



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 678/96

Oppdragsgivere

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning

Overvåking av
Hvaler-Singlefjorden og
munningen av Iddefjorden
1990 - 1994

Sammendrag- rapport



RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel OVERVÅKING AV HVALER-SINGLEFJORDEN OG MUNNINGEN AV IDDEFJORDEN 1990-1994. SAMMENDRAGSRAPPORT.	Løpenr. (for bestilling) 3445-96	Dato 03.12.1996
	Prosjektnr. Undernr. O-95098	Sider Pris 74 kr. 100
Forfatter(e) John Arthur Berge, Aud Helland, Gjertrud Holtan, Jan Magnusson, Frithjof Moy, Kai Sørensen, Brage Rygg, Mats Walday	Fagområde Marinøkologisk	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkingsrapport nr. 678/96. TA nr. 1390/1996)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Ekstrakt. Miljøundersøkelser i Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden utført i perioden 1990-1994 har omfattet følgende elementer: forurensningstilførsler, analyser av overflate og dypvann, fjernmåling, sediment og sedimentfelle studier, undersøkelser av bløtbunnsfauna, gruntvannssamfunn og hardbunnsorganismer på dypere vann samt miljøgifter i organismer. De forandringene en har sett er i all hovedsak positive og har gitt en markant forbedret miljøtilstand i forhold til 80-tallet. Dette skyldes i hovedsak de gjennomførte rensertiltak og de tilførselsreduksjoner som har funnet sted. Milde vintre og atypisk vannføringsprofil kan imidlertid også ha spilt en viss rolle. I sediment ble de største forbedringer observert i perioden frem til 1990. Ytterligere forbedring var liten i perioden 1990-1994. Forbedringer ble observert for bløtbunnsamfunn i hele perioden fra 1980 til 1994. Strandonesamfunnene synes i 1994 å ligge nært opptil hva en kan forvente ut fra naturgitte forhold. Organismene i området fremstod i 1994 som lite til moderat forurenset med klororganiske forbindelser. Et uavklart problem er imidlertid vedvarende høye konsentrasjoner av klorerte fettsyrer i fisk i Iddefjorden. Undersøkellesområdet fremstod på bakgrunn av konsentrasjoner i organismer som lite til moderat belastet med de fleste metaller med unntak av jern og titan. Analyse av disse metaller i blåskjell og blæretang tyder på markert til sterk belastning nær Glommas munning. Målingene av TBT i blåskjell tydet på en klar påvirkning. Forurensningssituasjonen i området er såpass god at det ikke er nødvendig med akutte tiltak. Konsentrasjonen av Tot-N. samt redusert siktedyp, gir imidlertid fremdeles egnethetsbegrensninger på deler av Hvalerområdet til friluftsliv, friluftsbad, rekreasjon samt til fritidsfiske. Potensialet for en forbedret egnethet (kriteriet for Tot-N) ligger i hovedsak i en reduksjon av tilførselene fra landbruket.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Hvaler	1. Hvaler, Norway
2. Forurensning	2. Pollution
3. Overvåking	3. Monitoring
4. Miljøforbedring	4. Environmental improvment


John Arthur Berge
Prosjektleder

ISBN 82-577-2981-7


Bjørn Braaten
Forskningssjef

**OVERVÅKING AV HVALER-
SINGLEFJORDEN OG MUNNINGEN AV
IDDEFJORDEN 1990-1994**

SAMMENDRAGSRAPPORT

Forord

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) utarbeidet NIVA i 1989/1990 et programforslag for miljøundersøkelser i Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden for perioden 1989/1990-1994. Forslaget ble utarbeidet som et høringsutkast og endelig fastlagt i program av 9. mai 1990 (Berge, 1990). På bakgrunn av resultater som fremkom i første del av programperioden (Berge, 1991, Hektoen et al., 1992, Magnusson og Sørensen, 1993 og foreløpige data fra perioden 1989 - 93 ble imidlertid programmet revidert i 1994 (Berge, 1994). Undersøkelsene har vært et ledd i Statlig program for forurensnings-overvåking, administrert av SFT.

En betydelig innsats var planlagt gjennomført ved starten av programmet 1989/90 og ved avslutningen i 1994.

Overvåkingen av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden i perioden 1989 - 1994 har omfattet følgende fagelementer (delprosjektleder er angitt):

- i) Overflate og dypvann, samt fjernmåling (Jan Magnusson)
- ii) Sedimentundersøkelser og sedimentfeller (Aud Helland)
- iii) Bløtbunnsfauna (Brage Rygg)
- iv) Gruntvannssamfunn (Frithjof Moy)
- v) Dykkerundersøkelser (Mats Walday)
- vi) Miljøgifter i organismer (John Arthur Berge)
- vii) Forurensningstilførsler (Gjertrud Holtan)
- viii) Sykdom på skrubbe (Halvor Hektoen).

Administrativ leder for undersøkelsene har vært John Arthur Berge.

SFT har dekket 50% av kostnadene for prosjektet, mens den resterende del er finansiert av Borregaard Industries Ltd. (20%), Kronos Titan A/S (15%), Saugbrugsforeningen (10%) og Peterson Greaker A/S (5%).

På basis av overstående fagelementer ble det ved avslutningen av prosjektet ved årsskiftet 1995 - 96 utgitt følgende rapporter: Berge et al. 1996; Helland, 1996; Holtan, 1996; Magnusson og Sørensen, 1996; Moy og Walday, 1996; Rygg, 1996. I denne rapporten gis et sammendrag av disse rapporter.

Som ledd i kvalitetsikring av rapporten er manus lest og kommentert av Jens Skei.

En del av kartmaterialet i denne rapport er basert på digitale kart fremstilt av SKNS som disponeres med tillatelse nr. D293.

Oslo, 03/12, 1996

John Arthur Berge
prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	10
1.1 Målformulering	11
2. Tilførsler og gjennomførte rensetiltak	12
2.1 Utslipp fra bosetting og kommunale renseanordninger	14
2.2 Tilførsel fra jordbruk og skogbruk	17
2.3 Tilførsler til sjøoverflaten	17
2.4 Utslipp fra industri	18
2.5 Samlede tilførsler	23
3. Miljøtilstand	25
3.1 Overflatevannets kvalitet og oksygenforholdene i dypvannet	25
3.2 Fjernmåling	32
3.3 Partikulært materiale og bunnsedimenter	34
3.4 Bløtbunnsfauna	43
3.5 Hardbunnsundersøkelser	47
3.6 Miljøgifter i organismer	52
3.6.1 Metaller	53
3.6.2 Klororganiske forbindelser	57
3.6.3 TBT (tributyltinn)	61
3.6.4 PAH (polyaromatiske hydrokarboner)	61
4. Oppsummering	63
4.1 Årsaker til forandringer i resipienten	63
4.2 Miljøkvalitet og bruksverdi	64
5. Anbefalinger	69
5.1 Fremtidig overvåking	69
5.1.1 Overflate og dypvann, samt fjernmåling	69
5.1.2 Sedimentundersøkelser og sedimentfeller	69
5.1.3 Bløtbunnsfauna	69
5.1.4 Gruntvannssamfunn og dykkerundersøkelser	70
5.1.5 Miljøgifter i organismer	70
5.2 Eventuelle tiltak	70
6. Referanser	72

Sammendrag

Undersøkelser i Hvalerområdet i 1970 - 80 årene viste klare forurensningspåvirkninger. Nye omfattende miljøundersøkelser i Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden ble utført i perioden 1990-1994, som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. Disse undersøkelser viste at miljøtilstanden totalt sett er blitt vesentlig forbedret, hovedsakelig som en følge av de rensetiltak og de utslippsreduksjoner som har funnet sted.

De forandringene en har sett i resipienten er i all hovedsak av positiv natur og har gitt en markant forbedret miljøtilstand i forhold til begynnelsen av 80-tallet. Dette ses både som en forbedring målt på grunnlag av fysiske/kjemiske miljøparametere i vann og som en påfølgende effekt i biologiske samfunn (bløtbunn og hardbunn) og i innhold av miljøgifter i organismer. Den bakenforliggende årsaken ligger i hovedsak i de ulike gjennomførte rensetiltak og de tilførselsreduksjoner som har funnet sted. Milde vintre og atypisk vannføringsprofil kan imidlertid også ha spilt en viss rolle. På bakgrunn av undersøkelsene som ble gjennomført i 1994 er forurensningssituasjonen i Hvalerområdet og Singlefjorden totalt sett såpass god at det ikke er nødvendig med akutte tiltak.

Tilførslene av Tot-N. og redusert siktedyp er det som ut fra egnethetskriteriene til SFT i dag legger begrensninger på Glommas munningsområde. Dette tilsier at en i første rekke bør styrke tiltak som kan begrense N-tilførsler samt redusere jorderosjon.

Sannsynligvis vil reduserte nitrogentilførsler ikke gi noen vesentlig forbedring av siktedypet i hovedvannmassene innenfor Hvalerøyene. Mest trolig er det menneskeskapt erosjon og de naturgitte forhold som er bestemmende for siktedypet i store deler av Hvalerområdet og dermed påvirker egnethet mest. Singlefjorden er imidlertid i mindre grad påvirket av Glomma. I et område som Hvaler der en har tilførsler fra en stor elv vil en i forbindelse med perioder med flom alltid få et redusert siktedyp. Dette betyr at selv om den menneskeskapt erosjon blir eliminert, så vil et redusert siktedyp fremdeles kunne opptre i Glommas influensområde i flomperioder.

Potensialet for en forbedret egnethet (kriteriet for Tot-N) i Glommas nærområde ligger i hovedsak i en reduksjon av tilførslene fra landbruket, i mindre grad i en reduksjon av N-tilførslene fra kloakk, mens tilførslene av Tot-N fra industrien er ubetydelig.

Tilførsler: Tilførslene av miljøgifter til Hvalerområdet har gått betydelig ned i løpet av perioden 1989 - 1994, delvis som følge av store investeringer i rensetiltak. Tilførsler fra industrien viser at så godt som alle utslipp er betydelig redusert i den siste 10-års-perioden og særlig de siste 5 årene, dvs. etter gjennomførte tiltak ved bedriftene. Tilførselsberegninger viser at Glomma i 1970 som i 1993 var den største bidragsyter både av fosfor og nitrogenforbindelser til fjordområdet. Av totaltilførsler på 535 t fosfor/år (1970) og 554 t fosfor/år (1993) var Glommas bidrag i størrelsesorden henholdsvis 50 og 75 %. Av total N-tilførsler på vel 9000 t nitrogen/år (1970) og vel 15000 t nitrogen/år (1993), ble henholdsvis 75 % og 85 % fraktet med Glomma i 1970 og 1993. Det fremgår videre at de fleste menneskeskapt tilførsler (P, N, org. stoff og miljøgifter) var høyest omkring 1985, men er betydelig redusert i siste 10-års periode, dvs. etter gjennomførte tiltak i avløpssektoren, ved industribedriftene og i jordbruket. Data for tilførsler av persistente organiske miljøgifter til området er mangelfulle.

Overflate og dypvann: Observasjoner er gjort av næringssalter, organisk stoff, planteplanktonbiomasse, siktedyp, partikler og partikulært jern, titan og aluminium, i hovedsak

innsamlet fra overflatevann i 1993-94. Videre er det gjort observasjoner av enkelte næringsalter og oksygen i de dypere vannlag.

Hovedtendensen i områdets tilstand har vært en forbedring i 1993-94 sammenlignet med observasjoner fra 1980-83 og til dels 1990-91. Dette gjelder spesielt organisk stoff (TOC) og siktedyp (partikler), samt jern og til dels også titan. Andre variable som viste svakere tegn på en positiv utvikling var nitrogen (totalnitrogen) og oksygenkonsentrasjonen i dypvannet.

Det var få indikasjoner på lavere konsentrasjoner av planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) og totalfosfor, unntatt i Vesterelva, hvor fosforkonsentrasjonen hadde avtatt. De observerte forandringene skyldes trolig tilførselsreduksjoner, men også naturlige variasjoner kan tenkes å ha betydning for variasjonen i næringsalter og oksygenforhold, ettersom observasjonsmaterialet kun omfatter to perioder med relativt stor tidsavstand. I Hvalerområdet/Singlefjorden varierer flere variable langs en saltholdighetsgradient med de største verdiene ved utløpet av Glomma. Dette gjelder spesielt nitrogen, organisk karbon, totalt suspendert materiale, turbiditet og partikulært aluminium (leirpartikler).

Totalnitrogen var signifikant lavere i 1990-94, sammenlignet med 1980-83. For totalfosfor var det signifikant lavere konsentrasjon i Vesterelva 1990-94, sammenlignet med 1980-83. Organisk karbon (TOC) var signifikant lavere på alle stasjoner i 1990-91 enn i 1980-83, og lavest i 1993-94.

Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens klorofyll-a bare på noen stasjoner viste signifikant lavere konsentrasjon i 1990-94. Planteplanktonproduksjonen innenfor Hvalerøyene synes i hovedsak å være fosforbegrenset. Stasjonen i Ringdalsfjordens munning viste signifikant lavere overflatekonsentrasjoner sommerstid av totalnitrogen, totalfosfor og organisk karbon (TOC) i 1990-94, enn i 1980-83. Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) var mindre i 1993-94. I Ringdalsfjorden er observasjoner fra 1990-91 sammenlignet med tilsvarende fra 1993-94. Det var signifikant lavere overflatekonsentrasjoner av totalfosfor, organisk karbon (TOC) i 1993-94. Siktedypet var signifikant større i 1993-94.

De gjennomgående høyeste konsentrasjoner av nitrogen, fosfor, organisk stoff (TOC) og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) ble i 1993-94 observert i Ringdalsfjorden og denne fjords munning mot Singlefjorden. Derimot var konsentrasjonen av partikkel-avhengige observasjoner, som TSM og turbiditet, høyest i munningen av Glomma (Vesterelva og Østerelva), områder som også hadde gjennomgående lavest siktedyp.

Noe bedre oksygenforhold i de dypere vannmassene i 1990-94 enn i 1980 kan tyde på at den mindre organiske belastningen på området har hatt positiv effekt. Fortsatt er det tidvis lave oksygenkonsentrasjoner nær bunnen i dypområder i Løperen og i Ringdalsfjorden. I Ringdalsfjorden har en imidlertid sett en markert forbedring siden 1970-80 -årene.

Konsentrasjonen av partikulært jern, titan og aluminium i overflatevann sommerstid har generelt avtatt i Løperen fra 1980 til 1990-94. Dette skyldes i vesentlig grad at Kronos Titan A/S i 1988 startet transport av tynnssyre og slam til Langøya utenfor Holmestrand og fra april 1989 ble all slam og tynnssyre transportert for nøytralisering og deponering til Langøya. Dette har ført til en betydelig reduksjon av utslippene av jern og titan. Fortsatt viste imidlertid stasjonen nedstrøms utslippet til Kronos Titan A/S høyere overkonsentrasjoner av jern og titan i 1993-94 enn stasjonen oppstrøms utslippet i Glomma.

Tilstanden i området varierer for overflatevann fra meget dårlig (nitrogen og siktedyp) til god (fosfor). De dårligste forholdene ble observert i Ringdalsfjordområdet og ved utløpet av Glomma og begynnelsen av Løperen. Om vinteren (når kravet til saltholdighet over 15 psu, i større grad er oppfylt), var tilstanden noe dårligere (ca. en tilstandsklasse iht. SFT's miljøkvalitetskriterier) på flere av stasjonene enn sommerstid. Det var få endringer i tilstanden i 1990-94 sammenlignet med 1980-

83, observerte forandringene gikk i retning av en forbedring (ca en tilstandsklasse). Tilstanden for oksygen i 1990-94 i de dypere vannmasser var dårlig til god, med de beste forholdene i Singlefjorden og de dårligste i Løperen og Ringdalsfjorden. Sammenlignet med tilstanden i 1980 var forholdene i 1990-94 1 -2 tilstandsklasser bedre.

Satelittobservasjonene har vist at for en typisk sommersituasjon kan ca 30-40% av arealet innenfor Hvalerøyene ha et siktedyp på <2.5 m mens under en flomsituasjoner kan hele 80-90% av området ha et siktedyp på <2.5 m. Fjernanalysen har vist at stasjonsvalget for overflateobservasjoner stort sett var representativt for området innenfor Hvalerøyene bedømt ut fra siktedyp.

Sedimentfeller: Undersøkelsen av partikulært materiale ble utført ved utplassering av sedimentfeller. Disse stod ute i 5 perioder à ca. 30 dager fra mai til oktober 1994. Prøvene ble analysert for kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), bly (Pb), titan (Ti), total mengde organisk karbon (TOC) og total mengde nitrogen (TN). Sedimentfelleundersøkelsene viste at utløpet av Glomma mottar de største mengdene med partikulært materiale hvilket også gir størst total sedimentasjon av metaller i dette området. Det sedimenterte 20 ganger mer titan ved utløpet av Glomma enn på stasjonen i Singlefjorden. De fleste metallene forekom imidlertid med lavest konsentrasjon ved utløpet av Glomma, pga. stor fortykning med ikke-forurensset materiale. Titan derimot forekom med høyest konsentrasjon ved utløpet av Glomma (moderat forurensset). Konsentrasjonen av de ulike metallene antyder en moderat forurensning (klasse 2), med unntak av kobber som viste markert forurensning (klasse 3) på alle stasjoner. I 1990 forekom også kobber med tilsvarende høye verdier.

Sedimenter: De øvre 0-1cm av sedimentene ble analysert for metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), kvikksølv (Hg), bly (Pb), titan (Ti), sink (Zn) samt total mengde organisk karbon (TOC) og total mengde nitrogen (TN). Også tjærestoffer (polyaromatiske hydrokarboner =PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og andel silt/leire ble analysert. De fleste stasjoner hadde finkornede sedimenter, tilnærmet 100% silt/leire med et innhold av TOC på 2 til 2,5%, hvilket er normalt for kystnære områder. Stasjonene nederst i Glomma og i utløpsområdet hadde mer grovkornet materiale og et lavere TOC innhold. Andelen av terrestrisk organisk karbon var relativt lav og avtok i økende avstand fra Glomma. Sedimenttilveksten lå i intervallet 3-12 mm/år (bly-210 datering).

En stasjon kunne klassifiseres som markert forurensset (klasse 3), øvrige stasjoner var moderat (klasse 2) forurensset av minst fire metaller. Hele området kunne karakteriseres som moderat forurensset med kobber. Kvikksølv forekom med høyest konsentrasjon i Glommas vestre løp (G14). Titan forekom med høyest konsentrasjon i utløpet av Glommas østre løp (G3). Analyse etter oppslutning med flussyre ga høyere konsentrasjoner av spesielt Cr og Ti enn tilsvarende analyser utført etter saltpetersyreoppslutning, også jern og kadmium ga noe høyere verdier. Kobber ga ingen vesentlig forskjell ved de to oppslutningsmetoder.

Den spesielt store forskjellen mellom analyseresultatene for Ti og Fe foretatt på sediment fra G3 etter de to oppslutningsmetoder viser at hovedkomponenter i utslippet fra Kronos Titan A/S er fast bundet i mineralpartikler. Den relativt høye konsentrasjonen viser videre at hovedkomponentene sedimenter eller har tidligere sedimentert i relativt store mengder i munningsområdet. Ser man området under ett førte ikke totaloppslutning av bunnsedimentene til store endringer i klassifisering av miljøkvaliteten. Dette er basert på at miljøkvaliteten i et område ikke er bedre enn den parameteren som gir dårligst miljøkvalitet.

Foreliggende undersøkelse bekrefter bedringen i sedimentet som ble registrert fra 1980 til 1990. Det var imidlertid ikke statistisk signifikante reduksjoner av metaller i bunnsedimentene fra 1990 til 1994.

Analyser av PCB viste moderate overkonsentrasjoner (klasse 2). De høyeste verdiene ble registrert ved utløpet av Glomma. I 1983 ble det påvist høye konsentrasjoner av PCB i området, med mistanke om at Øraområdet kunne være en mulig kilde. Dette ble ikke verifisert i 1990. Undersøkelser av partikulært materiale i vannmassene under flommen i 1995 viste også en betydelig transport av PCB med vannet ved utløpet av Glomma og høye konsentrasjoner ved Torbjørnskjær. Dette reiser igjen spørsmålet om det finnes en kilde til PCB i munningsområdet av Glomma.

Analyser av PAH på 2 stasjoner viste uendrede nivåer siden undersøkelsene i 1990. Konsentrasjonene ligger fortsatt på samme nivå som utenfor øyene.

Bløtbunnsfauna: Undersøkelser i 1980-1990 viste at bløtbunnsfaunaen i indre Hvaler var artsfattig og dominert av arter som tåler betydelig forurensning. I 1990 var tilstanden bedre enn i 1980-82 på enkelte stasjoner.

I 1994 ble det samlet inn prøver fra de samme 18 stasjonene som i 1990. Sedimentene besto av leire og silt. Verdiene for totalt organisk karbon og nitrogen var normale. På stasjonene i indre Løperen var tilstanden for bløtbunnsfaunaen betydelig forbedret i tidsrommet 1980-1994. På stasjonene i området mellom Løperen og Singlefjorden var det også en tydelig forbedring. I de andre delene av undersøkelsesområdet (ytre Løperen, Leira vest for selve Hvaler, samt Singlefjorden med randområder) var faunaen tilnærmet normal i både 1980- og 1990-årene. Det er nærliggende å anta at bedringen i faunatilstanden i indre Hvaler i 1990 og særlig i 1994 skyldes reduserte forurensningstilførsler, men den kan også skyldes årrekken med lave flomtopper og derav liten utspyling og liten nedslamming på bunnen.

Hardbunnsorganismer: Tidligere undersøkelser av fastsittende alger og dyr på hardbunn i Hvaler området (1980-82) viste klare forurensningspåvirkninger, og områdene ved Glommas munning og øvre deler av Løperen ble karakterisert som sterkt forurenset. Basisundersøkelsen av hardbunnsorganismer i 1980-1982 viste at strandsone-samfunnene i Hvaler området var svært fattige og at flere arter var fraværende fra strender hvor de naturlig skulle forventes å leve ut fra naturgitte forhold.

