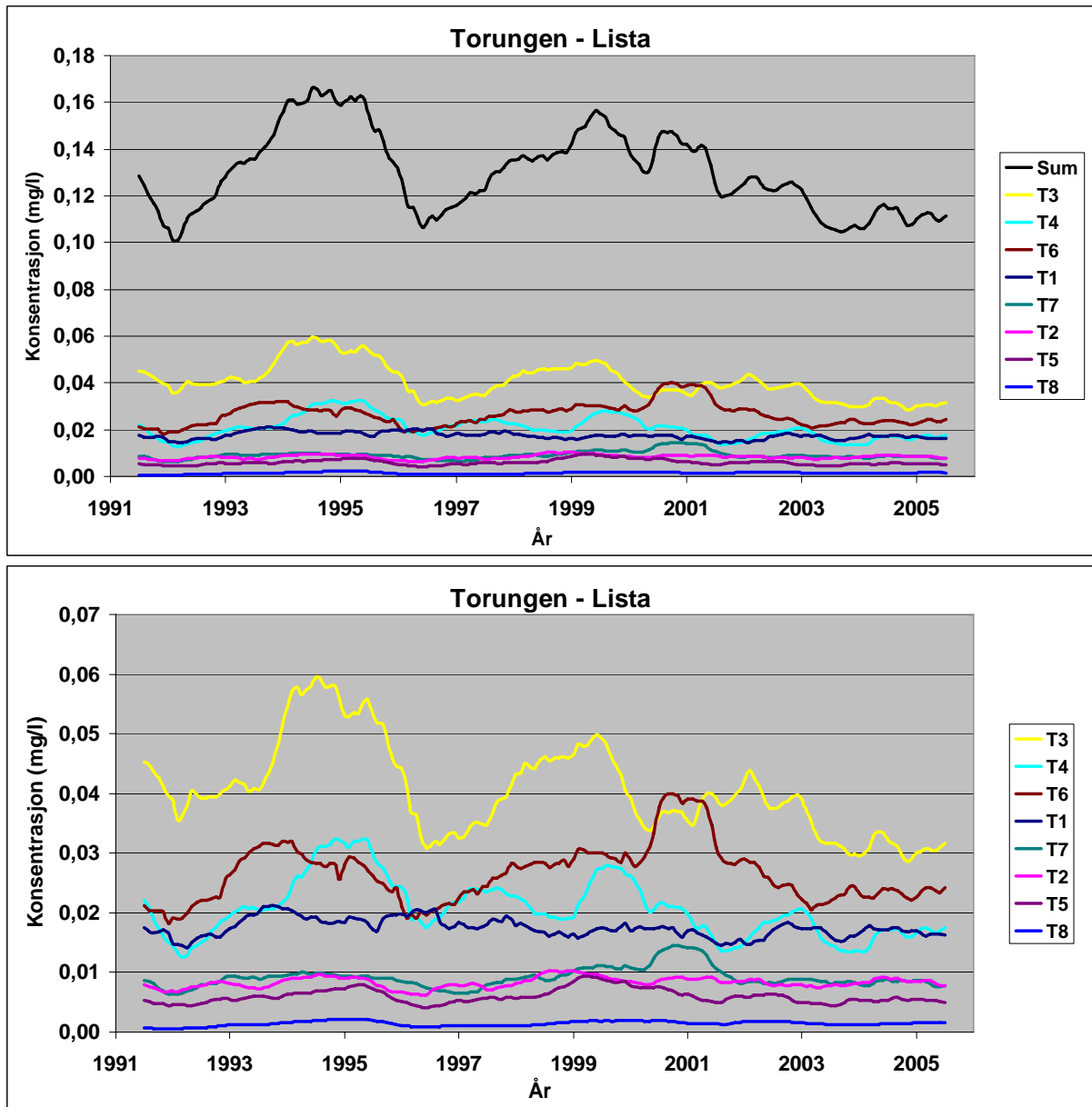
Nr.	Kortnavn	Elver inkludert
T1	BALT	Østersjøen (Lille Bælt, Store Bælt, Øresund)
T2	UK	UK (Tweed, Wash, Forth, Tyne, Tees, Humber and Thames)
T3	BeNe	Belgia-Nederland-Tyskland (Scheldt, Rhein, Haringvliet, Massluis, Nordzeekanal, Lake IJssel og Ems)
T4	EW	Tyskland (Weser og Elbe)
T5	SE	Sverige (Lagan, Nissan, Ätran, Viskan and Gøta)
T6	NØ	Norge øst for Torungen (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen and Skienselva) – ”østlandselvene”
T7	NV	Norge vest for Torungen (Nidelva, Otra, Tovdalselva and Mandalselva) – ”sørlandselvene”
T8	DK	Danmark (til Nordsjøen, til Skagerrak og til Bæltehavet)



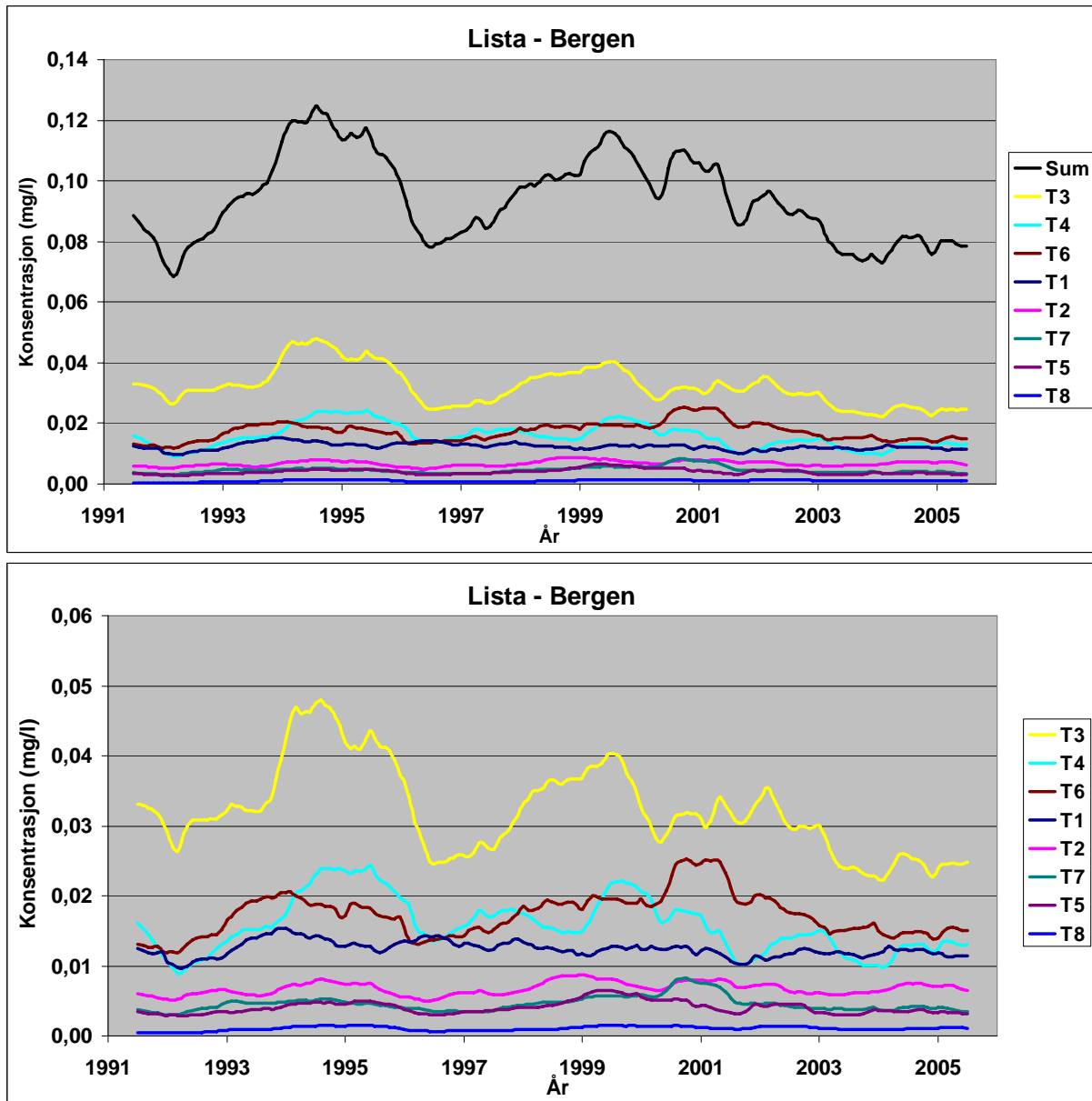
Figur A.8.1. Modellsimulering av havsirkulasjon. Nederste panel viser tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder (T1-T8) ved kyststrekning Svenskegrensa-Larvik. Se tabell A.8.1 for kildene. Kurvene er 12-måneders glidende midlet av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m. I legenden til høyre er kildene listet i samme rekkefølge som kurvene ved begynnelsen av 1995. I øverste panel vises de samme tidsseriene, men med tillegg av total konsentrasjonen (Sum), dvs. summen av alle enkeltkildene.