Undersøkelser i 1992-1994 på 30 av de samme stasjoner som inngikk i basisundersøkelsen, har vist en signifikant forbedring i miljøtilstanden, ved en signifikant økning i artsantall og arters forekomst og utbredelse. 2-4 år etter at forurensningsbegrensende tiltak ble iverksatt, har strendene blitt renere og for enkelte lokaliteter har antall arter blitt mer en fordoblet. Strandsonensamfunnene synes nå å ligge nært opptil hva en kan forvente ut fra naturgitte forhold.

Det kan konkluderes med at lav salinitet og partikkelskuring fra elvevannet ikke var hovedårsak til den tidligere fattige flora og fauna i Hvaler estuarier, men negative følger av tidligere industriutslipp. Med hensyn på vannkvalitet og biologisk mangfold, har Hvalerestuarier gjennomgått en signifikant forbedring takket være de tiltak som nå er gjennomført i området

Miljøgifter i organismer: Metaller, tributyltinn, klororganiske forbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er analysert i organismer (blæretang, blåskjell, taskekrabbe, torsk, ål) innsamlet fra Hvalerområdet i 1994. Analyser av klororganiske forbindelser viste en meget positiv utvikling i Hvalerområdet de siste 5 år. Det var særlig på stasjoner der en observerte de høyeste konsentrasjoner i 1989 at de største reduksjoner ble registrert og alle stasjoner fremstod i 1994 som lite til moderat forurenset med klororganiske forbindelser. Et uavklart problem er imidlertid vedvarende høye konsentrasjoner av klorerte fettsyrer i fisk fra Iddefjorden som krever oppfølgende undersøkelser. PAH, dioksiner og furaner utgjør ikke noe miljøproblem innefor Hvalerøyene. Fordøyelseskjertlen til taskekrabbe synes å ha et høyt innhold av kadmium. Målingene av TBT i blåskjell tydet på en klar påvirkning i hele området.

Undersøkelsesområdet fremstod på bakgrunn av konsentrasjoner av miljøgifter i organismer som lite til moderat belastet med de fleste metaller med unntak av jern og titan. Mest påvirket av jern og titan

var blæretang og blåskjell i området nær Glommas munning (markert til meget sterkt forurenset). Tilførselene fra Kronos Titan A/S kan således fremdeles spores som overkonsentrasjoner både i vann, alger og blåskjell på enkelte stasjoner.

1. Innledning

Vannmassene i Hvalerområdet er karakterisert av påvirkningen fra Glomma. Dette gir et ferskt overflatelag som varierer i tykkelse med sesong og avstand fra Glommas munning. Glomma fører i perioder med seg store mengder løsmateriale som avsettes utover fra elvas munning. Deler av dette avsettes først i nedre del av elva og spyles ut i flomperioder. Partikulært materiale og vann vil også kunne inneholde forurensninger som er tilført via Glomma eller andre tilførselskilder i området. Under overflatelaget er forholdene mer marine. Transporten av ferskvann fra Glomma ut i Hvalerområdet genererer en estuarin sirkulasjon hvor ferskvannet gradvis oppblandes med underliggende sjøvann og saltholdigheten i overflatelaget øker med avstanden fra Glommas munning. Under det utstrømmende brakkvannet dannes en inngående kompensasjonstrøm med sjøvann fra området utenfor Hvaler. Den variable tykkelsen på ferskvannslaget, den estuarine sirkulasjonen og transporten av løsmaterialet og menneskeskapte forurensninger anses som viktige faktorer for utviklingen av miljøforholdene i Hvalerområdet.

NIVA gjennomførte tidlig i 1970-årene undersøkelser i Hvalerområdet som viste klare forurensningspåvirkninger (Knutzen og medarb., 1974). Dette ble stadfestet i NIVA's Hvalerundersøkelse i perioden 1980 - 1983 (Skei, 1984). Disse undersøkelsene omfattet vannmassene, bunnen og biologiske forhold. Betydelige forurensningseffekter ble påvist, og Glommas munningsområde, Øra-området og øvre deler av Løperen ble karakterisert som sterkt forurenset. Undersøkelser av sedimenterende materiale og bunnsedimenter i 1990 viste at miljøforholdene i sedimentet hadde forbedret seg siden 1980 (Hektoen et al., 1992). Undersøkelsene viste også at en hadde de høyeste metallkonsentrasjoner i sediment avsatt på 1960 - 70 tallet (Hektoen et al., 1992). I overflatesediment i Iddefjorden har innholdet av en rekke metaller blitt markert redusert siden undersøkelsene i 1977.

Undersøkelser i 1980 og 1982 viste videre at bløtbunnsfaunaen i indre Hvaler var artsfattig og dominert av arter som tåler betydelig forurensning (Rygg 1983; 1984). Undersøkelsene av bløtbunnsfaunaen i 1990 (Hektoen et al. 1992) viste markert til sterk forurensningspåvirkning i nordlige del av Løperen, moderat påvirkning i midtre del, og liten påvirkning i sørlige del av Løperen. På to av stasjonene var tilstanden bedre i 1990 enn i 1980-82, men lokale stedsgradier eller naturlige variasjoner i det estuarine systemet kunne også være forklaringer på forskjellene.

En relativt omfattende undersøkelse av innholdet av miljøgifter i organismer fra Hvaler-Kosterområdet ble gjennomført i 1989 (Berge, 1991). Undersøkelsen viste at kystområdet utenfor Hvalerøyene var lite til moderat belastet med metaller, klororganiske forbindelser og polyaromatiske forbindelser. Tydelige miljøgiftproblemer ble imidlertid avdekket innenfor Hvalerøyene og spesielt ved munningen av Glomma. En metallpåvirkning kunne spores i blåskjell og blæretang langs Glommavannets hovedløp, og innholdet av HCB, PCB, DDT i fisk lå over bakgrunnsnivå på stasjoner nær Glommas to utløp.

Det har skjedd en rekke endringer i forurensningsbelastningen i Glomma-regionen de siste årene som følge av industriens investeringer i rensetiltak og igangsetting av flere kommunale renseanlegg. Landbrukets bidrag av næringsalter til Glomma var også forventet å bli redusert.

Totalt har belastningen av forurensning på Hvalerområdet gått betydelig ned både i løpet av 80-tallet og i perioden 1989 - 1994. En burde derfor forvente en gunstig effekt på Hvalerområdet. Det var

derfor viktig å foreta undersøkelser med tanke på å registrere endringer i miljøkvaliteten i nedre Glomma og Hvaler - Singlefjord-området.

1.1 Målformulering

SFT har gitt følgende målformulering for programmet i uprioritert rekkefølge:

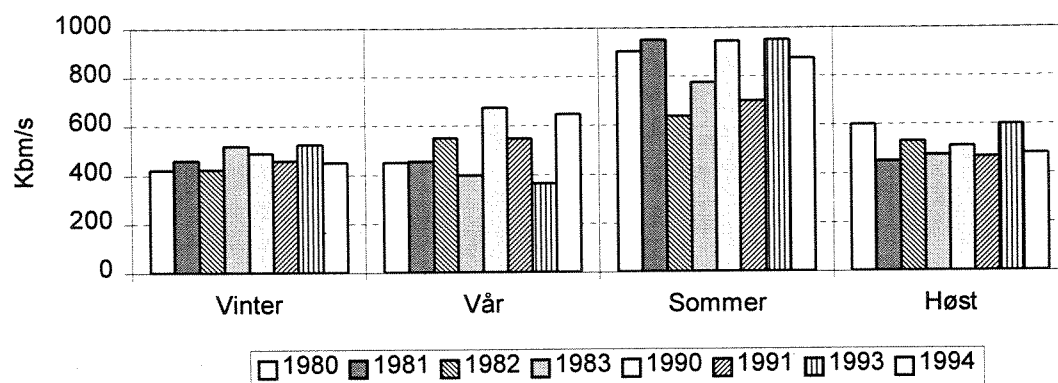
1. En beskrivelse av resipientens miljøtilstand. Undersøkelsen skal utformes slik at resultatene kan danne grunnlag for å foreslå tiltak.
2. Resipientens miljøkvalitet knyttes til egnethet for forskjellig bruk av området, jfr. vannkvalitetskriterier.
3. En ønsker en vurdering av de forskjellige forurensningskomponenters påvirkning av miljøkvaliteten og bruksverdien (jfr. vannkvalitetskriterier) i området. Hvilke forurensningskomponenter forringer miljøkvalitet og bruksverdi (jfr. vannkvalitetskriterier) mest? Hvor mye må de reduseres for å oppnå en gitt miljøkvalitet og bruksverdi.
4. Å vurdere eventuelle miljøforbedringer og forandringer av bruksverdi i perioden 1990 til 1994. Forandringer i miljøkvalitet siden den forrige undersøkelsen i 1980 - 83 skal også kartlegges.

2. Tilførsler og gjennomførte rens tiltak

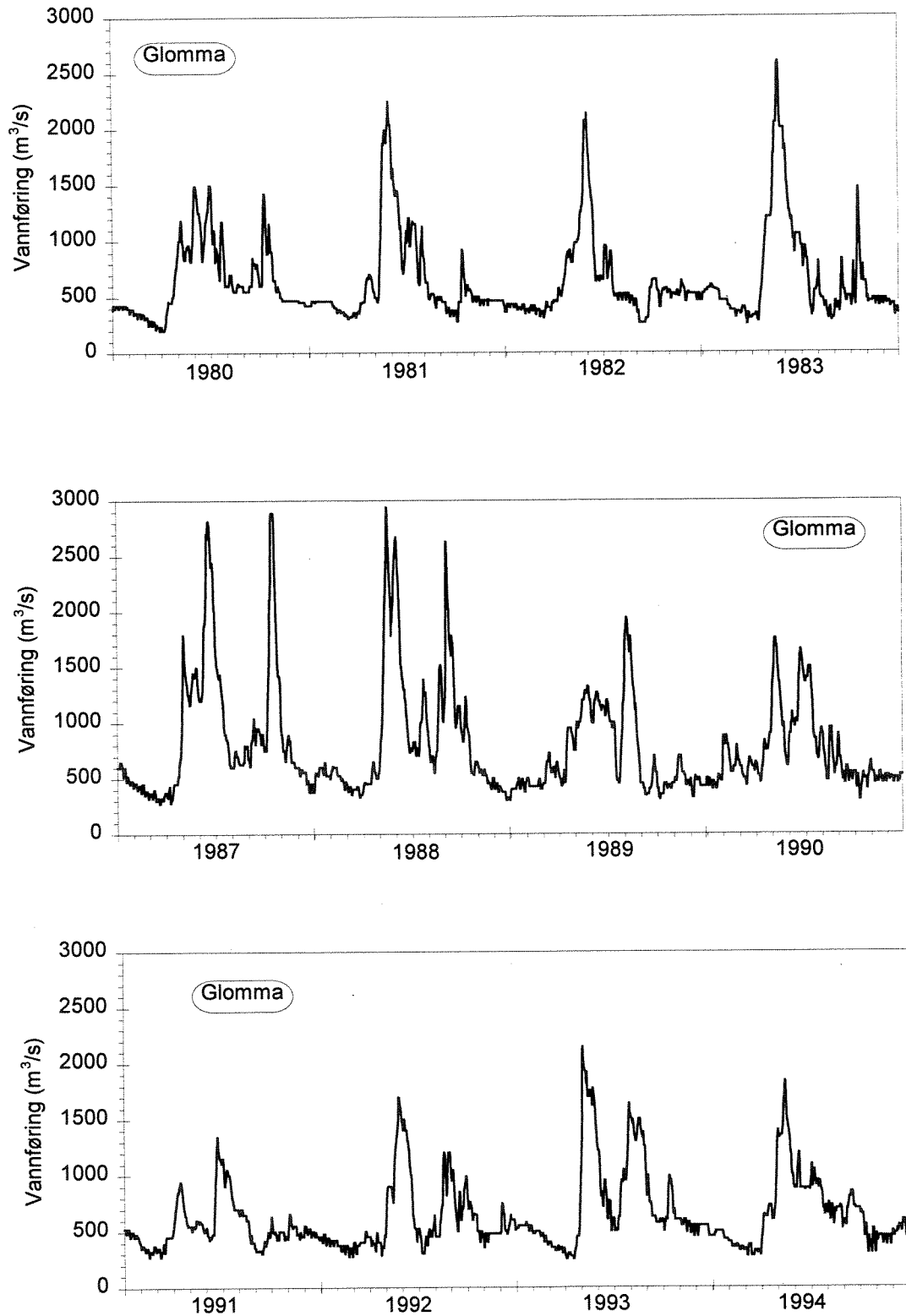
En må anta at nøyaktigheten av tilgjengelige tilførselsdata for flere komponenter er relativt begrenset (særlig noe bakover i tid). Til tross for usikkerhet, antas tilførselsberegningene likevel å gi et omtrentlig bilde av situasjonen/utviklingen i området fra ca. 1970 og fram til idag (1993). Datagrunnlaget er best for næringssalter og metaller og det foreligger ikke tilsvarende historisk informasjon over tilførsler av enkeltforbindelser/hovedgrupper av organiske miljøgifter (eksempelvis HCB, PCB, DDT, dioksiner/furaner, PAH) til Hvalerområdet, med unntak for HCH (Lindan).

Glomma er med sin store vannføring (figur 2) (middelvannføring ved munningen: ca. 710 m³/s.) en naturlig hovedresipient for Sarpsborg og Fredrikstad. Tista (middelvannføring: ca 19 m³/s) og Iddefjorden er hovedresipienter for Halden. Enningdalselva (middelvannføring: ca 12 m³/s) har utløp innerst i Iddefjorden.

Vannføringen i Glomma varierer betydelig gjennom året og mellom de ulike år (figur 2, figur 1). Varme vintre gir vanligvis litt økt vannføring i vintermånedene, og flomtoppene blir ikke like kraftige om våren (f.eks. 1990-1991). Sommersesongen har den største vannføring (figur 1). Normalt vil Glomma ha en flom i forbindelse med snøsmeltingen i lavlandet (lavlandsflom) som starter tidligere enn den store flommen som følger snøsmeltingen i fjellet.



Figur 1. Medianvannføring i utvalgte år fordelt på sesonger (vinter = des. - feb., vår = mar. - mai, sommer = juni-august, høst = sep.- nov.)



Figur 2. Vannføring (m³/s) i Glomma 1980-83, 1987-1990 og 1991-1994

2.1 Utslipp fra bosetting og kommunale renseanordninger

Befolkningstettheten i området er høy etter norske forhold. Betydelige deler av kystsonen er også preget av tettbebyggelse. Utenom tettbebyggelsen er det også lokalisert enkelte større bedriftsarealer knyttet til sjø/elv.

Folketallet i området har i perioden 1970 til 1990 økt noe, men ikke vært i særlig vekst (tabell 1). Folketallet i tettbygde strøk har også vært relativt stabilt, og utgjorde i 1970 i underkant av 112.000 (83%) og i 1990 vel 118.000 (85%). Arealbehov knyttet til bosetting - særlig i tettbebyggelsene - har likevel vært økende, og tendensen synes å vedvare. Antall husholdninger med bad og WC har økt mer enn folketallet i perioden (tabell 1).

Tabell 1. Folketall og andelen husholdninger med bad og WC i statistikkområdet (etter Holtan 1996)

Årstall	Folketall	Andel av husholdningene med bad (%)	Andel av husholdningene med WC (%)
1970	135000	79	77
1990	140000	93	95

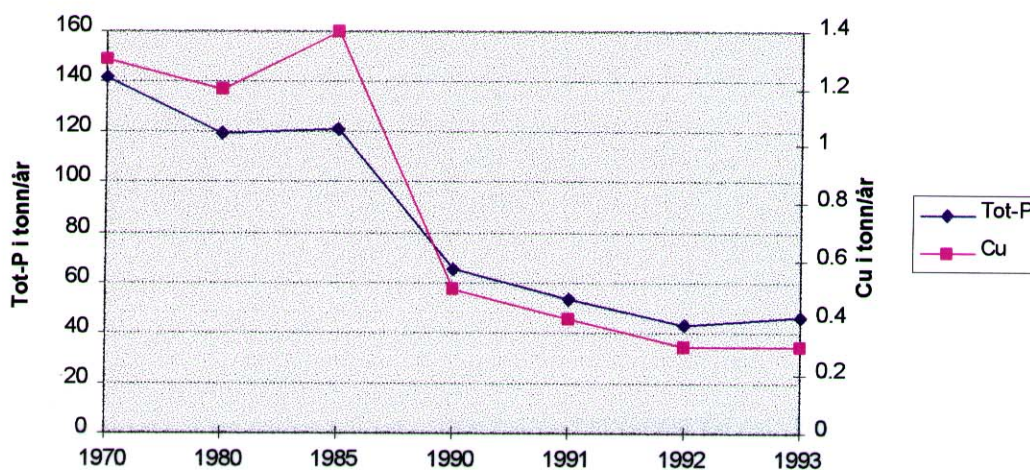
Før 1980 var få og enkle kommunale kloakkrenseanlegg i drift. Først ute med moderne renseanlegg (mekanisk/kjemisk) var Halden. Anlegget sto driftsklart i 1979, dimensjonert for 28.000 personekvivalenter (p.e.). Allerede i 1980 var 16.000 p.e. tilknyttet, i 1993 vel 23.000, dvs. en økning i tilknytningsgrad fra ca. 70 til 84%.

Alvim renseanlegg (nedstrøms Sarpsfossen) var det neste store, moderne anlegget som kom i drift (1989). Anlegget behandler avløpsvann fra Sarpsborgdistriktet. Dette er også et mekanisk/kjemisk anlegg, men med mulighet for utvidelse til biologisk rensing senere. Anlegget er dimensjonert for 60.000 p.e. I 1990 var 34.150 p.e. tilknyttet, i 1993 vel 51.350 p.e., dvs. en økning i tilknytningsgrad fra ca. 60 til 80%.

Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg (FOA, nå FREVAR) på Øra var forutsatt som et simultanfellingsanlegg (mekanisk/kjemisk/biologisk), men det biologiske rensetrinnet er utsatt inntil videre. Anlegget er dimensjonert for 120.000 p.e. og var driftsklart i 1989. Ved årsskiftet 1989/90 var vel 43.700 p.e. (67%) i tettbebyggelsene i Fredrikstad og omkringliggende områder tilknyttet. I 1993 var ca. 59.500 p.e. tilknyttet, dvs. en tilknytningsgrad på 93.7%.

I Hvaler kommune er rensing av avløpsvannet ennå basert på slamavskillere/mekanisk rensing. I følge nye/endrede utslippstillatelser fra februar 1995 skal avløpsvannet fra flere av tettstedene (tilsammen ca. 1850 p.e.) overføres til FREVAR (fra 1997 til år 2000), mens øvrige del av befolkningen inntil videre beholder nåværende renseanordning.

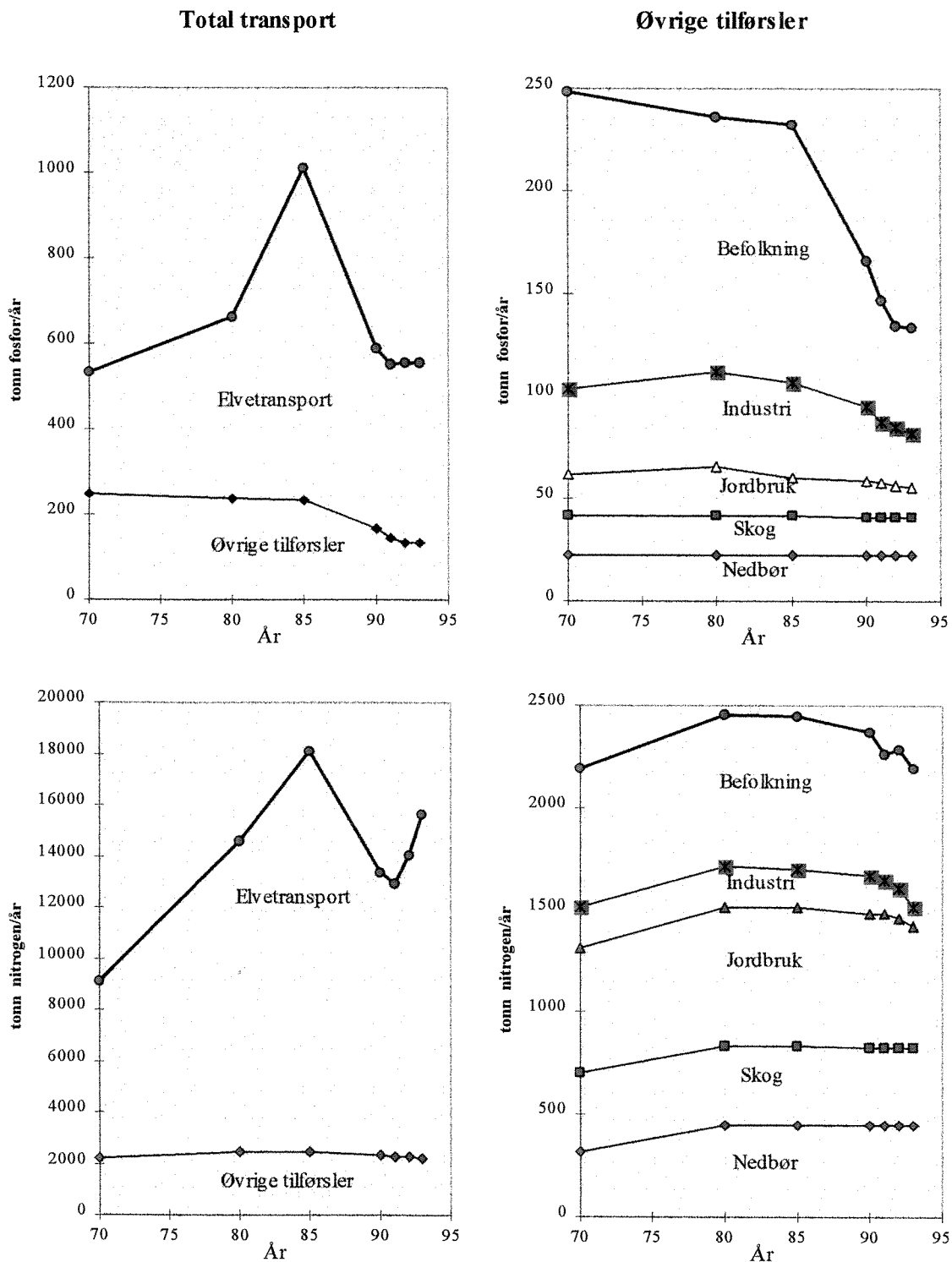
Av figur 3 fremgår at tilførslene av fosfor i avløpsvannet er sterkt redusert etter at nye og moderne renseanlegg kom i drift (omkring 1989). Elvetransport gir imidlertid det største bidraget av fosfor (P) til området (figur 4, tabell 1). Også kobber viser samme forløp (figur 3). Øvrige metaller i avløpsvannet følger hovedsakelig kobberutslippet. Nitrogentilførsler i avløpsvannet har avtatt langt mindre enn fosfor (figur 4).