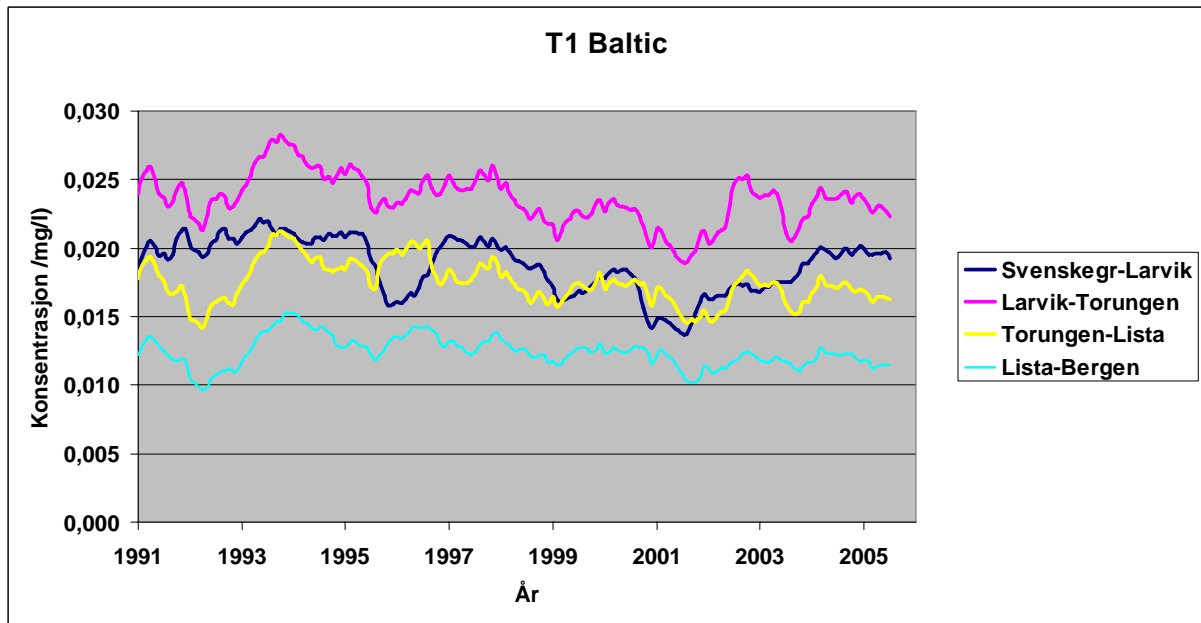
Figur A.8.2. Modellsimulering av havsirkulasjon. Nederste panel viser tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder (T1-T8) ved kyststrekning Larvik-Torungen. Se tabell A.8.1 for kildene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m. I legenden til høyre er kildene listet i samme rekkefølge som kurvene ved begynnelsen av 1995. I øverste panel vises de samme tidsseriene, men med tillegg av total konsentrasjonen (Sum), dvs. summen av alle enkeltkildene.



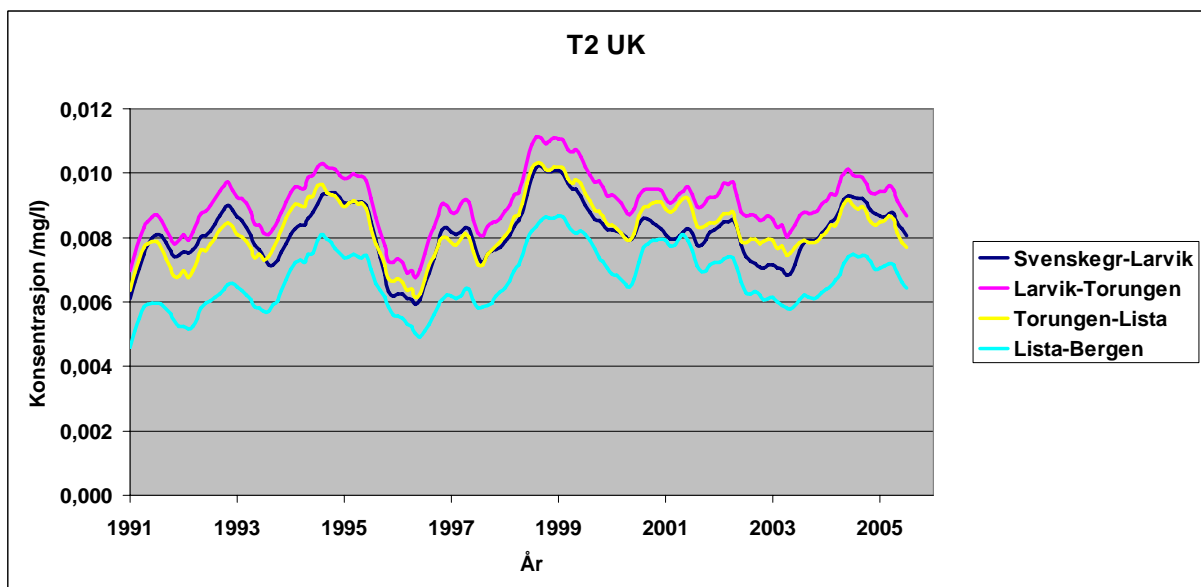
Figur A.8.3. Modellsimulering av havsirkulasjon. Nederse panel viser tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder (T1-T8) ved kyststrekning Torungen-Lista. Se tabell A.8.1 for kildene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m. I legenden til høyre er kildene listet i samme rekkefølge som kurvene ved begynnelsen av 1995. I øverste panel vises de samme tidsseriene, men med tillegg av total konsentrasjonen (Sum), dvs. summen av alle enkeltkildene.