Figur 3. Tilførsler av fosfor og kobber i avløpsvann fra befolkningen i Halden-, Sarpsborg- og Fredrikstadorrådet.

Mht. fritidsboliger skjedde det en utstrakt hyttebygging i Østfold i 1950-60-årene, dvs. før kommunen hadde noen særlig innflytelse på utviklingen. Konsekvensene av dette førte til en meget restriktiv holdning, slik at det i etterfølgende år omtrent ikke ble bygget hytter. I 1980 var det ca. 1.500 hytter i Halden-distriktet og ca. 13.000 i Nedre Glommaregionen, hvorav følgende i kystnære områder: 4.400 hytter på Hvaler, 3.000 i Skjeberg, vel 400 i Borge, 785 i Kråkerøy og 2.800 i Onsøy kommuner. Bare hytter med innlagt vann inngår i forurensningsbudsjettet, og er medregnet i tilførsler fra befolkning for P og N i figur 4.

Enkelte kystkommuner i Østfold hører til de områder som har sterkest konsentrasjon av fritidsbåter. Båtinteressen er stor både blandt hytteeiere og fastboende. Mens erfaringstall fra slutten av 70-årene viste at hver annen hytte ved kysten hadde båt, antar man at det i dag hører minst en båt til de fleste kysthytter. En god del av båtene er utstyrt med toaletter med direkte utslipp til sjøen. Evt. forurensning fra avfall og toaletter inngår ikke i forurensningsbudsjettet (figur 4).



Figur 4. Tilførsler av fosfor og nitrogen 1970-93 til Iddefjorden og Hvaler-Singlefjorden. I figurene til venstre vil "elvetransport" si summen av målt/beregnet tilførsel for Enningdalselva ved svenskegrensen og Glomma ved Sarpsborg. "Øvrige tilførsler" dekker elvetransporten nedstrøms målepunktene og andre tilførsler som er teoretisk beregnet for kommunene langs fjorden. I figurene til høyre er "øvrige tilførsler" splittet opp i bidragene fra de enkelte kilder.

Tabell 2. Observerte/teoretiske tilførsler i 1993 (tonn/år).

A: Tilførsler med Glomma ved Sarpsfoss i 1993.

B: Totale tilførsler til Hvaler/Singlefjorden i 1993 (tilførsler via Enningdalselva og nedbør på sjø er ikke medregnet).

A

	I alt	Skog og andre naturområder		Landbruk		Kloakk		Industri	
		t/år	%	t/år	%	t/år	%	t/år	%
Tot-P	417	208	50	159	38	48	11.5	2	0.5
Tot-N	13265	5544	41.8	6235	47	1459	11	27	0.2

B

	I alt	Skog og andre naturområder		Landbruk		Kloakk		Industri	
		t/år	%	t/år	%	t/år	%	t/år	%
Tot-P	528,4	226,8	43	173,8	33	99,7	19	28,1	5
Tot-N	15004	5919	39	6832	46	2136	14	117	1

2.2 Tilførsel fra jordbruk og skogbruk

Forurensning fra jordbruket (se figur 4, tabell 1) består av avrenning fra dyrket mark og lekkasjer fra siloer og gjødselanlegg (punktutslipp). Jordbruksarealet har i perioden 1969 til 1989 vært omtrent uforandret (ca. 219 km² i 1969 og ca. 213 km² i 1989), men driftsmåten har i betydelig grad skiftet karakter fra husdyrhold til korndyrking. I 1969 var åkerandelen 74%, i 1989, 92%. Fosfortilførslene var ca. 20 tonn/år i 1970, ca. 24 tonn i 1980 og har avtatt jevnt til ca. 14.5 tonn/år i 1993. Mht. nitrogen ble tilførselen for 1970 beregnet til vel 600 tonn/år, økte frem til 1990 (656 tonn/år), og har avtatt de siste år slik at nitrogentilførselen fra jordbruket nå er på 1970-nivå, dvs. i 1993 i underkant av 600 tonn/år. Dette antas å ha sammenheng med tiltakene som er gjennomført i de senere år for å minske jordbrukets bidrag til vann-forurensningen (bl.a. sanering av punktutslipp, bortfall av tilskuddsordning til bakkeplanering og nye forskrifter for lagring og spredning av husdyrgjødsel).

Produktivt skogareal har økt noe i området, dvs. fra vel 580 km² i 1967 til ca. 650 km² i 1989. Fosfortilførselen fra skog og andre naturområder (utmark og nedbørtilførsler på ferskvann) har ifølge våre beregninger ligget i samme område i perioden 1970 - 1993, dvs. for året 1970 beregnet til 19.3 tonn/år, for året 1993 til 18.8 tonn/år. For nitrogentilførselen er det beregnet en viss reduksjon, fra 386 tonn/år i 1970 til 375 tonn/år i 1993 (se også figur 4).

2.3 Tilførsler til sjøoverflaten

Tilførsler via nedbør på sjøoverflate (saltvann) er beregnet for fosfor, nitrogen, organisk stoff som BOF₇ og TOC og enkelte metaller. Det antas at tilførslene av P, BOF₇ og TOC har vært stabile over hele perioden. For N-tilførslene antas en økning fra 1970 til ca. 1980, og at de deretter har vært stabile. For tilførsler av de fleste tungmetaller er det beregnet en nedgang de senere år (fra ca. 1985). Fosfor- og nitrogenbidraget via nedbør er vist i figur 4.

2.4 Utslipp fra industri

Industribedriftene er delt i 3 grupper:

- A: Ikke konsesjonsbehandlede bedrifter (ingen oversikt over utslipp)
- B: Konsesjonsbehandlede bedrifter med relativt lite bidrag til den totale forurensningen og med utslipp som stort sett går over kommunale nett.
- C: Konsesjonsbehandlede bedrifter med relativt stort bidrag til den totale forurensningen.

Gruppe B består av ca. 40 bedrifter. Utslippsmengdene fra denne gruppen utgjør få prosent av de enkelte forurensningskomponenter, alle tilførselskildene sett under ett og er derfor ikke behandlet spesielt.

Gruppe C består av Saugbrugsforeningen A/S (Saugbrugs) i Halden, Borregaard Industries LTD. (Borregaard) i Sarpsborg, Peterson Greaker A.S (Greaker) i Greaker samt de tre bedriftene Kronos Titan A/S (Kronos), Norsk Fett og Limindustrier og A/S De-No-Fa og Lilleborg Fabriker (Denofa), alle i Fredrikstad.

Treforedling var blandt de første bransjer som ble konsesjonsbehandlet, stort sett i første halvdel av 70-tallet. De opprinnelige utslippstallene omhandlet først og fremst grenser for utslipp av suspendert stoff (SS) hovedsakelig i form av fiber. De tre bedriftene (Saugbrugs, Borregaard og Greaker) fikk sine konsesjoner revidert i 1988-89. I tillegg til grenser for utslipp av suspendert stoff, stilles det nå for nevnte bedrifter vilkår for utslipp av oppløst organisk stoff (KOF) og klororganiske forbindelser (AOX). Utslippstallene for de enkelte år viser at utslippene av AOX, KOF og SS er redusert betydelig fra 1980/85 til 1993, særlig de siste år (figur 5). Nedleggelse av cellulosefabrikken til Saugbrugsforeningen i 1991 og oppstart av ny papirmaskin med tilhørende renseanlegg i 1993 medførte klare reduksjoner i utslipp av AOX, KOF og SS til Iddefjorden (Figur 6).

Tilførsler av adsorbent organisk halogen (AOX) fra industri til Glomma fra Sarpsborg og nedover har imidlertid vært relativt stabile i perioden 1991 til 1994. Konsentrasjoner av pestisidet lindan i både Tista og Glomma har gått ned i perioden 1990 - 1993 (Holtan, 1996), henholdsvis til ca. 20 - 30% av opprinnelig nivå. En viss tilførsel av langtransporterte forurensninger via atmosfæren må imidlertid også påregnes.

Nedgangen i utslipp av KOF vil kunne gi bedre oksygenforhold (spesielt i dypområdene), nedgang i SS vil kunne bedre siktedypet.

De samlede industriutslipp av metaller ses i figur 7 til figur 9. For alle metallene ble det observert tildels betydelige utslippsreduksjoner frem til begynnelsen på 1990-tallet. Imidlertid bidrar også de relativt store vannvolumene som Glomma transporterer til at massetransporten av metaller naturlig også er betydelig for en del metaller (tabell 3).

Tabell 3. Massetransport av Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg i Glomma ved Sarpsfoss i 1993 (etter Holtan, 1996) og av Fe ved Sarpsfossen i 1983 (beregnet på bakgrunn av data fra Lingsten, 1984).

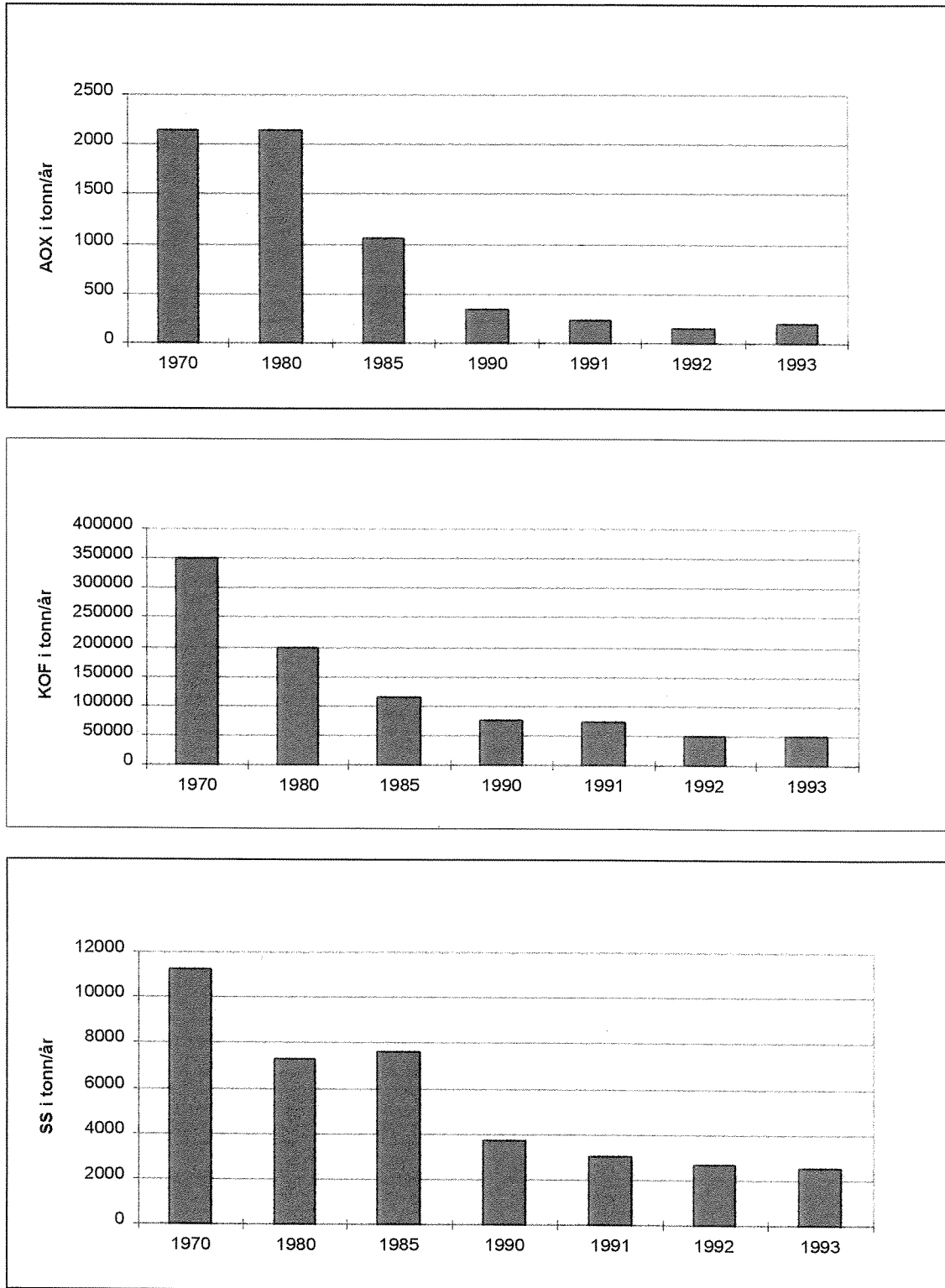
Metall	Massetransport	Metall	Massetransport
Cu (t/år)	56.4	Cr (t/år)	21.2
Zn (t/år)	127.5	Hg (kg/år)	80.6
Cd (t/år)	0.92	Fe (t/år)	6500*
Pb (t/år)	11.5		
Ni (t/år)	31.1		

*Antyder størrelsesorden.

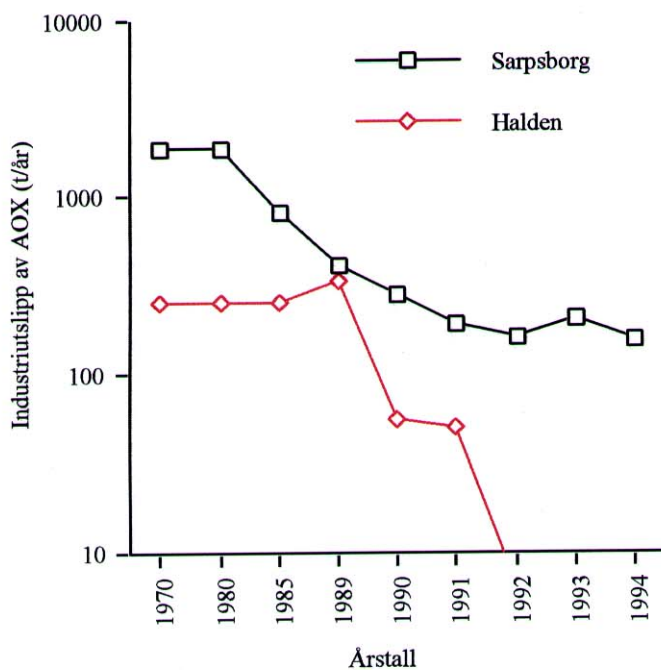
Klor-alkaliefabrikken ved Borregaard har fra 1977 konsesjon på utslipp av 40 kg kvikksølv i året (reduisert til ca. 10 kg i 1991). Utslippstallene fra 1987 og fremover ligger lavere enn konsesjonskravet og varierer i perioden mellom 3 og 26 kg/år, de senere år (1991 -1994) mellom 2.5 og vel 6 kg/år. Det relativt høye utslippet av kvikksølv i 1985 (figur 9) skyldes et uhell ved Borregaard.

Kronos Titan A/S (Kronos) har idag konsesjon på produksjon av 30.000 tonn titandioksyd i året. Fra 1974 og fram til årsskiftet 1989-1990 hadde bedriften konsesjon på utslipp av 47.000 tonn jernsulfat/år, 42.000 tonn svovelsyre, 7.300 tonn magnesiumsulfat, 2.200 tonn titandioksyd, 23.7 tonn krom, 73 tonn vanadium, 115 tonn mangan og 3.640 tonn slam pr. år. I 1988 startet bedriften transport av tynnnsyre og slam til Langøya og fra april 1989 ble alt slam og tynnnsyre transportert for nøytralisering og deponering til Langøya utenfor Holmestrand. Dette har ført til en betydelig reduksjon av utslippene av jern og titan (figur 7).

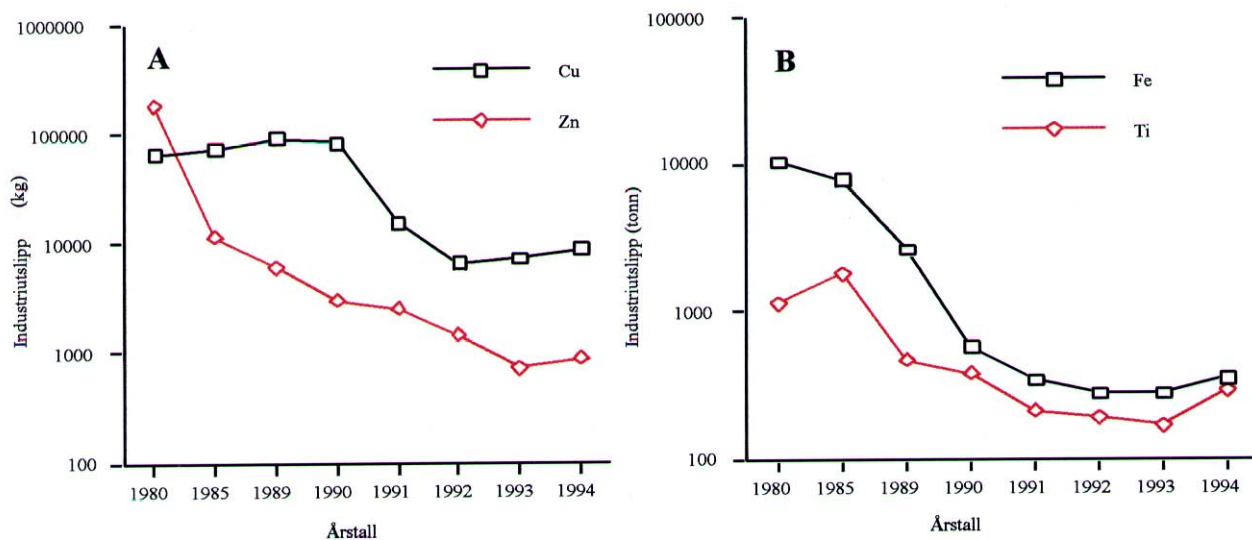
Norsk Fett og Limindustrier har konsesjon fra 1983 på utslipp av organisk materiale (målt som KOF og BOF₇), suspendert stoff og fettstoff. Fram til 1987 gikk bedriftens utslipp ut i Skinnerflo, og etter det via kommunalt ledningsnett ut i Østerelva inntil FREVARs renseanlegg på Øra var driftsklart og kunne ta imot utslippet (1989).



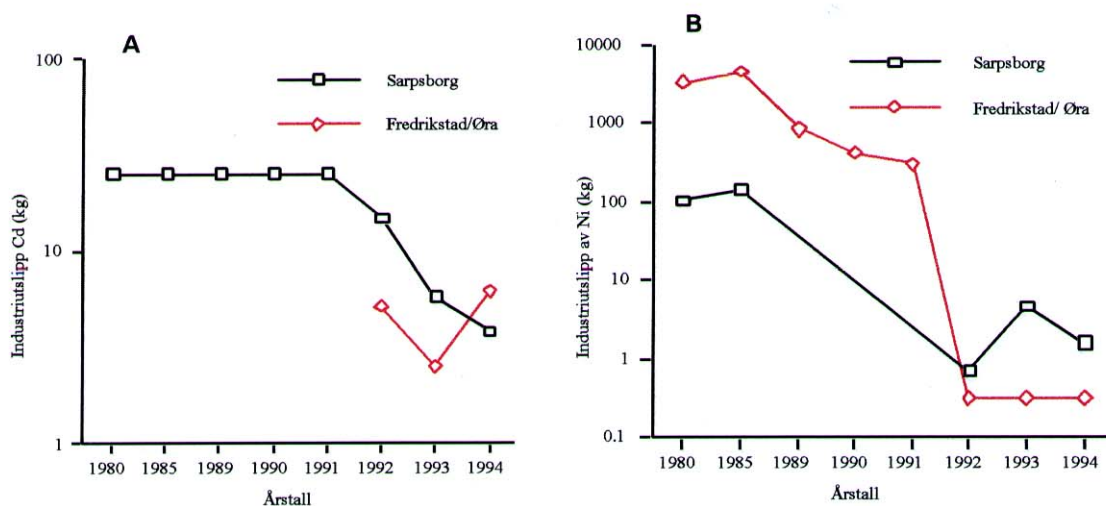
Figur 5. Beregnet samlede industriutslipp av klororganiske forbindelser (AOX), oppløst organisk stoff (KOF) og suspendert stoff (SS) fra Halden-, Sarpsborg- og Fredrikstadområdet (Holtan, 1996).



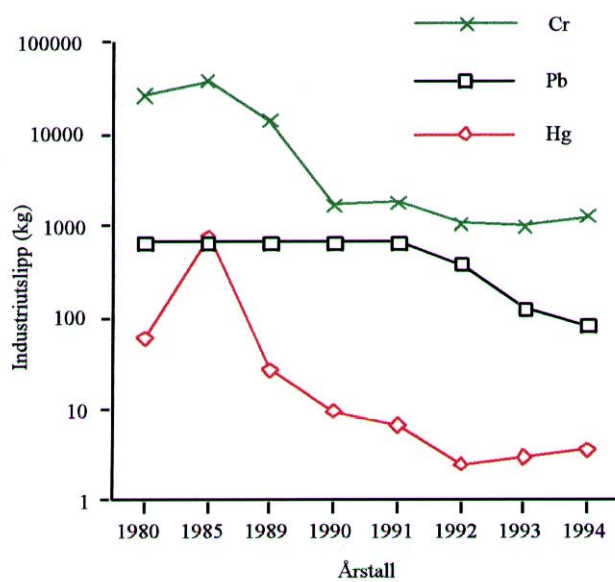
Figur 6. Industriutslipp av AOX til Glomma ved Sarpsborg og til Tista ved Halden (data etter Holtan, 1996).



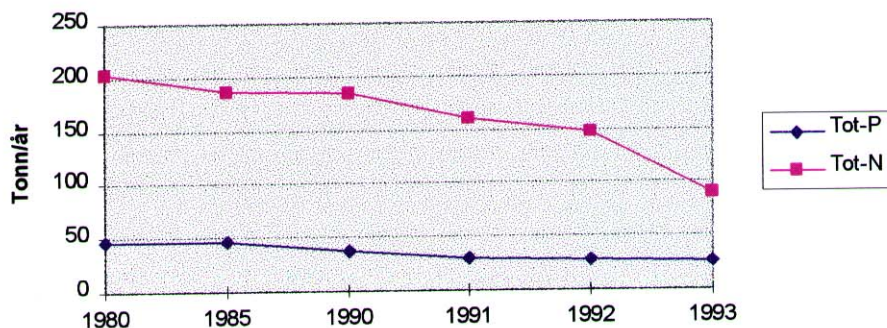
Figur 7. Samlede industriutslipp av kobber og sink (A) og jern og titan (B) fra Sarpsborg og Fredrikstad-området (data bearbejdet etter Holtan, 1996). Merk at enheter på x-aksen er forskjellig i A og B.



Figur 8. Industriutslipp av kadmium (A) og nikkel (B) fra henholdsvis Sarpsborg og Fredrikstad området (data bearbeidet etter Holtan, 1996).



Figur 9. Samlede industriutslipp av krom (Cr) og bly (Pb) fra Sarpsborg og Fredrikstad-området, samt utslipp av kvikksølv til Sarpsborg-området (data bearbeidet etter Holtan, 1996).



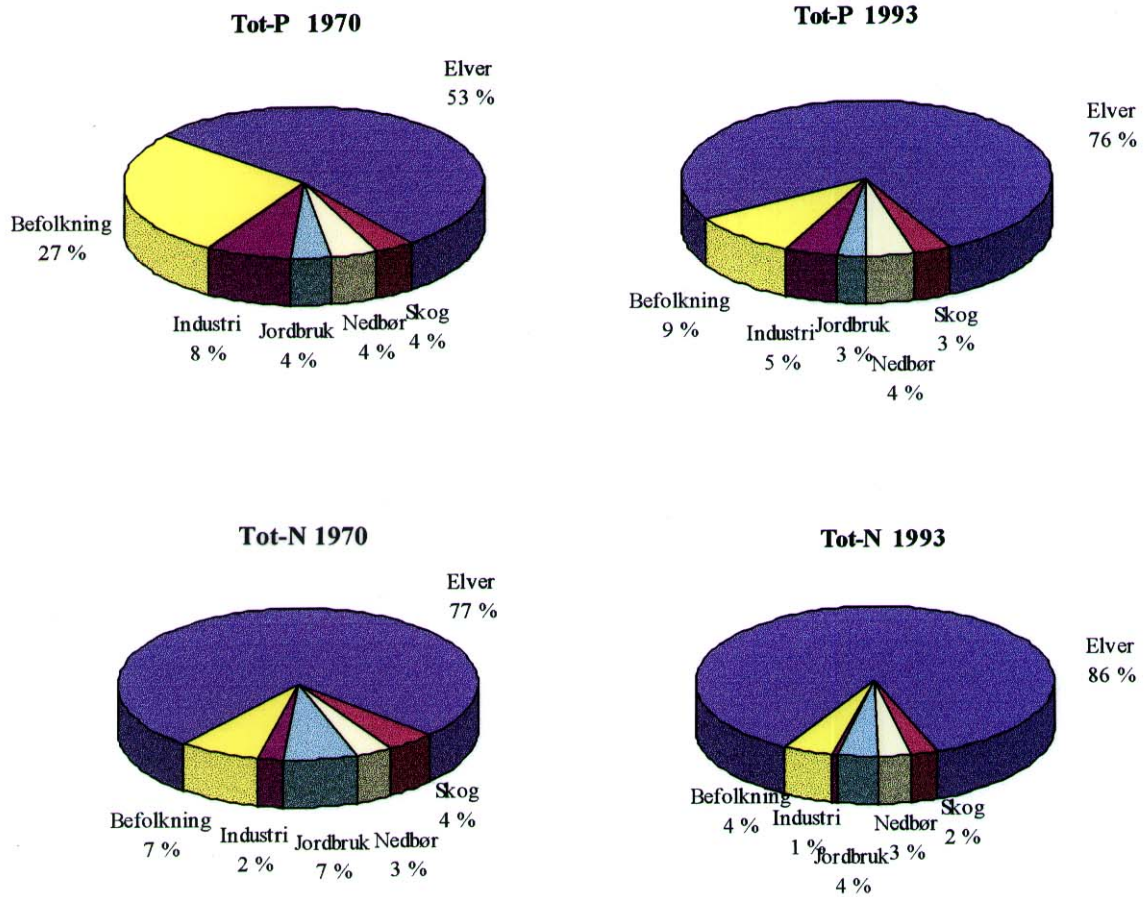
Figur 10. Samlede industriutslipp av Tot-P og Tot-N til Hvaler-Singlefjorden og Iddefjorden, 1980-1993.

A/S Denofa og Lilleborg Fabriker A/S (Denofa) har hatt konsesjon på utslipp av organisk materiale (KOF), totalt fettstoff (TFM) og fosfor siden september 1976 med endringer i 1977 og 1978, samt nye grenseverdier fastlagt fra januar 1993. Utslipp til vann er avløpsvann fra internt renselanlegg på fettfabrikken og biologisk renselanlegg på FREVAR, og er fastsatt til 210 kg TFM og 1.100 kg KOF/driftsdøgn samt 10 kg pr. uke av tilsatte fosforforbindelser. Utslippene de senere driftsdøgn, uker og år ligger lavere enn konsesjonsgrensene.

De samlede industriutslipp av nitrogen og fosfor er halvert fra 1980 til 1993 (figur 10) og er relativt beskjedne i forhold til tilførslene fra befolkning og transport med elv.

2.5 Samlede tilførsler

I tabell 4 gis en oversikt over samlede tilførsler av P, N, BOF_7 , TOC, Cu og Zn i 1970, 1985 og 1993, hovedsakelig basert på teoretiske beregninger. Sammen med ovennevnte figurer kan tabellen illustrere reduksjonen i de "menneskeskapte" forurensningstilførsler til Iddefjorden, Hvalerområdet og Singlefjorden fra 1985 - 1993, dvs. etter at tiltak bl.a. innen avløpssektoren, industrien og jordbruket ble gjennomført. Andel av P og N fra forskjellige kilder er vist i figur 11.



Figur 11. Tilførsler av fosfor og nitrogen til Iddefjorden, Hvaler og Singlefjorden. Andel fra forskjellige kilder er vist (Holtan 1996).

Tabell 4. Teoretisk beregnet forurensningstilførsler til Iddefjorden, Hvaler og Singlefjorden. 1970, 1985 og 1993 (t/år).

	1970	1985	1993
Tot-P	535	1011	554
Tot-N	9118	18068	15656
BOF-7	47626	3990	2352
TOC	18446	103340	98991
Cu	66	148	65
Zn	264	474	132

3. Miljøtilstand

3.1 Overflatevannets kvalitet og oksygenforholdene i dypvannet

Foreliggende kapittel beskriver resultatet av observasjoner av næringssalter, organisk stoff, planteplanktonbiomasse, siktedyp, partikler og partikulært jern, titan og aluminium, i hovedsak innsamlet fra overflatevann (se figur 12 for stasjonskart). Videre er det gjort observasjoner av næringssalter og oksygen i de dypere vannlag. Observasjonene i 1993-1994 er sammenlignet med tilsvarende data fra 1980-83 og 1990-91. Ved bruk av fjernmåling (satellitt) (se kapittel 3.2), kombinert med feltobservasjoner, har overflatelagets turbiditet (siktedyp) over hele området blitt kartlagt.

Hovedtendensen i områdets tilstand har vært en forbedring i 1993-94 sammenlignet med observasjoner fra 1980-83 og til dels 1990-91, bedømt ut fra de variable som har vist en forskjell. Dette gjelder spesielt organisk stoff (TOC) og siktedyp (partikler) (se tabell 5, tabell 6 og tabell 7). Andre variable som viste svakere tegn på en positiv utvikling var nitrogen (totalnitrogen) (Tabell 7) og oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (Tabell 8). Det var få indikasjoner på lavere konsentrasjoner av planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) og totalfosfor, unntatt i Vesterelva, hvor fosforkonsentrasjonen har avtatt.

Også for konsentrasjonen av jern og tildels også titan i vann har det vært en forbedring i 1993-94 sammenlignet med observasjoner fra 1980-83 og til dels 1990-91 (figur 13 og figur 14).

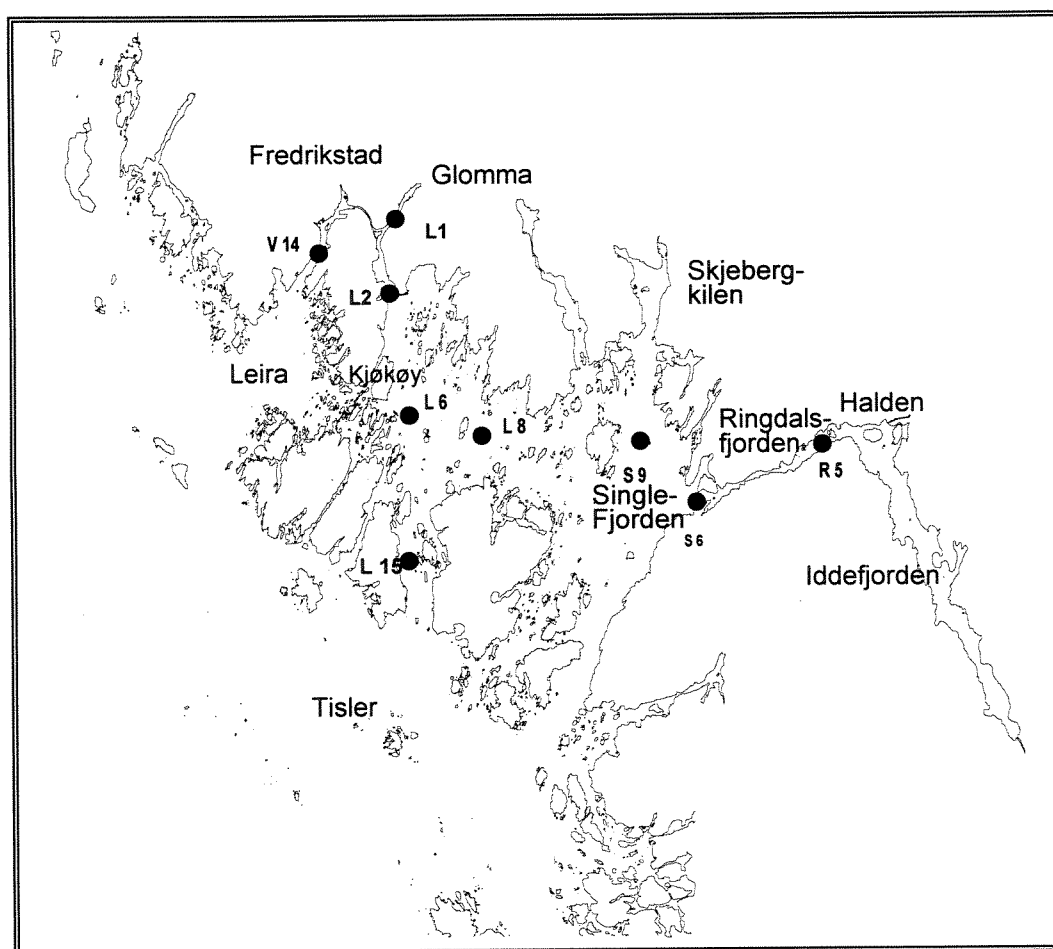
De observerte forandringene skyldes trolig tilførselsreduksjoner, men også naturlige variasjoner kan tenkes ha betydning for variasjonen i næringssalter og oksygenforhold, ettersom observasjonsmaterialet kun omfatter to perioder med relativt stor tidsavstand.

Av de variable som er observert i overflatelaget er flere sterkt avhengige av vannføring i Glomma og de tilførsler som skjer til elven. Den gjennomsnittlige døgnvannføringen i Glomma, basert på de ulike observasjonsdagene var lik eller omtrent lik de gjennomsnittlige vannføringene for respektive årstid og periode, på tross av forskjell i vannføring mellom periodene. Observasjonenes fordeling i de ulike periodene skulle derfor være representative mht. vannføringen. Imidlertid var vintrene milde i 1990-93, mens vintrene 1980-83 var mer normale. Dette skulle kunne tilsi at tilførselen av partikler og næringssalter fra land (erosjonen) var større om vinteren i 1990-91 og 1993 enn i de andre årene.

I Hvalerområdet/Singlefjorden varierer flere variable langs en saltholdighetsgradient med de største verdiene ved utløpet av Glomma. Dette gjelder spesielt nitrogen, organisk karbon (Tabell 5), totalt suspendert materiale, turbiditet og partikulært aluminium. For totalfosfor var det ikke noen gjennomgående klar gradient i området (Tabell 5). Fosfatkonsentrasjonen vinterstid økte imidlertid med saltholdigheten. Avtagende nitratkonsentrasjoner og økende fosfatkonsentrasjoner med økende saltholdighet gir avtagende N/P-forhold (Tabell 5). Planteplanktonbiomassen om sommeren var størst ved saltholdighet mellom 8 - 20 psu og mindre ved lavere saltholdighet. Om sommeren var den gjennomsnittlig like stor i Løperen på 10 meters dyp som i overflaten på tross av potensielt lysbegrenset produksjon. Årsaken til dette er trolig at reaksjonsstrømmen under det utstrømmende overflatelaget transporterer planktonet inn i området. Videre var fosfatkonsentrasjonen på 10 og 20 m dyp høyere og nitratkonsentrasjonen lavere enn i overflaten. Dette viser at fosfat tilføres overflatelaget ved medrivning av saltvann (eintrainment). Fosfatet blir tilgjengelig for planktonvekst i overflatelaget og dette bidrar til den suksessivt avtakende nitratkonsentrasjonen med økende saltholdighet.

Forholdet mellom nitrat og fosfat (N/P-forholdet) var høyt vinterstid i hele området (20-165:1), dvs. klart over Redfieldforholdet (ca. 7:1) og avtakende med økende saltholdighet. Våroppblomstringen skulle derfor bli potensielt fosforbegrenset, ettersom også silikatkonsentrasjonen er høy (400 -1400 $\mu\text{g/l}$). Sommerstid var også silikatkonsentrasjonen i snitt større enn 150 $\mu\text{g/l}$, og på de ytre stasjoner ble det observert konsentrasjoner mindre enn 50 $\mu\text{g/l}$ i bare 5 % av observasjonene, noe som tyder på generelt gunstige forhold for diatoméoppblomstringer. N/P-forholdet var også sommerstid relativt høyt, og av totalt 210 observasjoner var fosfatkonsentrasjonen mindre enn ca. 3 $\mu\text{g/l}$ i ca 95 % av observasjonene, mens nitrogenkonsentrasjonene bare i ca. 15 % var lavere enn ca 15 $\mu\text{g/l}$, begge grenser antatt for å være potensielt begrensende for planteplanktonvekst (Paasche og Erga, 1988). Planteplanktonproduksjonen innenfor Hvalerøyene synes derfor i hovedsak å være fosforbegrenset.

Gjennomgående ble de høyeste konsentrasjoner av nitrogen, fosfor, organisk stoff (TOC) og planteplanktonbiomasse (klorofyll-*a*) i 1993-94 observert i Ringdalsfjorden og i munningsområdet i Singlefjorden. Partikkel-avhengige observasjoner som TSM og turbiditet viste imidlertid høyest partikkelmengde i overflatevannet i munningen av Glomma (Vesterelva og Østerelva), områder som også hadde gjennomgående lavest siktedyb.



Figur 12. Stasjoner i Hvalerområdet 1993-94 der det ble tatt vannprøver. Merk at konsentrasjonen av metaller i vann ble kun analysert på prøver fra L1, L2, L6, L8 og L15.

Tabell 5. Mediankonsentrasjon av saltholdighet (psu), vannføring i Glomma i uken observasjonene ble foretatt (Vf), Tot-N, Tot-P, Tot-(N/P), TOC, klorofyll-a og siktedyp på de ulike stasjonene (se figur 12 for stasjonshenvisning) og periodene sommerstid (mai-september). Medianverdiene baserer seg på ulikt antall observasjoner for de enkelte variable.

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s)	Tot-N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	Tot-(N/P)	TOC (mg/l)	Kl-a (µg/l)	Siktedyp (m)
L1	1980-83	13-23	0.0	652	430	12.3	36	6.2	2.9	1.4
L1	1990-91	17-18	0.75	753	371	12.0	34	5.0	2.9	1.9
L1	1993-94	15-17	0.16	822	400	9.5	41	3.6	2.8	2.1
L2	1980-83	14-38	3.85	792	415	12.0	37	5.8	2.6	1.1
L2	1990-91	17-20	4.2	753	348	12.0	31	4.0	2.1	2.0
L2	1993-94	16-17	3.4	823	378	11.0	35	3.4	2.0	2.1
V14	1980-83	15-23	3.98	622	400	16.0	26	6.0	2.2	1.2
V14	1990-91	17-18	4.9	753	371	14.0	27	4.9	1.8	1.9
V14	1993-94	16-17	3.0	822	392	12.0	34	3.5	1.7	2.3
L6	1980-83	18-60	8.12	792	425	11.0	37	5.7	1.7	1.4
L6	1990-91	17-22	8.4	710	330	11.0	29	4.0	1.5	2.5
L6	1993-94	16-18	7.9	845	356	9.5	38	3.1	1.1	2.6
L8	1980-83	20-61	10.7	792	400	10.5	38	5.0	1.7	1.8
L8	1990-91	17-22	10.8	710	299	11.0	26	4.2	1.8	3.0
L8	1993-94	16-17	8.6	822	320	9.0	37	2.8	1.6	3.3
L15	1980	3-4	11.8	1015	430	7.0	43	3.5	1.3	2.0
L15	1990-91	17-19	10.4	776	318	11.0	28	4.1	1.7	3.3
L15	1993-94	16	9.6	848	342	8.5	40	2.9	1.4	2.9
S9	1980-83	19-61	15.7	792	355	11.0	35	4.8	4.9	3.0
S9	1990-91	17-21	15.7	690	267	12.0	20	4.4	4.5	3.8
S9	1993-94	16-17	12.5	819	255	11.0	28	3.0	3.0	4.3
S6	1980-83	16-44	13.9	656	440	17.0	29	7.8	5.0	2.2
S6	1990-91	16-20	15.1	710	313	16.0	19	5.0	6.3	3.3
S6	1993-94	16-17	16.1	847	260	12.5	22	3.1	3.1	4.6
R5	1990-91	17-19	9.5	(730)	518	30.0	18	10.6	9.9	1.5
R5	1993-94	16-18	11.6	(810)	460	21.0	23	5.8	9.3	2.3

Tabell 6. Mediankonsentrasjon av saltholdighet (psu), vannføring i Glomma i uken observasjonene ble foretatt (Vf), Tot-N, PO₄-P, Tot-P, NO₃-N, Tot-(N/P), TOC og siktedyp på de ulike stasjonene (se figur 12 for stasjonshenvisning) og periodene (1990-91 og 1993-94) vinterstid (november - mars).

Stasjon	Periode	Ant. obs. (N)	PSU	Vf (m ³ /s)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ -N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)	Tot-(N/P)	TOC (mg/l)	Siktedyp (m)
L1	1990-91	4	1.2	504	705	420	20	2.0	36	5.4	0.7
L1	1993-94	6	0.9	476	725	460	13	3.5	49	4.7	1.5
L2	1990-91	4	5.9	504	708	385	21	5.0	34	4.9	0.9
L2	1993-94	6	5.2	476	630	413	17	6.0	34	4.0	1.5
V14	1990-91	4	5.2	504	713		23		30	5.3	0.8
V14	1993-94	6	6.2	476	670	435	22	7.5	30	4.1	1.2
L6	1990-91	4	12.6	504	601	310	23	11.0	24	3.9	1.4
L6	1993-94	7	12.4	475	510	298	18	9.0	28	3.3	2.4
L8	1990-91	4	12.0	504	541	290	20	8.0	30	3.5	2.3
L8	1993-94	8	15.8	476	460	280	17	8.0	30	3.3	3.8
L15	1990-91	4	11.5	504	578		20		29	4.0	1.5
L15	1993-94	6	14.4	476	452	258	18	7.5	25	2.7	4.0
S9	1980-83	7	14.6	451							3.3
S9	1990-91	5	19.4	496	489	250	25	15.0	24	3.4	4.0
S9	1993-94	6	20.2	476	440	210	20	10.5	25	2.9	6.0
S6	1980-83	5-6	23.5	456							2.3
S6	1990-91	4	13.9	496	669		20		33	6.0	3.3
S6	1993-94	8	17.9	472	550	270	20	9.0	28	4.5	4.5
R5	1990-91	4	2.0	(496)	868	560	20	2.0	49	10.0	1.5
R5	1993-94	6	3.1	(472)	903	543	15	4.0	64	6.3	2.3

Tabell 7. Næringsalter, klorofyll-a og siktedyp. Tilstandsklasser (mai-september) på de ulike stasjoner (se figur 12 for stasjonshenvisning) ved bruk av SFTs klassifiseringsystem (Rygg og Thélin, 1993). For stasjon L1 i Glomma er det også brukt klassifiseringsystemet for ferskvann (innen parentes). For hver periode er det brukt medianverdier.