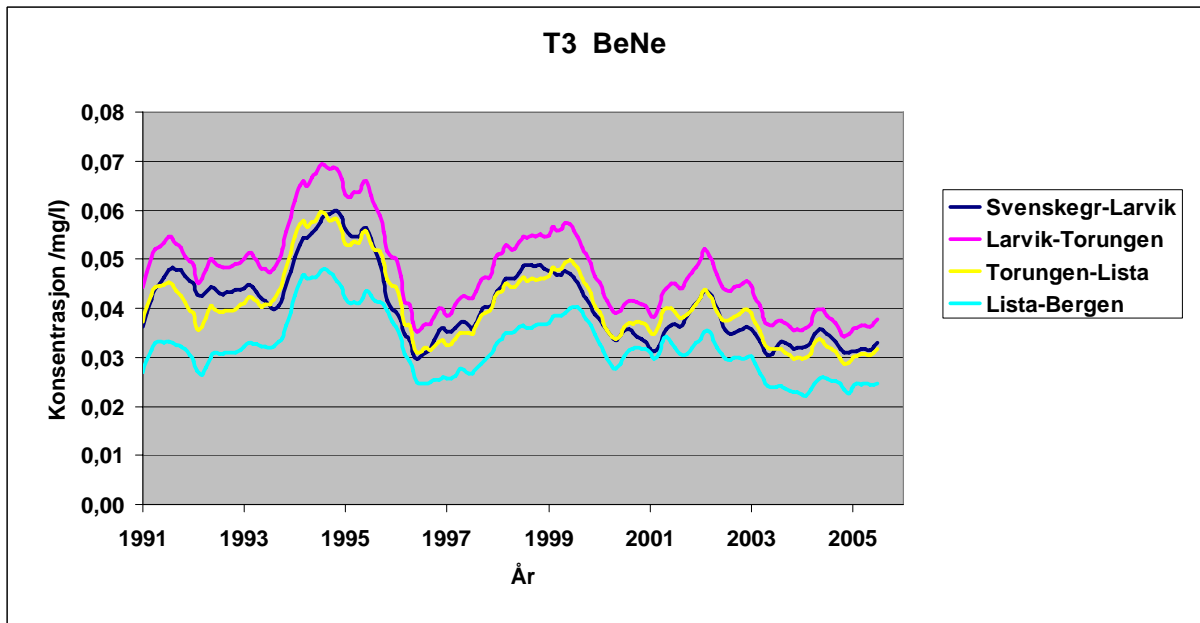
Figur A.8.4. Modellsimulering av havsirkulasjon. Nederse panel viser tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N fra forskjellige kilder (T1-T8) ved kyststrekning Lista-Bergen. Se tabell A.8.1 for kildene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs kyststrekningen og midlet over de øverste 20 m. I legenden til høyre er kildene listet i samme rekkefølge som kurvene ved begynnelsen av 1995. I øverste panel vises de samme tidsseriene, men med tillegg av total konsentrasjonen (Sum), dvs. summen av alle enkeltkildene.



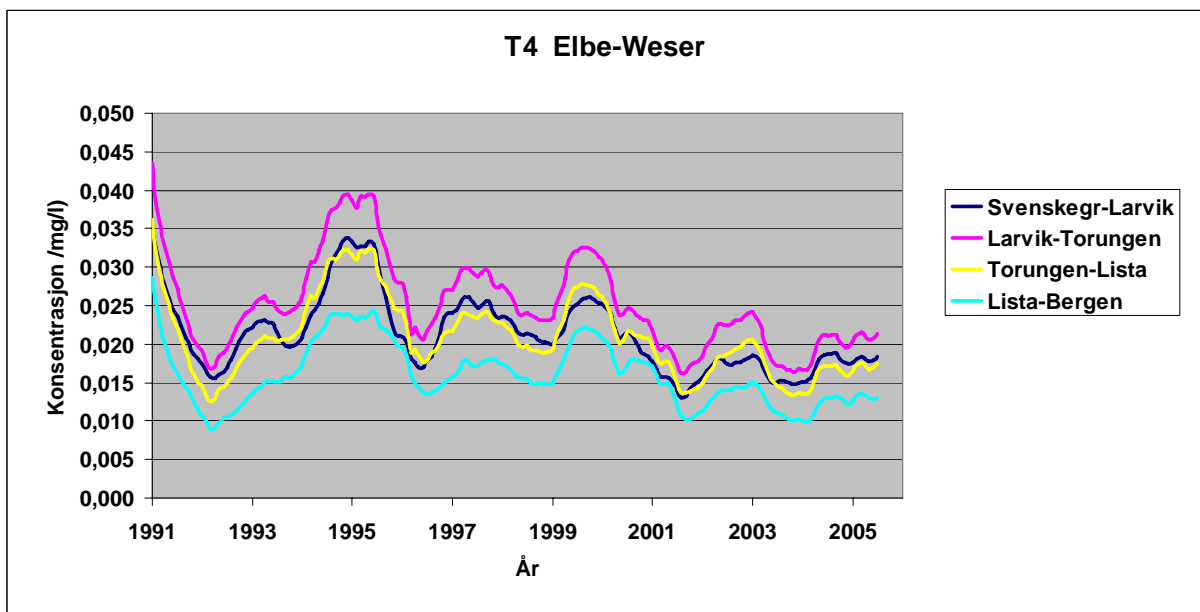
Figur A.8.5. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T1 (fra Baltic, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



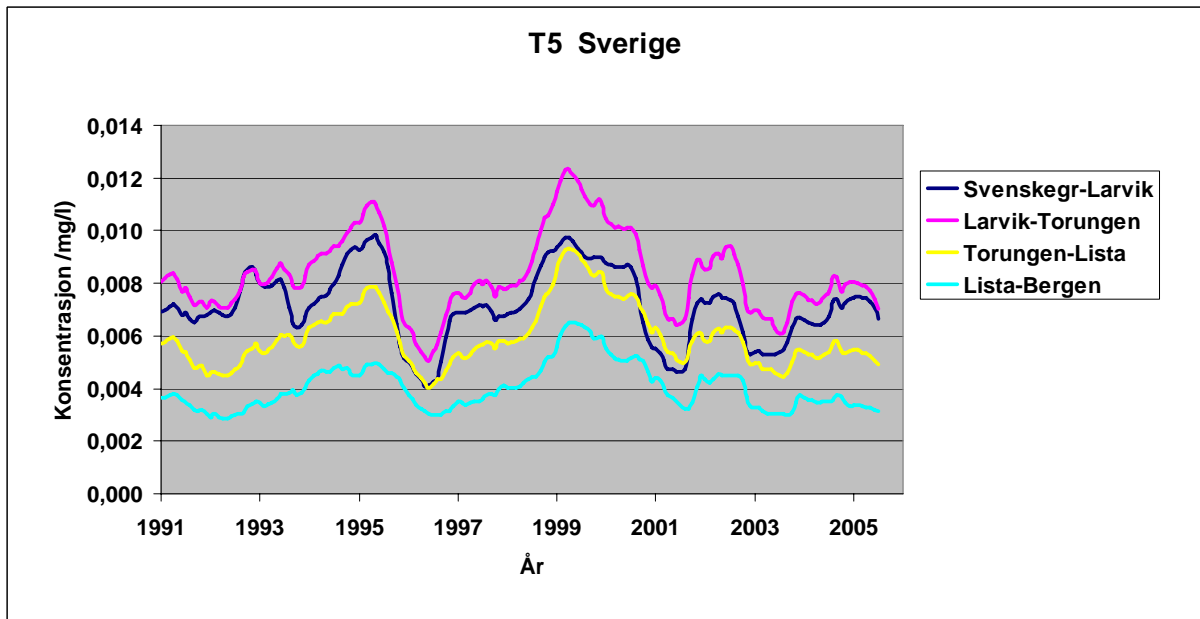
Figur A.8.6. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T2 (fra UK elver, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



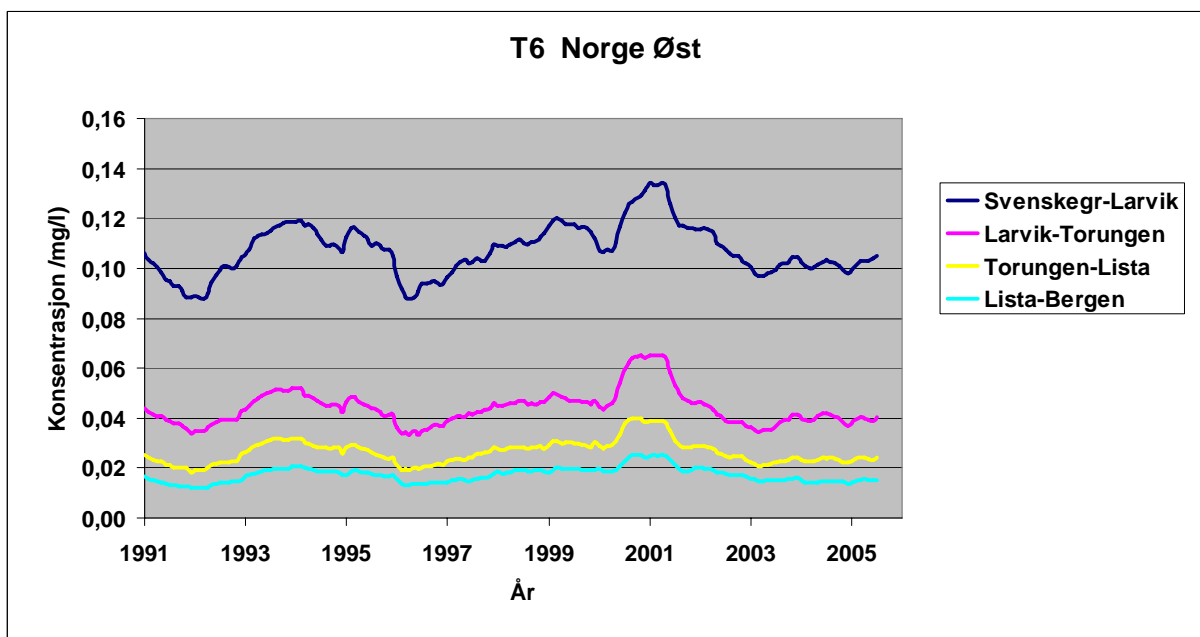
Figur A.8.7. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T3 (fra elver i Belgie-Nederland-Tyskland, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