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Periode	PSU	Tot-N	Tot-P	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Kl-a	Siktedyp
L1	1980-83	0	III (III)	III (II)			II (II)	V (IV)
L1	1990-91	0.8	III (II)	II (III)	IV	I	II (II)	V (IV)
L1	1993-94	0.2	II (III)	I (II)	IV	I	II (II)	V (IV)
L2	1980-83	3.9	III	II			II	V
L2	1990-91	4.2	III	II	IV	I	II	V
L2	1993-94	3.4	III	I	IV	I	II	V
V14	1980-83	4.0	III	III			II	V
V14	1990-91	4.9	III	II			I	V
V14	1993-94	3.0	III	II	IV	I	I	V
L6	1980-83	8.1	III	I			I	V
L6	1990-91	8.4	III	I	IV	I	I	IV
L6	1993-94	7.9	III	I	IV	I	I	IV
L8	1980-83	10.8	III	I			I	V
L8	1990-91	10.8	II	I	IV	I	I	IV
L8	1993-94	8.6	II	I	IV	I	I	IV
L15	1980	11.8	III	I			I	V
L15	1990-91	10.4	II	I			I	IV
L15	1993-94	9.6	III	I	IV	I	I	IV
S9	1980-83	15.7	III	I			III	IV
S9	1990-91	15.7	II	II	III	I	III	IV
S9	1993-94	12.5	II	I	II	I	II	IV
S6	1980-83	13.9	III	II			III	V
S6	1990-91	15.1	II	III			III	IV
S6	1993-94	16.1	II	II	II	I	II	III
R5	1990-91	9.5	IV	IV	I	I	IV	V
R5	1993-94	11.6	III	III	III	I	IV	V

Tabell 8. Oksygenforholdene klassifisert etter tilstand på stasjoner i Hvaler/Singlefjorden og Ringdalsfjorden (se figur 12 for stasjonshenvisning). Antall observasjoner er antydnet i parentes. Dyp = det dyp som det er observert den laveste konsentrasjonen.). Klassifisering er foretatt etter SFTs klassifiseringsystem (Rygg og Thélin, 1993).

Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Periode	Dyp (m)	O ₂ -min	Dyp (m)	O ₂ -middel over året
L2	1980	10	3.64	10	4.85 (5)
L2	1990-91	10	4.69	10	6.35 (10)
L6	1980	50	H ₂ S ¹⁾	50	1.07 (5)
L6	1990-91	50	0.84	50	4.05 (14)
L6*	1993-94	40	2.23	40	4.29 (24)
L8	1980	50	0.99		
L8	1990-91	50	1.61	50	4.63 (16)
L8*	1993-94	40	1.85	40	4.41 (24)
S9	1980	90	3.07	90	4.0 (3)
S9	1990-91	10	4.20	70	5.64 (5)
S9*	1993-94	80	3.19	80	5.02 (24)
R5	1990-91	30	0.35	40	2.46 (15)
R5	1993-94	35	0.32	32-40	2.94 (24)

* redusert program i 1993-94, kun noen dyp pr. stasjon.

¹⁾Hydrogensulfid ble påvist.

En statistisk sammenligning av overflatekonsentrasjoner fra de ulike variable viste:

Konsentrasjonen av totalnitrogen i overflatevannet i sommerperiodene (mai-september) var signifikant (ikke-parametrisk test) lavere i 1990-94, sammenlignet med 1980-83. Tilsvarende fant en for totalfosfor i Vesterelva og i Ringdalsfjorden. På flertallet av de øvrige stasjoner i området så en også en tendens til avtagende konsentrasjoner av totalfosfor.

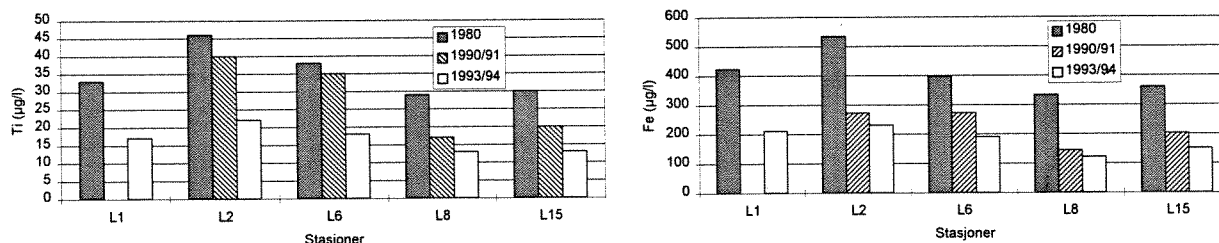
Mengden organisk karbon (TOC) i overflatevannet i sommerperiodene (mai-september) var signifikant lavere på alle stasjoner i 1990-91 enn i 1980-83, og lavest i 1993-94. Siktedypet var signifikant større i 1990-94, mens klorofyll-a bare på noen stasjoner viste signifikant lavere konsentrasjon i 1990-94.

Overflateobservasjoner vinterstid (november-mars) fra vinteren 1990-91 og 1993-94 viste ikke noen statistiske forskjeller for saltholdighet, siktedyp, totalnitrogen, nitrat, totalfosfor og fosfat, men

signifikant lavere konsentrasjon av TOC i 1993-94 i Vesterelva, en stasjon i Løperen ved utløpet av Østerelva, samt i Ringdalsfjorden.

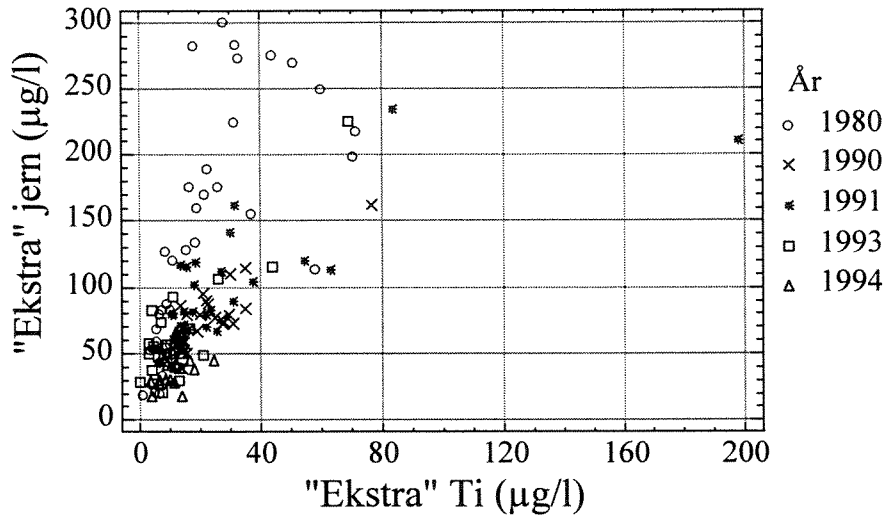
Foreliggende analyser, tyder på:

- Belastningen av organisk stoff har avtatt i det området som er influert av Glomma samt i Ringdalsfjorden siden 1980, men også fra 1990-91 til 1993-94. Siktedypet har økt noe som også tyder på en mindre tilførsel av partikler. I Vesterelva har totalfosforkonsentrasjonen avtatt siden 1980-83, mens relativt få indikasjoner på minket belastning foreligger fra Løperen i 1993-94. Derimot har belastningen av fosfor i Ringdalsfjorden avtatt fra 1980-83 og dessuten fra 1990-91 til 1993-94. Nitrogenbelastningen synes å ha avtatt noe siden 1980-83 til 1990-91 i Hvalerområdet/Singlefjorden, men ikke fra 1990-91 til 1993-94.
- Noe bedre oksygenforhold i de dypere vannmassene i 1990-94 enn i 1980 kan tyde på at den mindre organisk belastning på området har hatt positiv effekt. Fortsatt er det tidvis lave oksygenkonsentrasjoner, men disse er begrenset til bunn nære dypområder i Løperen, unntatt for Ringdalsfjorden, hvor oksygenkonsentrasjonen fortsatt er lav på tross av en markert forbedring siden 1970-80 -årene.
- Tilstanden i området bedømt ut fra SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (saltholdighetskrav: >15psu) varierer for overflatevann fra meget dårlig (nitrogen og siktedyp) til god (fosfor) (Tabell 7). De dårligste forholdene ble observert i Ringdalsfjordområdet og ved utløpet av Glomma og begynnelsen av Løperen. Saltholdighetskravet var imidlertid ofte ikke oppfylt. Om vinteren (når kravet til saltholdighet over 15 psu, i større grad er oppfylt), var tilstanden noe dårligere (ca. en klasse) enn sommerstid på flere av stasjonene. Det var få endringer i tilstanden i 1990-94 sammenlignet med 1980-83, men forandringene var til en klasse bedre. Tilstanden for oksygen i 1990-94 i de dypere vannmasser var dårlig til god, med de beste forholdene i Singlefjorden og de dårligste i Løperen og Ringdalsfjorden. Sammenlignet med tilstanden i 1980 var forholdene i 1990-94 1 -2 klasser bedre (Tabell 8).
- Konsentrasjonen av partikulært jern, titan og aluminium i overflatevann sommerstid har generelt avtatt i Løperen fra 1980 til 1990-94 (figur 13). Overkonsentrasjoner av jern og titan beregnet i forhold til aluminium, viste signifikant lavere konsentrasjoner av jern i 1990-94, men ikke like klart for titan (figur 14). Dette kan skyldes enkelte tilfeller med større titankonsentrasjoner, som en følge av erosjon (flom, propellvann fra båter) av sedimenter med et høyt titan innhold, muligens kan også endrede utslipp fra landbaserte kilder spille inn. Fortsatt viste stasjonen nedstrøms utslippet til Kronos Titan A/S høyere overkonsentrasjoner av jern og titan i 1993-94, både sommer og vinter, enn stasjonen oppstrøms utslippet i Glomma (Figur 15).

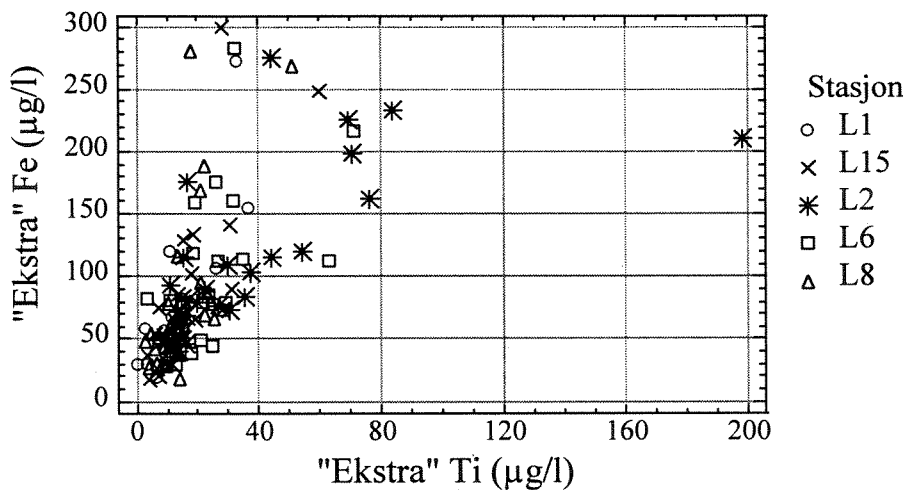


Figur 13. Mediankonsentrasjon av partikulært titan og jern i overflatevann mai- september i 1980, 1990/91 og 1993/94. Se figur 12 for stasjonshenviisning.

Overflatevann 1980, 1990/91 og 1993/94 (mai-sep.)

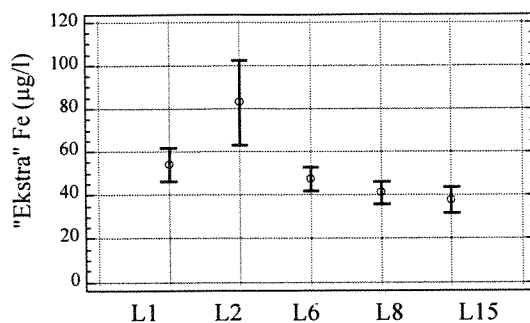


Overflatevann 1980, 1990/91 og 1993/94 (mai-sep.)

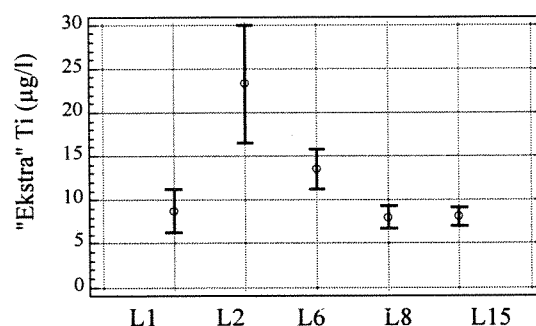


Figur 14. Beregnede konsentrasjoner av "ekstra" jern og titan (µg/l) i overflatevann (mai - sep.) fra Hvaler i ulike år (øverst) og på ulike stasjoner (nederst). Se figur 12 for stasjons henvisning. "Ekstra" konsentrasjon = Analysert konsentrasjon minus den andel av konsentrasjonen som en skulle forvente ut fra innholdet av aluminium i naturlige leirpartikler. Den andel av konsentrasjonen som en skulle forvente ut fra innholdet av aluminium i naturlige leirpartikler er beregnet på basis av minste Fe/Al og Ti/Al forholdet i overflatevannet på stasjon L1. Andvendte forhold: Fe/Al=0.457(vinter), 0.48 (sommer); Ti/Al=0.0242 (sommer), 0.0320 (vinter).

Overflaten, (mai-sep.) 1993-94, middelverdi og 95 % st.f



Overflaten, (mai-sep.) 1993-94, middelverdi og 95 % st.f



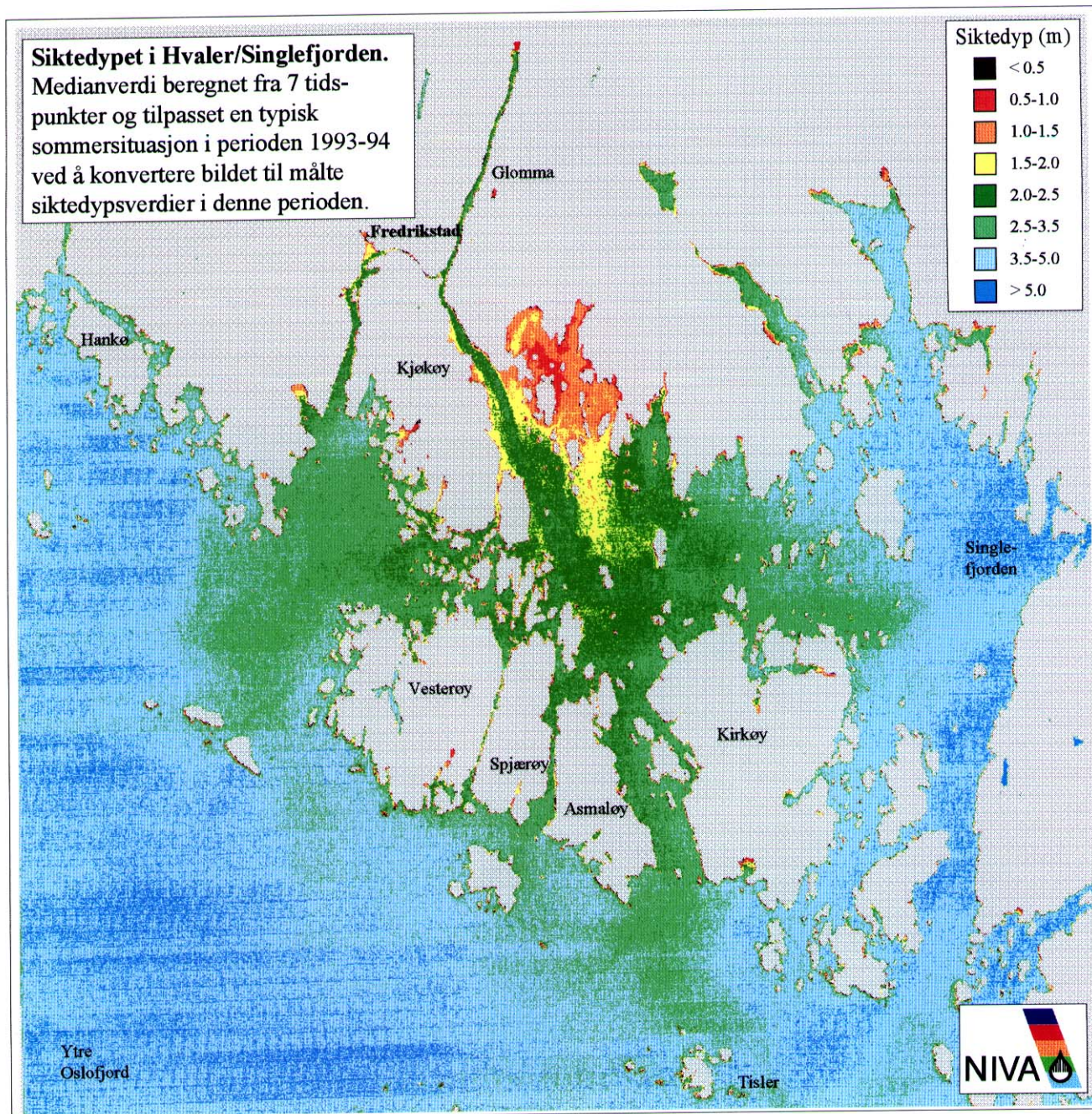
Figur 15. "Ekstra" jern (øverst) og titan (nederst) sommer 1993-94 på ulike stasjoner (se figur 12 for stasjonsreferensering).

3.2 Fjernmåling

Foreliggende kapittel beskriver resultater fra fjernmåling fra satellitt. Observasjonene er sammenlignet/kalibrert mot feltobservasjoner (se kapittel 3.1).

Ved bruk av satellittobservasjoner har siktedypet for hele området blitt kartlagt i relativt stor detalj. Tilsammen 13 situasjoner (satellittbilder) er blitt analysert (hvorav 7 er sommersituasjoner i perioden 1987-1994). Arealfordelingen til ulike siktedypsintervaller er kartlagt for typiske flom- og sommersituasjoner. Sammenligning mellom observerte siktedyp og beregnet siktedyp fra satellittdataene viser at det er en god korrelasjon mellom medianverdiene for satellittobservasjonene og feltobservasjonene (Tabell 9). For å illustrere "nå situasjonen" mht. siktedyp sommerstid kan en ved hjelp av siktedypmålingene i 1993-94 og en sammenheng mellom beregnet siktedyp (medianverdi av 7 sommersituasjoner) og målt siktedyp (se Magnusson og Sørensen, 1996) konstruere et nytt satellittbilde som gir arealdekingen for ulike siktedypsintervaller. Det var forholdsvis store områder innenfor Hvalerøyene som idag har siktedyp om sommeren på mindre enn 2.5 meter (tilstandsklasse meget dårlig etter SFTs klassifiseringsystem) (Tabell 9). I flomperioder kan ca. 80-90 % av området være i denne tilstandsklassen, mens "normalforholdet" om sommeren idag kan være i snitt ca. 30 - 40 %. Størst variasjon i siktedyp var i Singlefjorden, mens det var liten variasjon i utløpet av Glomma i Østerelva ned til Kjøkøyområdet.

Fjernanalysen har også vist at stasjonvalget for overflateobservasjoner (Figur 12) stort sett var representativt for området innenfor Hvalerøyene bedømt ut fra siktedyp. Imidlertid var et område - Ramsøflaket dårligere representert ved den stasjon som var valgt.



Figur 16. Antatt nå-situasjon av siktedyp (medianverdi) i Hvalerområdet. Bildet er basert på satellittbilder fra 7 enkeltsituasjoner (juni-september i perioden 87-94) og den generelle sammenhengen mellom beregnet siktdyp (medianverdi) og målt siktedyp (se Magnusson og Sørensen, 1996).

Tabell 9. Middel- og medianverdier av beregnet siktedyp fra satelittobservasjoner (7 obs. juni-september i perioden 87-94) og fra feltobservasjoner i 1993-1994. Se figur 12 for stasjonshenvisning. Klassifisering er foretatt etter SFTs klassifiseringsystem (Rygg og Thélin, 1993).

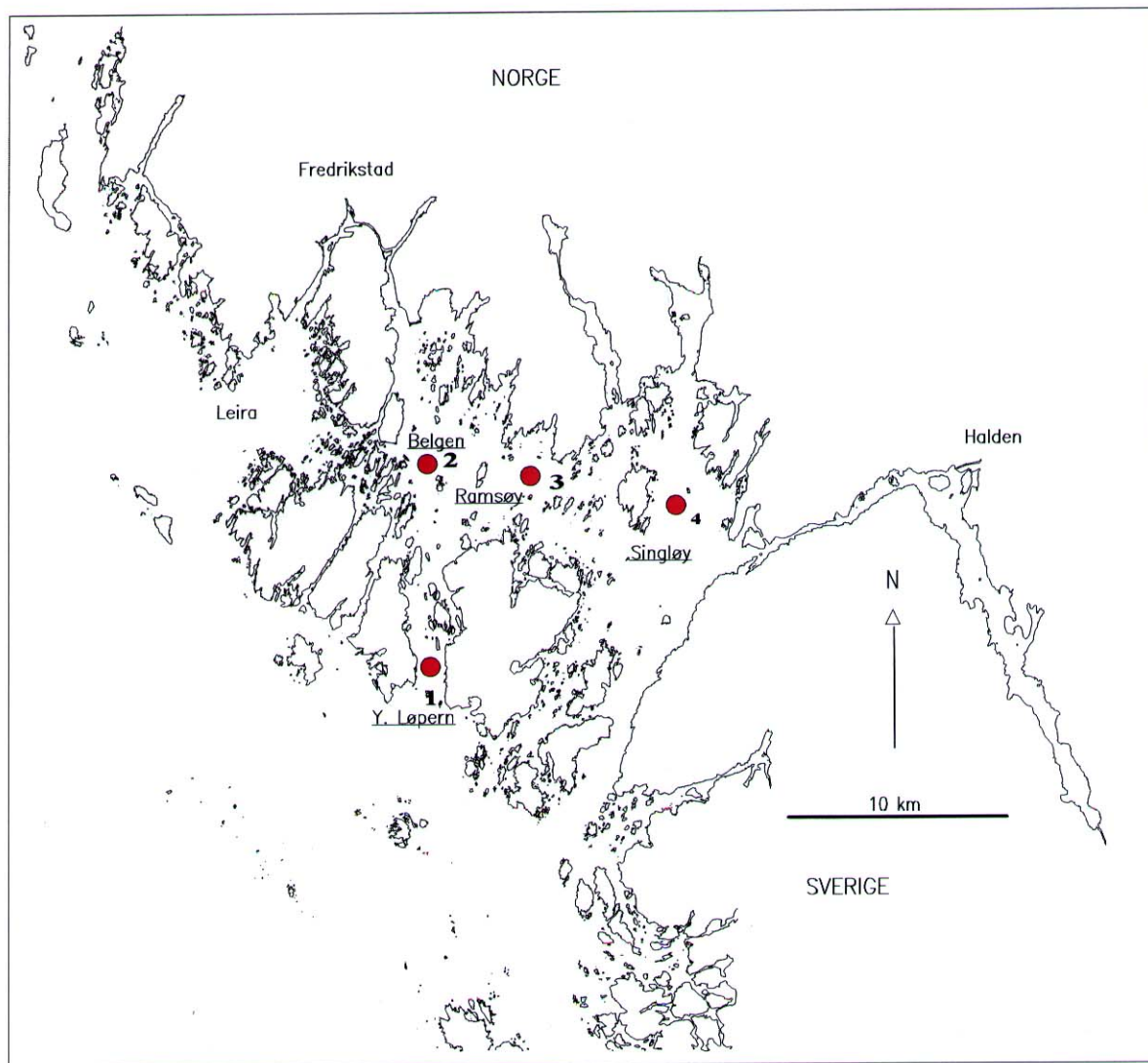
Tilstandsklasse		Markering
I	God	
II	Mindre god	
III	Nokså dårlig	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

Stasjon	Beregnet siktedyp (m)			Observert siktedyp (m)			
	Median	Middel-verdi	St. feil	Median	Middel-verdi	St. feil	Antall obs.
L1	1.80	1.92	0.36	2.30	2.13	0.12	15
L2	1.81	1.97	0.41	2.20	2.19	0.11	15
V14	1.84	2.15	0.46	2.40	2.21	0.14	14
L6	1.72	2.23	0.52	2.75	2.72	0.2	16
L8	2.28	2.53	0.46	3.40	3.65	0.30	15
L15	1.94	2.47	0.51	3.00	3.32	0.27	14
S9	3.10	3.54	0.54	4.53	5.60	0.62	16
S6	3.30	3.84	0.52	4.90	5.35	0.53	16

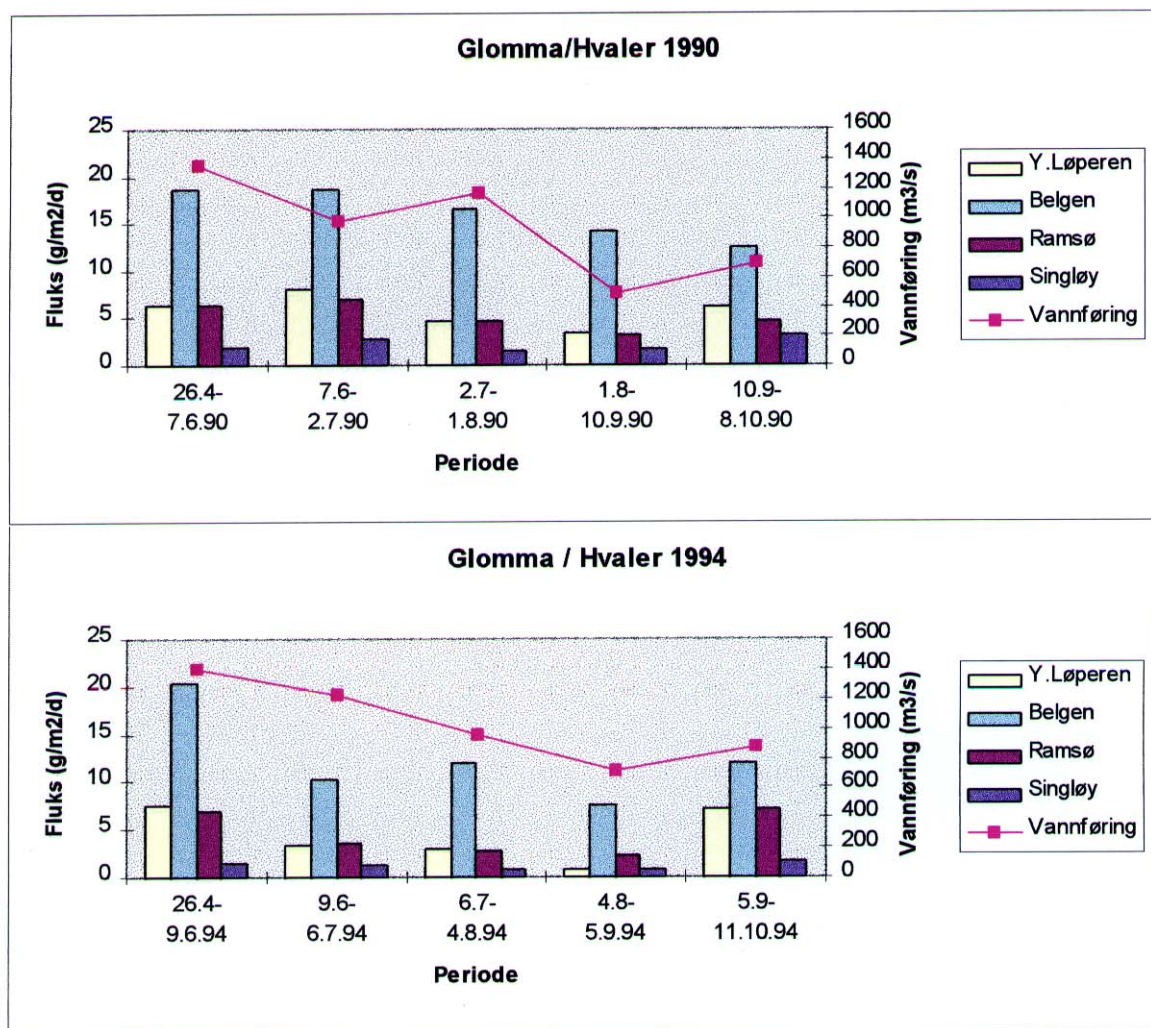
3.3 Partikulært materiale og bunnsedimenter

Undersøkelsen av sedimenterende partikulært materiale ble utført ved utplassering av sedimentfeller på 4 stasjoner (Figur 17) i 20 m dyp. Disse stod ute i 5 perioder à ca. 30 dager fra mai til oktober 1994. Prøvene ble analysert for metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), bly (Pb), titan (Ti) samt total mengde organisk karbon (TOC) og total mengde nitrogen (TN). Undersøkelsene viste at utløpet av Glomma (Belgen) mottar de største mengdene med partikulært materiale både i 1990 og 1994 (figur 18) hvilket også gir størst total sedimentasjon av metaller i dette området (tabell 10). Det sedimenterte 20 ganger mer titan ved utløpet av Glomma (Belgen) enn på stasjonen i Singlefjorden (tabell 10). Titan forekom med høyest konsentrasjon ved utløpet av Glomma (Belgen), mens fler av de øvrige metaller hadde de høyeste konsentrasjoner lenger ut (tabell 11). Kriterier for å vurdere et områdes miljøtilstand/forurensningsgrad på bakgrunn av konsentrasjoner av metaller i felle materialet er ikke etablert. Det partikulære materialet vil imidlertid havne i sedimentet, det ville derfor som en første tilnærming være naturlig å anvende kriteriene for sediment. Disse kriterier er basert på analyse etter flussyresyreopplutning (Skei pers. med) og ikke etter saltpetersyreopplutning som antydnet i Knutzen et al. (1993). Flussyreopplutning gir for enkelte metaller (Ti, Cr, Fe, Cd) klart høyere konsentrasjoner enn etter saltpetersyreopplutning mens andre metaller (Pb, Zn, Cu) gir omtrent de samme verdier (se tabell 12). Området kan på bakgrunn av konsentrasjonen av Cu i felle materialet karakteriseres som markert forurenset (klasse 3) på alle stasjoner (tabell 11). I 1990 forekom også kobber med tilsvarende høye verdier. Videre kan hele

området karakteriseres som moderat forurenset (klasse 2) av Fe og Pb, mens større eller mindre deler av området kan karakteriseres som moderat forurenset av Cd og Ti (tabell 11).



Figur 17. Stasjoner for utplassering av sedimentfeller 1994.



Figur 18. Fluks av partikulært materiale (g/m²/d) i fem perioder fra 26.4 - 8.10.90 og 11.10.94. Samt vannføring målt ved Sarpfoss (m³/s) i de samme periodene.

Tabell 10. Fluks (mg/m²/d) av organisk karbon (TOC), nitrogen (TN) og metaller på alle sedimentfelle stasjoner i Hvaler - Singlefjorden området i 1994 (mg/m²/d). Fluksen er beregnet på grunnlag av mengden materiale i fellene og konsentrasjonen av de ulike komponenter.

	TOC	TN	Al	Fe	Ti	Cr	Pb	Cu	Cd
Belgen	369,8	50,6	968,5	719,4	76,6	1,4	0,7	2,7	3,7
Ramsø	176,4	25,4	359,0	307,4	16,5	0,6	0,3	0,7	1,0
Løperen	194,3	31,4	329,6	267,8	13,9	0,5	0,2	0,8	1,8
Singløy	105,3	17,2	79,8	70,2	3,9	0,1	0,1	0,2	0,7

Tabell 11. Gjennomsnittskonsentrasjoner av alle analyserte parametre i sedimentfellemateriale innsamlet over 5 perioder i Hvaler-Singlefjorden 1994. (TOC, TN, Al, Fe er gitt i mg/g, øvrige i mg/kg). Kun for metallene Fe, Ti, Cr, Pb, Cu og Cd er tilstandsklasse indikert (klassifikasjon modifisert etter Knutzen et al. 1993 og Ti og Fe etter Knutzen og Skei, 1990). Se Figur 17 for stasjonshenvisning.

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	
II	Mindre god/moderat forurenset	
III	Nokså dårlig/markert forurenset	
IV	Dårlig/sterkt forurenset	
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	

Stasjon	TOC	TN	Al	Fe	Ti	Cr	Pb	Cu	Cd
Belgen	29,9	4,1	77,1	57,9	6535	114,6	48,5	178,4	0,27
Ramsø	41,8	6,2	77,3	66,8	3825	127,0	66,1	178,0	0,23
Y.Løperen	51,5	8,3	72,1	59,7	3610	119,8	51,0	211,2	0,39
Singløy	87,9	14,5	61,4	54,5	3140	104,8	81,8	173,4	0,58

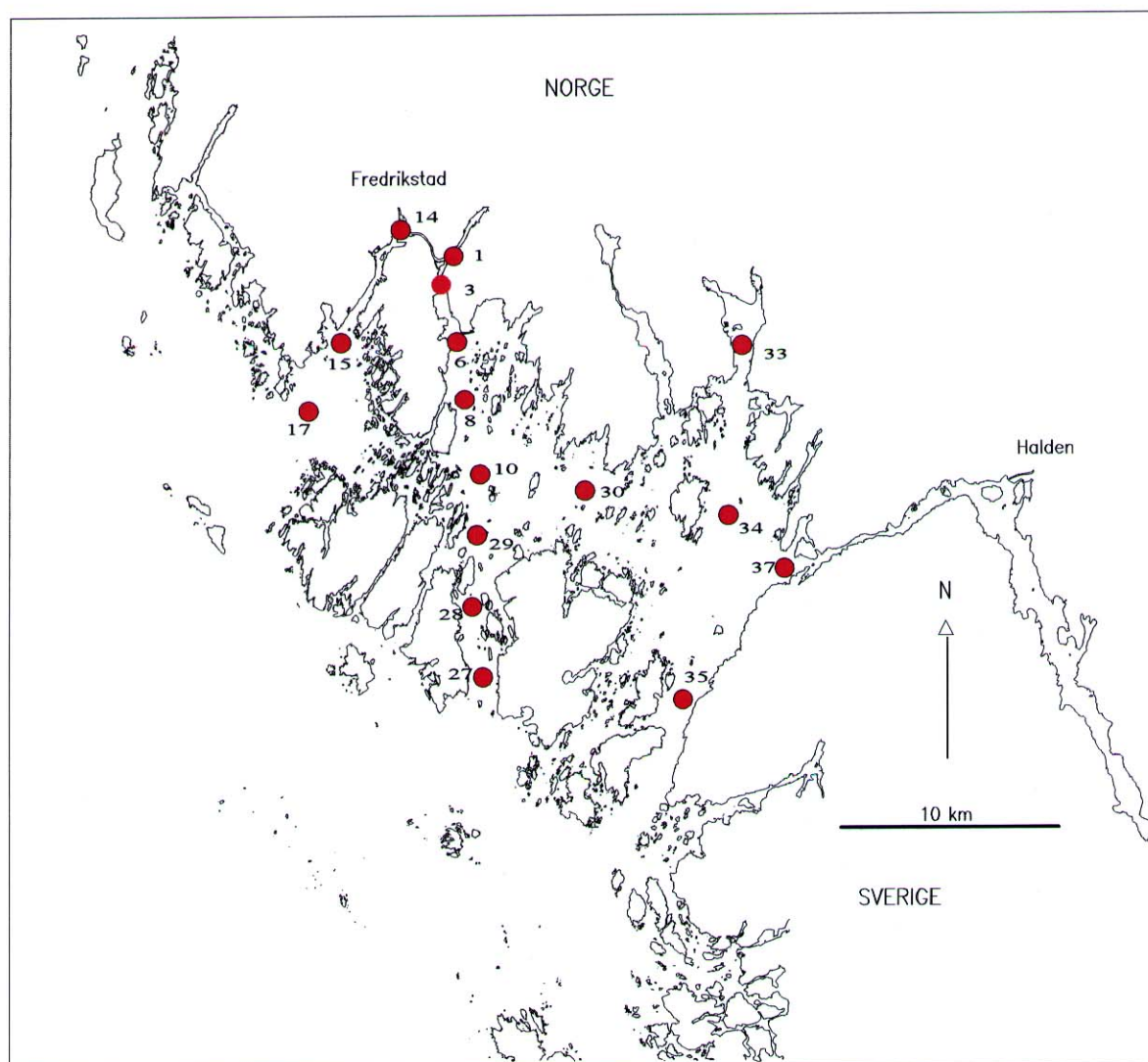
Prøvetaking av bunnsedimenter ble utført på 16 stasjoner innenfor Hvalerøyene (se figur 19 for stasjonshenvisning). De øvre 0-1cm av sedimentene ble analysert for metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), kvikksølv (Hg), bly (Pb), titan (Ti), sink (Zn) samt total mengde organisk karbon (TOC) og total mengde nitrogen (TN). Også tjærestoffer (polyaromatiske hydrokarboner =PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og andel silt/leire ble analysert. Årlig sedimenttilvekst i området ble også anslått på seks stasjoner på bakgrunn av bly-210 datering.

De fleste stasjoner hadde finkornede sedimenter, tilnærmet 100% silt/leire med et innhold av TOC på 2,0 til 2,5%, hvilket er normalt for kystnære områder. Stasjonene nederst i Glomma og i utløpsområdet hadde mer grovkornet materiale og et lavere TOC innhold. Andelen av terrestrisk organisk karbon var relativt lav og avtok i økende avstand fra Glomma. Sedimenttilveksten i området var fra 3 mm/år (st.30) til 12 mm/år (st. 10).

Analyse etter opplutning med flussyre ga høyere konsentrasjoner av spesielt Cr og Ti, men også jern og Cd ga noe høyere verdier. På stasjon 3 lå verdiene for jern etter flussyre opplutning spesielt mye høyere enn etter saltpetersyre opplutning (tabell 12). Kobber var det eneste metallet som ikke viste noen forskjell ved de to opplutningsmetoder.

En stasjon kunne klassifiseres som markert forurenset (klasse 3) (tabell 12), øvrige stasjoner var moderat (klasse 2) forurenset av minst fire metaller. Hele området kunne karakteriseres som moderat forurenset med kobber (tabell 12) og støtter således resultatene fra sedimentfelleundersøkelsene (tabell 11). Kvikksølv forekom med høyest konsentrasjon i Glommas vestre løp (G14). Titan forekom med høyest konsentrasjon i utløpet av Glommas østre løp (G3). Den spesielt store forskjellen mellom analyseresultatene for Ti og Fe foretatt på sediment fra G3 etter de to opplutningsmetoder viser at hovedkomponenter i utslippet fra Kronos Titan A/S er fast bundet. Den relativt høye konsentrasjonen viser videre at hovedkomponentene sedimenterer eller har tidligere sedimentert i relativt store mengder i munningsområdet. Ser man området under ett førte ikke totalopplutning av

bunnsedimentene til store endringer i klassifisering av miljøkvaliteten. Dette er basert på at miljøkvaliteten i et område ikke er bedre enn den parameteren som gir dårligst miljøkvalitet.



Figur 19. Stasjoner for prøvetaking av bunnsedimenter 1994


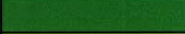
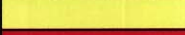


Tabell 12. Innhold av metaller i bunnsedimenter fra stasjoner i Hvaler - Singlefjorden 1994 (se figur 19 for stasjonshenvisning). Sedimentfellestasjoner er indikert i parentes. Analysene er utført etter opplutning med salpetersyre=S og fluss-syre=F. (Fe er gitt i %, Ti i mg/g, øvrige parametere i mg/kg tørrvekt). Middel F/S= forholdet mellom konsentrasjoner oppnådde etter fluss-syre og saltpetersyre ekstraksjon (gjennomsnitt for all 16 stasjoner). Klassifikasjon etter SFT's miljøkvalitets kriterier (Knutzen et al 1993) (Fe og Ti etter Knutzen og Skei, 1990).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	
II	Mindre god/moderat forurenset	
III	Nokså dårlig/markert forurenset	
IV	Dårlig/sterkt forurenset	
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	

Oppslutnings metode	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
Stasjoner/metall	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Fe	Fe	Hg	Hg	Pb	Pb	Ti	Ti	Zn	Zn
G1	0,53	0,66	36,5	110	76	78	2,84	4,4	0,27	i.a.	28,6	68,0	1,71	5,9	160	225
G3	0,09	0,13	19	154	39,2	40,5	1,22	13,6	0,21	i.a.	19,6	23,1	2,09	62,5	50	91
G6	0,31	0,39	34,3	95	59,8	64,0	3,01	4,7	0,2	i.a.	24,7	31,6	1,45	6,2	150	158
G8	0,18	0,27	41,6	110	58,7	58,5	4,04	5,4	0,21	i.a.	25,8	32,0	1,47	5,6	150	163
G10 (2-Belgen)	0,11	0,14	52,5	114	79,3	84,5	5,47	6,6	0,24	i.a.	37	37,0	1,58	4,5	170	188
G14	0,16	0,22	16,8	63,5	68,2	65,0	1,54	2,9	0,7	i.a.	31,8	31,8	0,57	2,6	110	118
G15	0,08	0,12	53,4	113	69,9	71,0	4,54	6,0	0,34	i.a.	43,2	43,2	1,26	3,0	180	204
G17	0,09	0,14	58	128	62,7	61,0	4,87	6,6	0,45	i.a.	62,9	79,8	1,36	4,0	210	225
G27 (1-Løperen)	0,09	0,14	64	133	71,8	70,5	5,17	6,6	0,45	i.a.	53,6	60,2	1,77	4,2	210	220
G28	0,08	0,12	64	135	75,8	74,0	5,33	6,9	0,4	i.a.	46,1	52,4	1,91	4,3	200	213
G29	0,11	0,16	61,5	135	71,3	72,0	5,69	6,6	0,29	i.a.	37,3	39,1	1,9	5,4	190	197
G30 (3-Ramsøy)	0,1	0,15	69,9	149	89,4	89,0	5,76	7,4	0,46	i.a.	54,2	61,0	2,04	5,0	230	250
G33	0,07	0,10	51,4	110	46,9	48,5	4,4	6,0	0,35	i.a.	62,7	67,2	1,21	3,3	200	208
G34 (4-Singløy)	0,07	0,12	53	113	45,5	45,5	4,76	6,3	0,34	i.a.	67,6	72,0	1,11	3,0	200	215
G35	0,08	0,15	50,9	105	37,4	38,5	3,97	5,4	0,25	i.a.	58,7	67,2	0,82	3,0	170	187
G37	0,10	0,17	43,4	99,5	45,4	45,0	3,44	4,8	0,34	i.a.	71	77,4	0,96	2,6	180	192
Middel F/S	1.49		2.75		1.01		1.99				1.20		4.74		1.14	

Ved undersøkelsene i 1990 ble det registrert store endringer fra 1980, særlig på innholdet av kadmium og kvikksølv (Hektoen et al., 1992) (se tabell 13). Dette var i overensstemmelse med de store utslippsreduksjonene til området, særlig fra industrien (figur 9). Foreliggende undersøkelser bekrefter den positive bedringen som ble registrert i 1990. Det er imidlertid ikke statistisk signifikante reduksjoner av metaller i bunnsedimentene fra 1990 til 1994 (se tabell 13), selv om reduksjoner i utslippene fra industri og kloakk er ytterligere redusert også de siste 5 år (se kapittel 2).