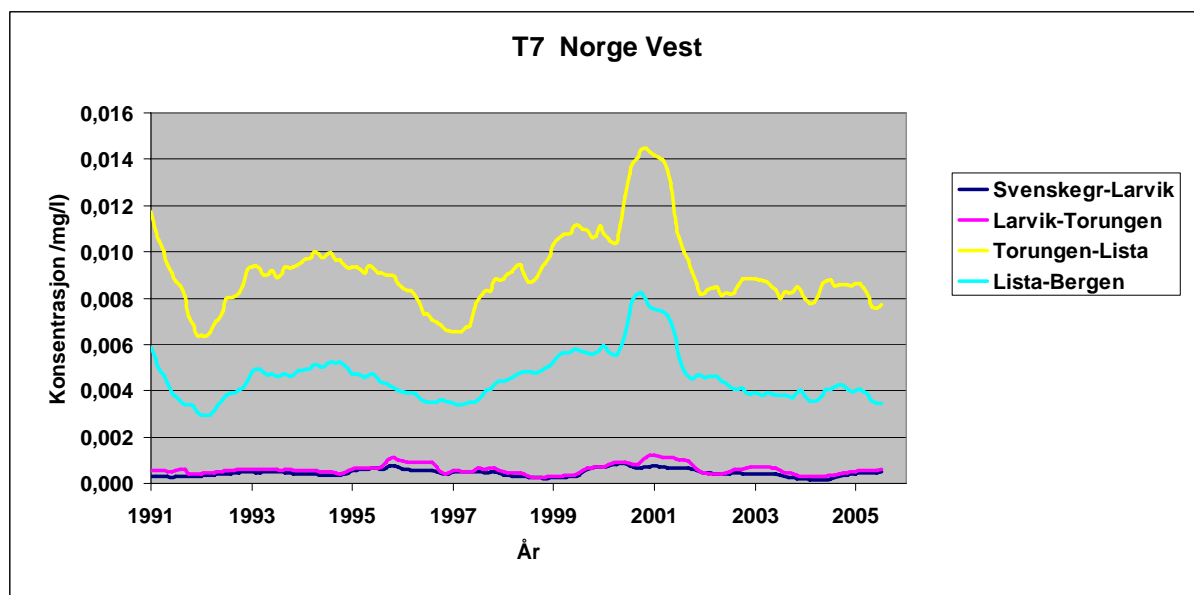
Figur A.8.8. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T4 (fra Elbe og Weser, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



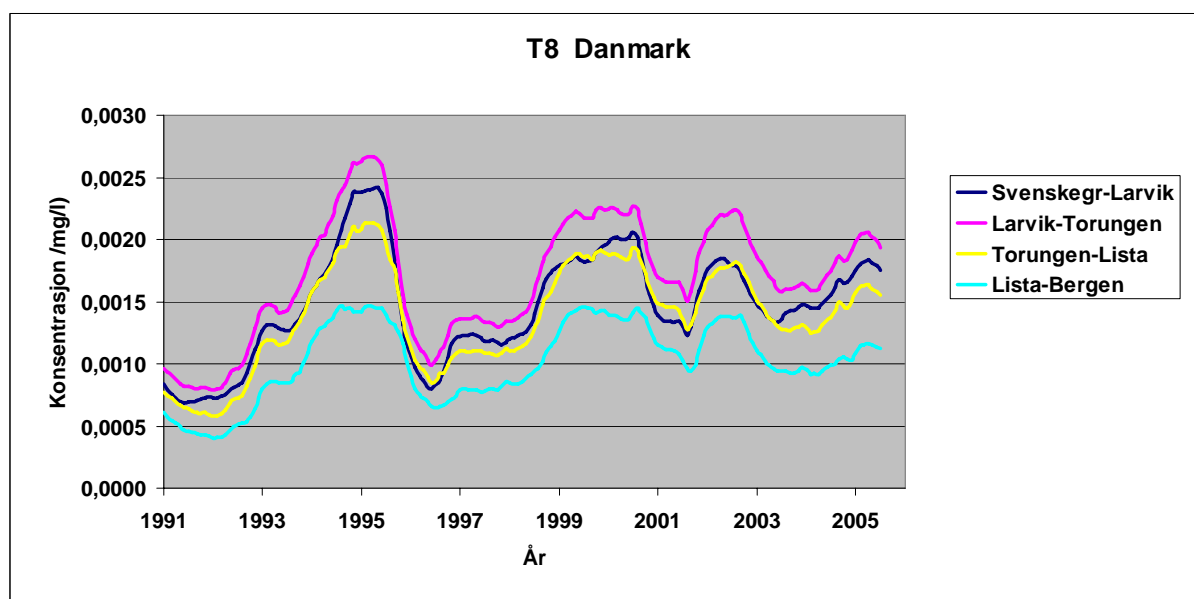
Figur A.8.9. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T5 (fra vestsvenske elver, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



Figur A.8.10. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T6 (fra norske elver øst for Torungen, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



Figur A.8.11. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T7 (fra norske elver vest for Torungen, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.



Figur A.8.12. Modellsimulering av havsirkulasjon. Tidsserier av konsentrasjon av pseudo-N sporstoff T8 (fra danske elver, jfr. tabell A.8.1) ved de fire kyststrekningene. Kurvene er 12-måneders glidende midler av konsentrasjon midlet over alle modellgitterpunkter langs hver kyststrekning og midlet over de øverste 20 m.