Tabell 13. Innhold av kvikksølv (mg/kg t.v.) i bunnsedimenter fra stasjoner i Hvaler - Singlefjorden i 1980 (Næs 1983), 1990 (Hektoen et al. 1992) og 1994 (Helland 1996). Se figur 19 for stasjonshenvisning. Analysene er utført etter oppløsning med salpetersyre. Klassifikasjon etter SFT's miljøkvalitets kriterier (Knutzen et al 1993).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	
II	Mindre god/moderat forurenset	
III	Nokså dårlig/markert forurenset	
IV	Dårlig/sterkt forurenset	
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	

Stasjoner/metall	1980	1990	1994
G1	0,47	0,11	0,27
G3	0,92	0,20	0,21
G6	0,58	0,16	0,2
G8	0,70	0,10	0,21
G10 (2-Belgen)	0,75	0,12	0,24
G14	1,50	0,41	0,7
G15	2,01	0,41	0,34
G17	1,10	0,45	0,45
G27 (1-Løperen)	1,29	0,46	0,45
G28	1,84	0,70	0,4
G29	1,55	0,40	0,29
G30 (3-Ramsøy)	1,25	0,49	0,46
G33	0,82	0,35	0,35
G34 (4-Singløy)	1,26	0,38	0,34
G35	0,83	0,26	0,25
G37	0,76	0,36	0,34

Analyser av PCB i overflatesedimentet innsamlet i 1994 (Helland, 1996), viste at en hadde moderate overkonsentrasjoner (klasse 2) på alle stasjoner (figur 20). De høyeste verdiene ble registrert ved utløpet av Glomma. PCB-sammensetningen i overflatesedimentet på de stasjonene som ligger nær Glommas munning (St. 6 og St. 8) avviker noe fra de øvrige, idet PCB 28 der synes å være dominerende (figur 21). Dypere ned i sedimentet (5-7 cm) i Glommas munningsområde (G10) er det tidligere (1990) observert høyere konsentrasjoner dominert av mer lavklorerte forbindelser (se Berge et al 1996). De noe høyere konsentrasjoner dypere ned i sedimentet viser at en tidligere har hatt større tilførsler som på grunn av sedimentering nå i vesentlig grad er overdekket med renere materiale. Den

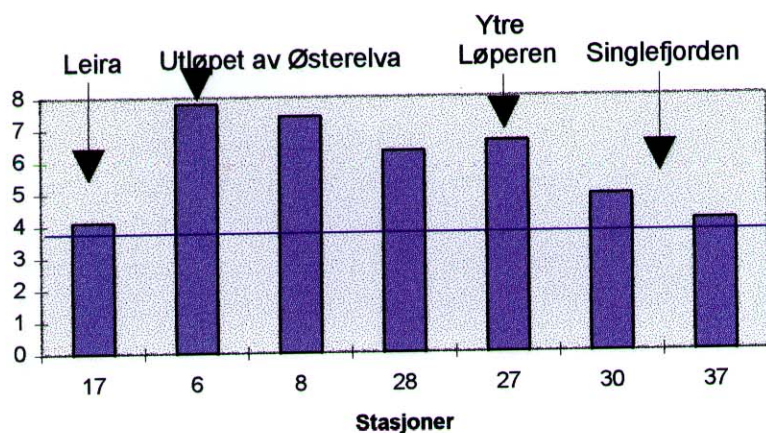
meget dominerende PCB 28 i sedimentet i Glommas munningsområde indikerer at PCB-kilden i dette området har vært av typen AROCLOR 1242.

I 1983 ble det påvist høye konsentrasjoner av PCB i området, med mistanke om at Øraområdet kunne være en mulig kilde. Dette ble ikke verifisert i 1990. Undersøkelser av partikulært materiale i vannmassene under flommen i 1995 viste også høye konsentrasjoner av PCB ved utløpet av Glomma og ved Torbjørnskjær (Helland 1996). Dette reiser igjen spørsmålet om det finnes en kilde til PCB i området. PCB innholdet i fisk kan imidlertid tyde på at PCB belastningen er redusert (se kapittel 3.6).

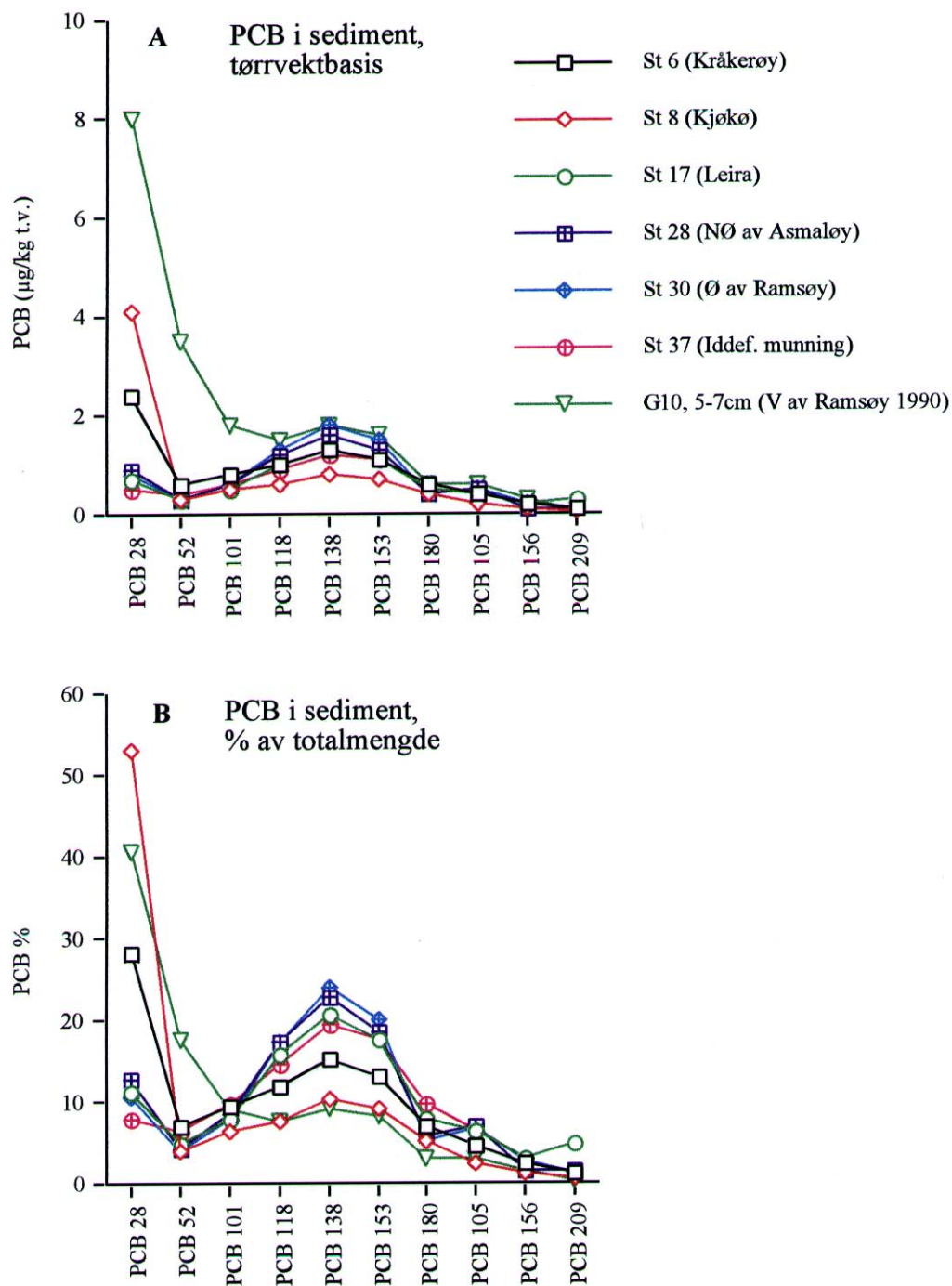
Konsentrasjonene av PAH på to stasjoner var i 1990 henholdsvis 885 og 1200 μg PAH/kg tørt sediment med en KPAH (potensielt kreftfremkallende PAH) på 6 og 30 % (Hektoen et al., 1992). Ved foreliggende undersøkelser var verdiene henholdsvis 634 og 1284 μg PAH/kg sediment, med 21 og 39 % KPAH og ikke vesentlig forskjellig fra undersøkelsene i 1980. Dette tilsvarer SFTs miljølitenkriterier klasse 2, moderat forurenset. Sedimentundersøkelser utenfor Hvalerøyene i 1989 viste konsentrasjoner på ca. 1500 μg PAH/kg sediment med KPAH opp i 40% (Helland et al., 1990).

Undersøkelsene viser små eller ingen forandringer fra 1980 fram til 1994, og forholdene innenfor øyene ser ut til å være de samme som utenfor øyene.

En av målsettingene med foreliggende undersøkelse var å vurdere hvor mye eventuelle miljøgifter må reduseres for å oppnå en gitt miljøliten og bruksverdi. Området kan generelt karakteriseres som moderat forurenset (klasse 2). Verdiene i klasse 2 er satt 1 - 4 ganger høyere enn nivåene i diffust belastede områder, dvs. områder uten punktkilder. En halvering av utslippene fra menneskelige aktiviteter vil ikke nødvendigvis føre til en halvering av miljøgiftinnholdet i bunnsedimentene. Dette er avhengig av en rekke faktorer, generelt er sedimentasjonen avhengig av transport og oppholdstid og partikler i vannmassene i estuarier.



Figur 20. Forekomst av PCB ($\Sigma 7$ -Dutch $\mu\text{g}/\text{kg}$) på 7 stasjoner i Hvaler - Singlefjorden 1994. Merk at tilstandsklasse II ligger i intervallet 2.5-12.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for $\Sigma 7$ -Dutch. Merk at grensen mellom lite forurenset og moderat forurenset er inntegnet. Se figur 19 for stasjonshenvisning.



Figur 21. PCB kongenerer i overflatesediment (untatt G10 der 5 - 7 cm intervallet ble analysert) fra Hvalerområdet. Se figur 19 for stasjonshenvisning. Sedimentet ble innsamlet i 1994 (Helland 1996) untatt G10 som ble innsamlet i 1990 (upubliserte data).

A:Konsentrasjon oppgitt på tørrvektbasis.

B:Konsentrasjon oppgitt som % av analysert totalmengde

3.4 Bløtbunnsfauna

I 1994 ble det samlet inn prøver fra de samme 18 stasjonene som i 1990 (figur 22). Sedimentene besto av leire og silt. Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) og glødetap var svært jevne over hele undersøkelsesområdet (henholdsvis 15-27 og 70-132 mg/g), men med en tendens til lavere verdier i indre Hvaler enn i ytre Hvaler og Singlefjordområdet. Forholdstallene mellom karbon og nitrogen var også normale for marine sedimenter (8.3-12.7) og uten noen gradient innenfor undersøkelsesområdet. Nivået av TOC i Hvalerområdet var nærmest identisk med nivået i sedimentene langs Skagerrakkysten, men lavere enn i f.eks. Grenlandsfjordene.

Artsmangfoldet kan brukes som et mål for miljøforholdene i en resipient. Artsmangfoldet avhenger av artsantallet og hvordan individmengden er fordelt blant artene. Mange arter og jevn fordeling blant artene betyr høyt arts mangfold. Omvendt gir lavt artsantall og dominerende individtall hos en eller få arter lavt arts mangfold. Artsmangfoldet går ned ved forurensningspåvirkning, mens det holder seg høyt ved naturlige, upåvirkete forhold.

I figur 23 har en for hver stasjon plottet artstall mot individtall i en grafisk framstilling for klassifikasjon av arts mangfold (Rygg 1984b) .

Med unntak av stasjon D1 og D2 nærmest Glommas munning og muligens D5 i Løperen ligger alle stasjonene i området for normalt eller høyt arts mangfold.

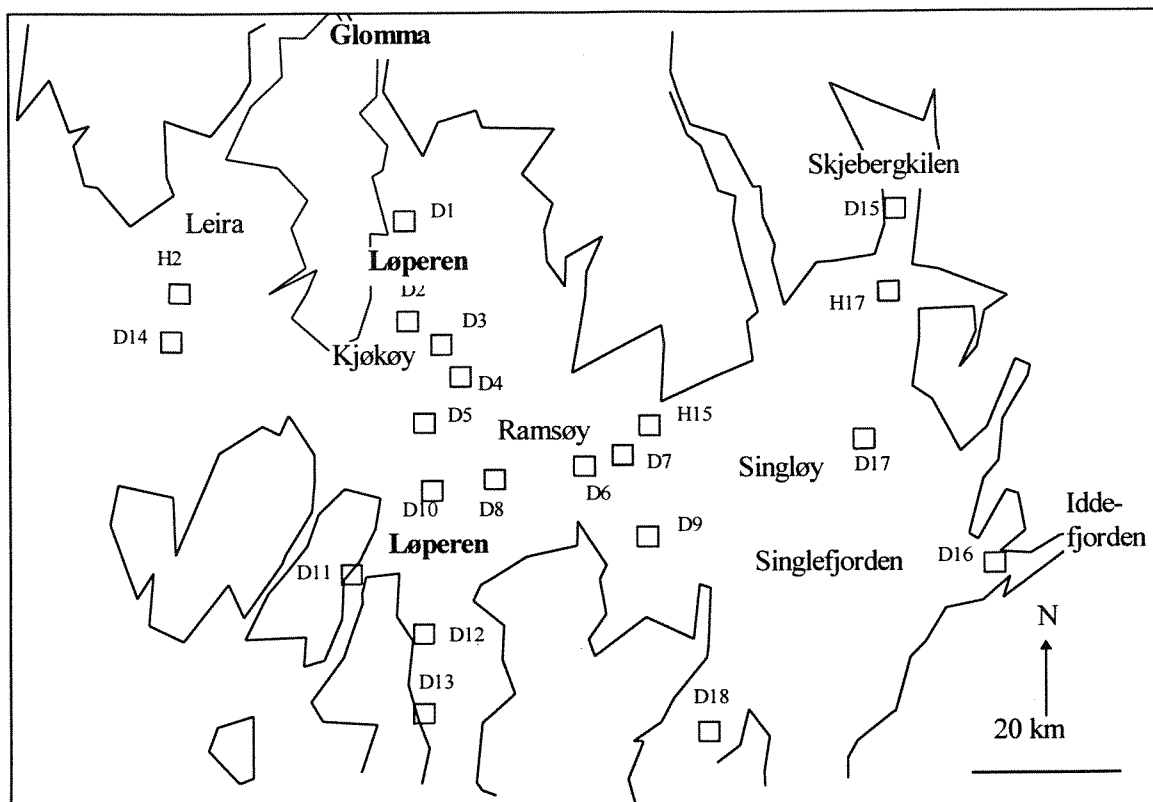
Tidligere undersøkelser (1980-1990) viste at bløtbunnsfaunaen i indre Hvaler var artsfattig og dominert av arter som tåler betydelig forurensning (figur 24) . I 1990 var tilstanden bedre enn i 1980-82 på enkelte stasjoner (se figur 24)

På stasjonene i indre Løperen var tilstanden for bløtbunnsfaunaen betydelig forbedret i tidsrommet 1980-1994. På stasjonene i området mellom Løperen og Singlefjorden var det også en tydelig forbedring (se figur 24 og figur 25).

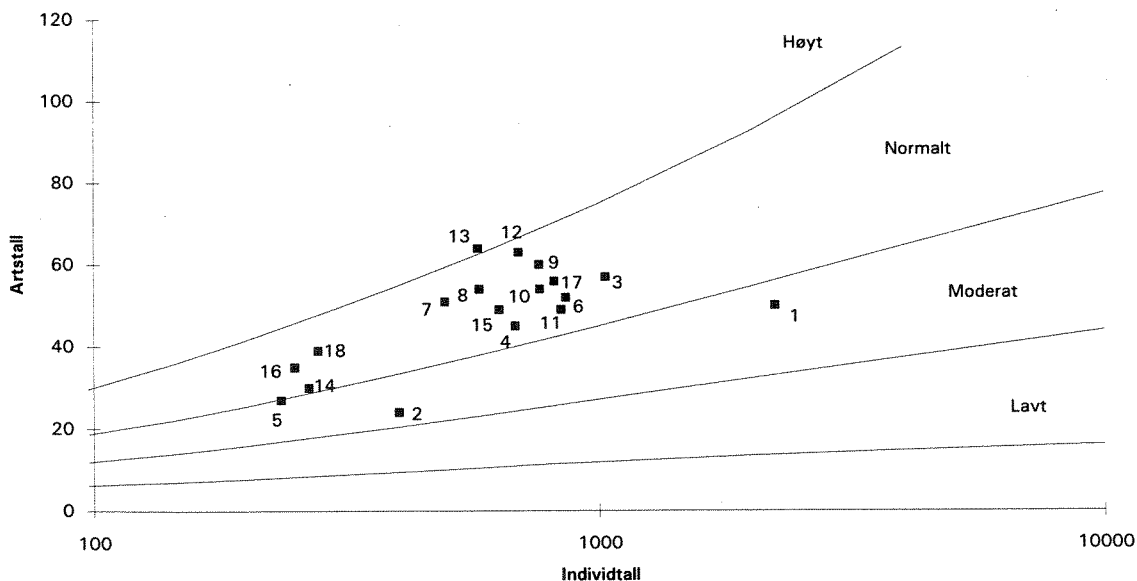
I de perifere delene av undersøkelsesområdet (Leira vest for selve Hvaler, samt Singlefjorden med randområder) var faunaen tilnærmet normal i både 1980- og 1990-årene.

På stasjonen på 12 m dyp i munningen av Glomma (D1) var arts mangfoldet betydelig høyere i 1990 enn i 1982. I 1994 var faunaen enda rikere (mange arter og individer). Dominansen av forurensningstolerante arter tyder likevel på at det fremdeles var en viss forstyrrelse. De sterkt varierende forhold i en elvemunning gjør det usikkert å hevde at forskjellene fra år til år bare skyldes endringer i forurensning.

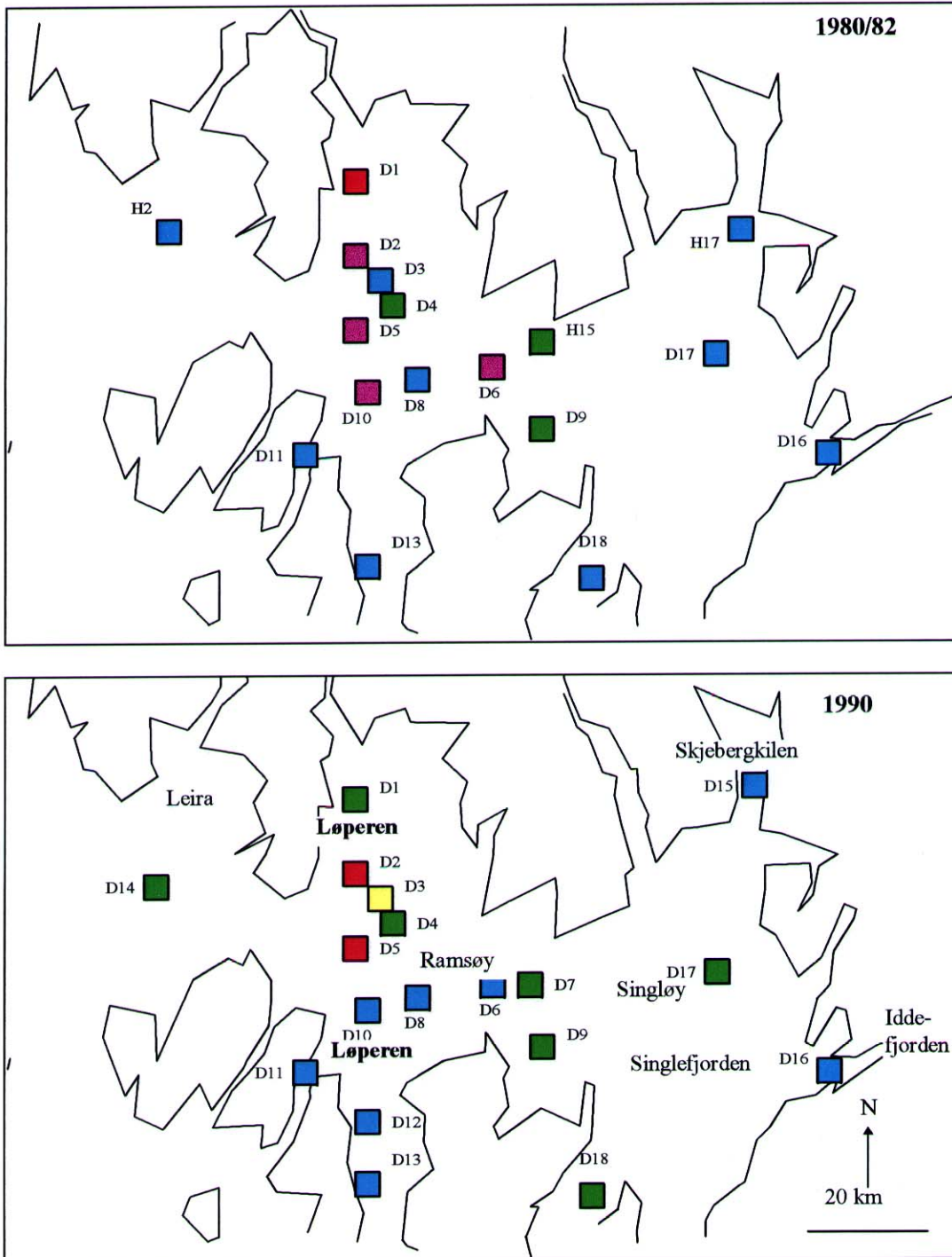
Stasjonen på 54 m dyp ved Kjøkøy litt lenger ute (D2) var sterkt påvirket både i 1980, 1982 og 1990, trolig som følge av stor sedimentasjon og oksygenmangel. Stasjonen var nesten livløs i 1980. I 1982 var det fremdeles svært få arter og forurensningstolerante fåbørstemark (*Oligochaeta*) dominerte fullstendig. I 1994 hadde artstallet økt betydelig og det var et nokså normalt artstall og individtall på stasjonen. Det var altså en stor forbedring fra tidligere år. Stasjonen var imidlertid også i 1994 dominert av forurensningstypiske arter, først og fremst manglebørstemarken *Capitella capitata*, som viser at lokaliteten fremdeles var påvirket. Også på denne stasjonen kan det være varierende naturgitte forhold fra år til år.



Figur 22. Bløtbunnsfaunastasjoner (D1-D18) i 1990-1994. Nærliggende stasjoner i 1980 er gitt benevnelsen H2, H15 og H17.

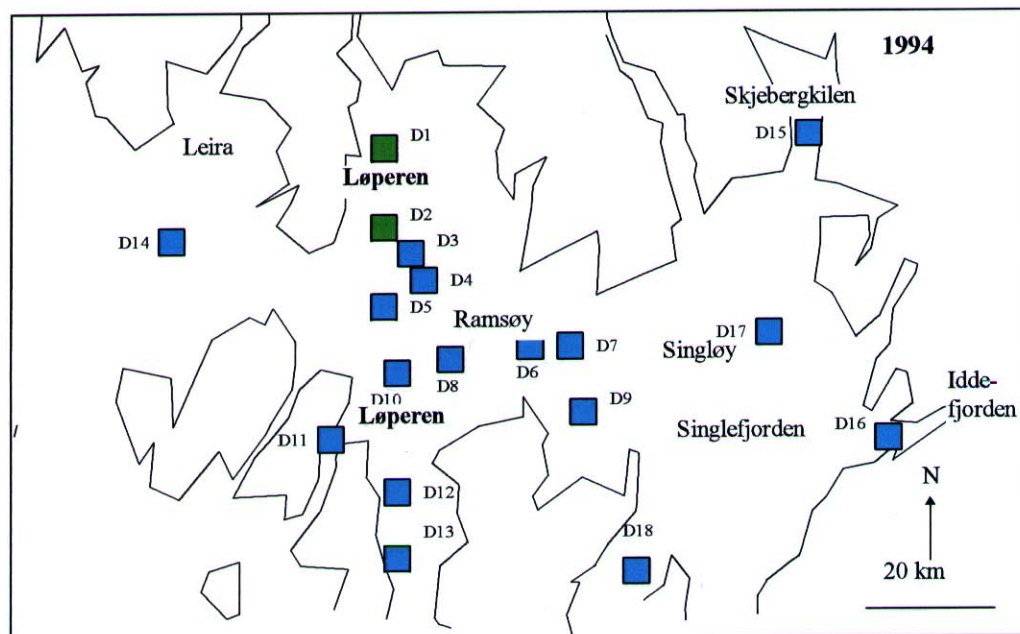


Figur 23. Klassifisering av artsmangfold på stasjonene i Hvaler i 1994. Skille mellom lavt, moderat, normalt og høyt artsmangfold er indikert med heltrukne linjer. Klassifisering er foretatt etter Rygg og Thélin, 1993.



Figur 24. Klassifisering av tilstanden på de 18 bløtbunnsfaunastasjonene i 1980/82 og 1990. Graden av påvirkning varierte fra meget sterk (fiolett farge) i dyppartier i indre Løperen, via sterk (rød), moderat (grønn) til liten (blå) i ytre og østlige områder. Klassifisering etter Rygg og Thélin, 1993.

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| ■ = Meget dårlig tilstand | ■ = Mindre god tilstand |
| ■ = Dårlig tilstand | ■ = God tilstand |
| ■ = Nokså dårlig tilstand | |



Figur 25. Klassifisering av tilstanden på de 18 bløtbunnfaunastasjonene i 1994. Graden av påvirkning varierte fra moderat (grønn farge) i dyppartier i indre Løperen, til liten (blå) i midtre og ytre områder. Klassifisering er foretatt etter Rygg og Thélin, 1993.

- = Meget dårlig tilstand
- = Dårlig tilstand
- = Nokså dårlig tilstand
- = Mindre god tilstand
- = God tilstand

Stasjonen på 54 m dyp lenger ute i Løperen (D5) var sterkt påvirket både i 1980, 1982 og 1990, trolig som følge av stor sedimentasjon og oksygenmangel. Stasjonen var uten makrofauna i 1980 og var nesten livløs også i 1982 og 1990. Faunaen var nokså fattig også i 1994, men likevel markert forbedret fra tidligere. Den forurensningstolerante muslingen *Corbula gibba* var vanligst i 1994.

På stasjonen på 48 m dyp enda lenger sør i Løperen (D10) var faunaen artsfattig i 1980 og nesten uten makrofauna i 1982. Fra 1982 til 1990 var det en markert forbedring. I 1994 var tilstanden stort sett som i 1990. Forurensningstolerante arter (bl.a. manglebørstemarken *Polydora caulleryi*) var fremdeles dominerende. Dette tyder på en viss forurensningspåvirkning.

På stasjonen på 67 m lengst sør i Løperen (D13) var faunatilstanden nokså normal både i 1980, 1990 og 1994.

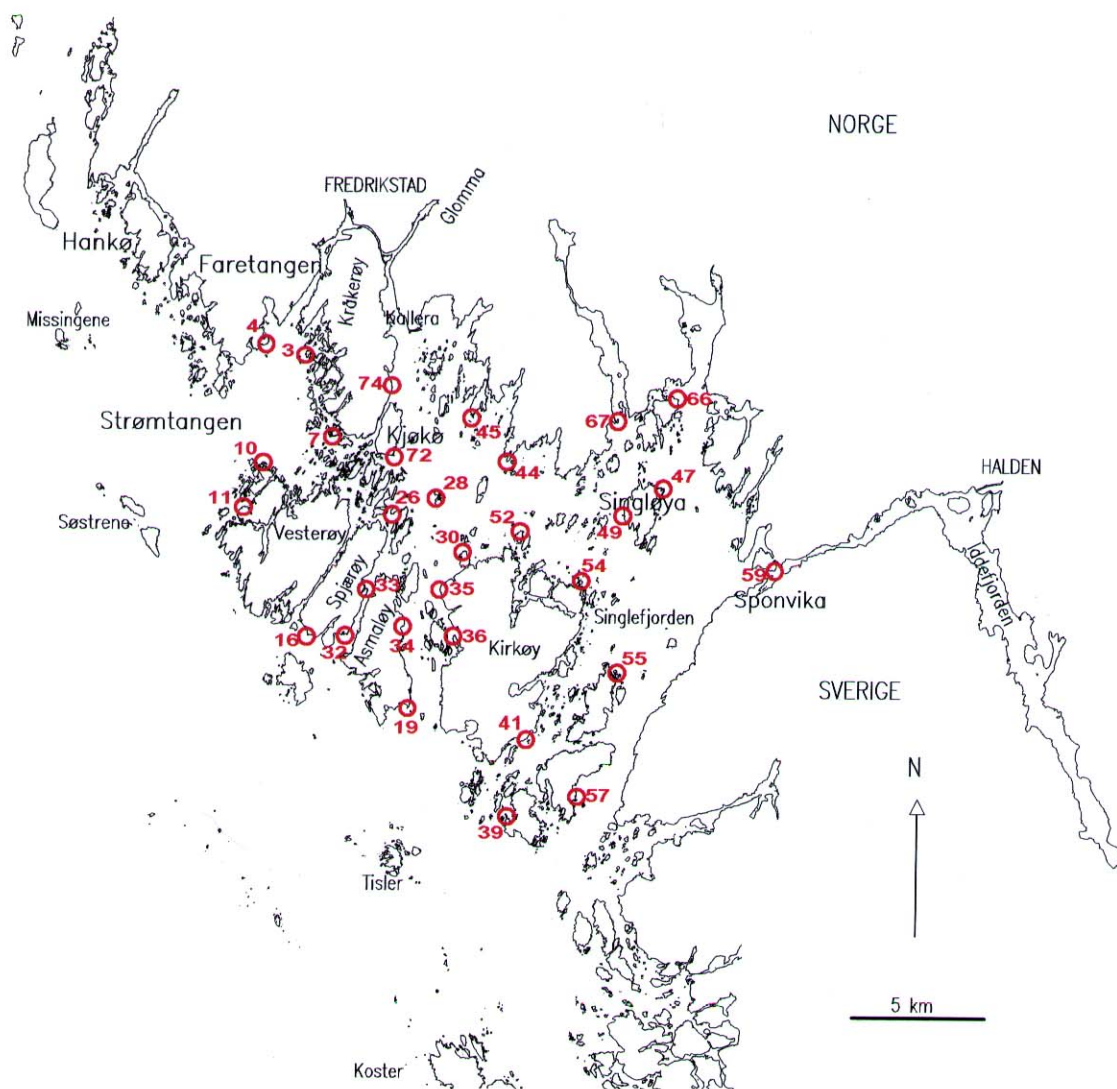
I det sentrale Hvalerbassenget i området mellom Ramsøy og Singlefjorden (D6, D7, D9 og H15) var det til dels dårlige tilstander for faunaen i 1980. *Polydora caulleryi* dominerte. Det var en forbedring fra 1980 til 1990, og i 1994 var tilstanden god.

Det er nærliggende å anta at bedringen i faunatilstanden i indre Hvaler i 1990 og særlig i 1994 skyldes reduserte forurensningstilførsler og bedre oksygenforhold.

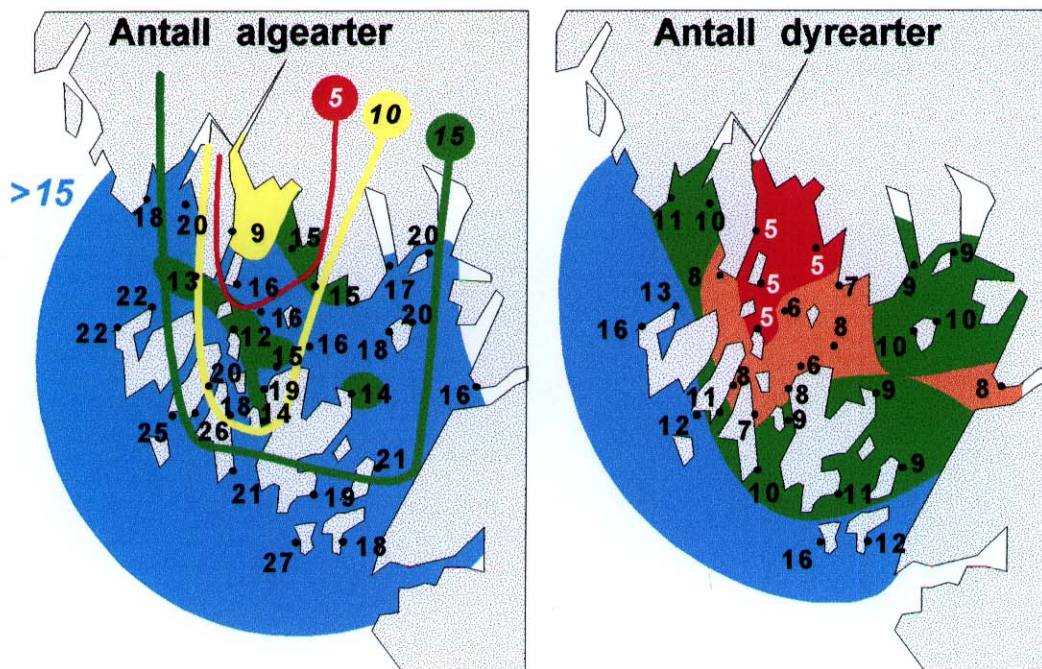
3.5 Hardbunnsundersøkelser

Målsetningen for hardbunnsundersøkelsen utført i 1992-1994, har vært å beskrive miljøtilstanden i Hvalerområdet ved kartlegging av makroskopiske alger og dyrs forekomst i fjæra og på gruntvann. Forandringer i miljøkvalitet siden basisundersøkelsen i 1980-1982 er blitt belyst ved å sammenlikne og vurdere endringer i alger og dyrs forekomst og utbredelse siden basisundersøkelsen i 1980-1982. Kartleggingen har utover dette dokumentert det biologiske mangfoldet i de marine gruntvannsamfunnene i Hvaler og Singlefjorden-området.

Undersøkelser i 1992-1994 ble utført på 30 av de samme stasjoner som inngikk i basisundersøkelsen i 1980-82 (figur 26). Undersøkelsene i strandsonen har vist en forbedring i miljøtilstanden, ved en signifikant økning i artsantall og arters forekomst og utbredelse (figur 27).



Figur 26. Stasjonskart som viser den geografiske plasseringen av de 30 stasjoner som ble undersøkt i 1992-1994. På stasjonene 4 (Hue), 72 (Kjøkø) og 52 (Damholmen) ble det gjennomført dykkerundersøkelser.



Figur 27. Antall alge- og dyrearter registrert i strandsonen på 30 lokaliteter i 1992-1994. Linjene farget med rødt, gult og grønt i figuren til venstre markerer isolinjer for antall algearter (5, 10 og 15) funnet i 1980-82.

Grønnalgene viste en klar endring i sin utbredelse og forekomst over de siste 10 årene. Eksempelvis ble tarmgrønne (*Enteromorpha* spp.), i 80-årene ikke funnet i sentrale deler av Hvaler-området, men ble funnet på alle de undersøkte stasjonene i 1992-94 (figur 28). Endret forekomst av tarmgrønne ble ikke påvist for de deler av Hvaler hvor den tidligere også vokste, slik at det ikke er en generell økning i forekomsten av arten, men heller forbedrede voksebetingelser i sentrale deler av Hvaler-estuariet.

Brunalger som grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og sagtang (*Fucus serratus*) er nå også å finne i områder hvor den ikke vokste for 10 år siden (figur 29 og figur 30). Grisetang vokser naturlig på bølge-beskyttede lokaliteter og den ble av den grunn ikke funnet på de mest bølgeeksponerte stasjonene på "utsiden" av Hvalerøyene. Fortsatt er det stasjoner i Løpern-området hvor sagtang ikke finnes, men det er mulig at den lave saltholdigheten i dette området hindrer etablering her.

Rødalgen sjøris (*Ahmfeltia plicata*) ble i 1980-82 bare funnet på stasjoner på "utsiden" av Hvalerøyene, mens den nå i 1992-94 undersøkelsen ble funnet spredt på et stort antall stasjoner innenfor tidligere voksegrense.

Også dyrene viste en øket utbredelse. Strandsnegl (*Littorina littorea*) som tidligere ikke ble funnet innenfor hovedøyene Vesterø, Spjørø, Asmalø og Kirkø ble nå funnet på flere lokaliteter innenfor dette området (figur 32).

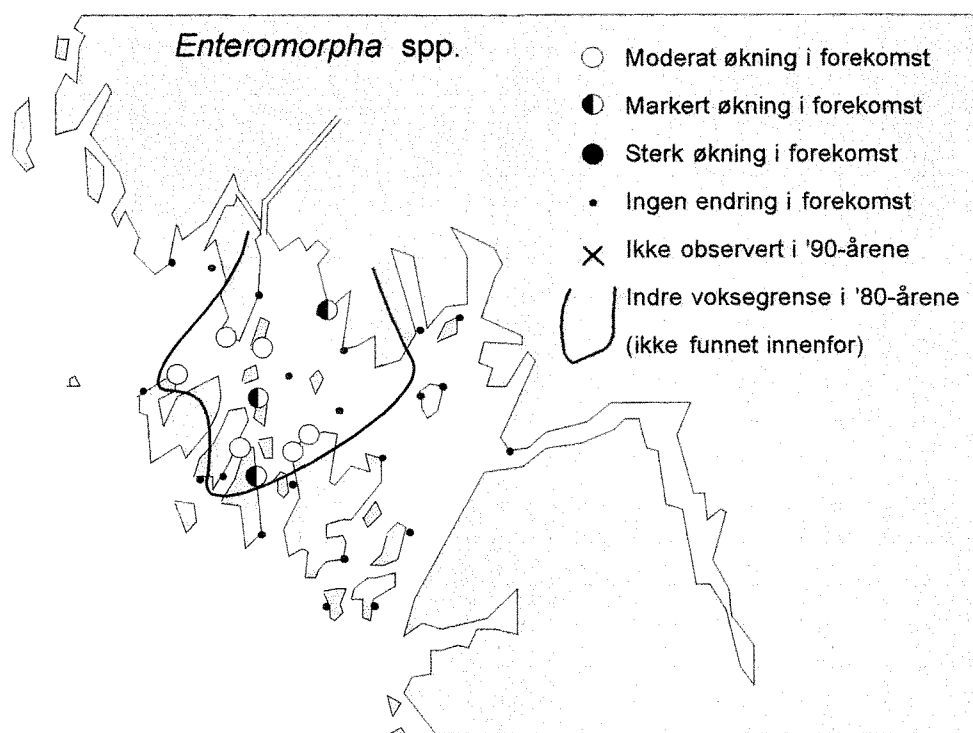
På de tre dykkestasjonene (st. 4 Hue, st. 72 Kjøko og st. 52 Damholmen), ble det påvist en økning i artsantall og forekomst av alger og dyr fra 1980- til 1990-årene. Økningen tas som et tegn på bedre forhold også for organismer som lever noe under tidevannssonen i det undersøkte området. Størst forbedring ble registrert på de to stasjonene i Hvalerbassenget (st. 52 og 72) og i særlig grad på st. 72 som ligger nærmest Glommas hovedutløp.

Basisundersøkelsen på 80 tallet viste at flere arter var fraværende fra strender hvor de naturlig skulle forventes å leve ut fra naturgitte forhold. Disse forhold var nå endret. I 1992-1994 vokste flere arter på lokaliteter hvor de tidligere ikke ble funnet, og arter ble funnet vanlige hvor de tidligere vokste sparsomt. Spesielt på strendene langs med Løperen og i Asmalsund ble det registrert en markert forbedring.

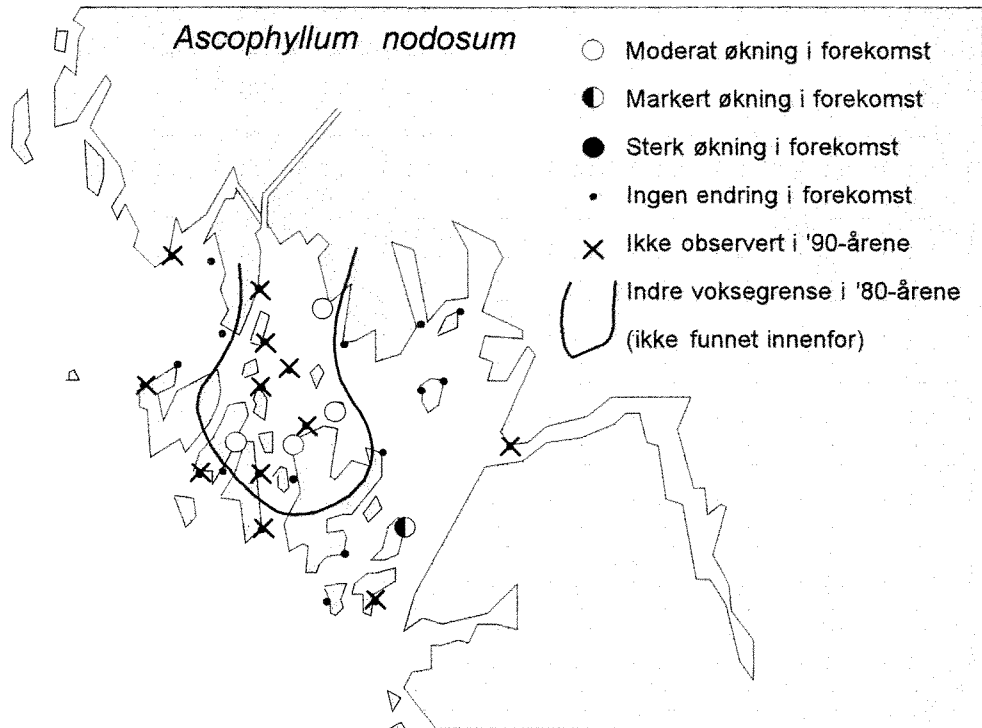
Strendene har nå, 2-4 år etter tiltak ble iverksatt, blitt renere og for enkelte lokaliteter har artsrikdommen i fjæra økt betydelig. Strandsonensamfunnene synes nå å ligge nært opptil hva en kan forvente ut fra naturgitte forhold. Men det forventes en videre utvikling i området ettersom langsomtvoksende flerårige arter vil kunne øke i forekomst og utvide sin utbredelse.

Det kan konkluderes med at lav salinitet og partikkelskuring fra elvevannet ikke var hovedårsak til den tidligere fattige flora og fauna i Hvaler-estuariet, men negative følger av tidligere industriutslipp.

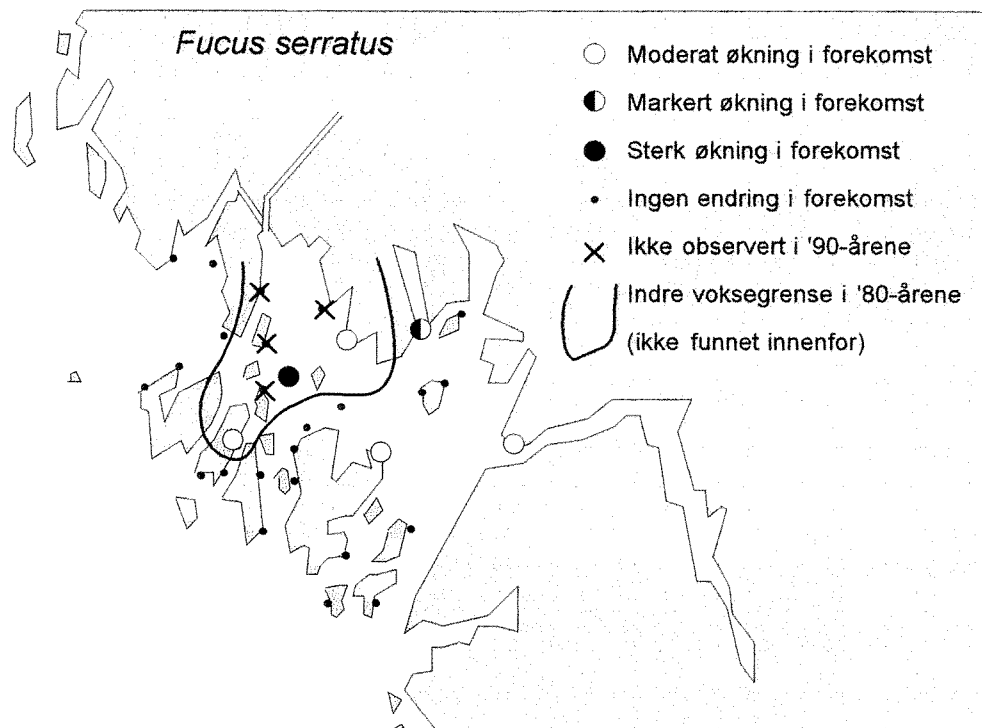
Med hensyn på vannkvalitet og biologisk mangfold har Hvalerestuaret gjennomgått en signifikant forbedring takket være de tiltak som nå er gjennomført i området.



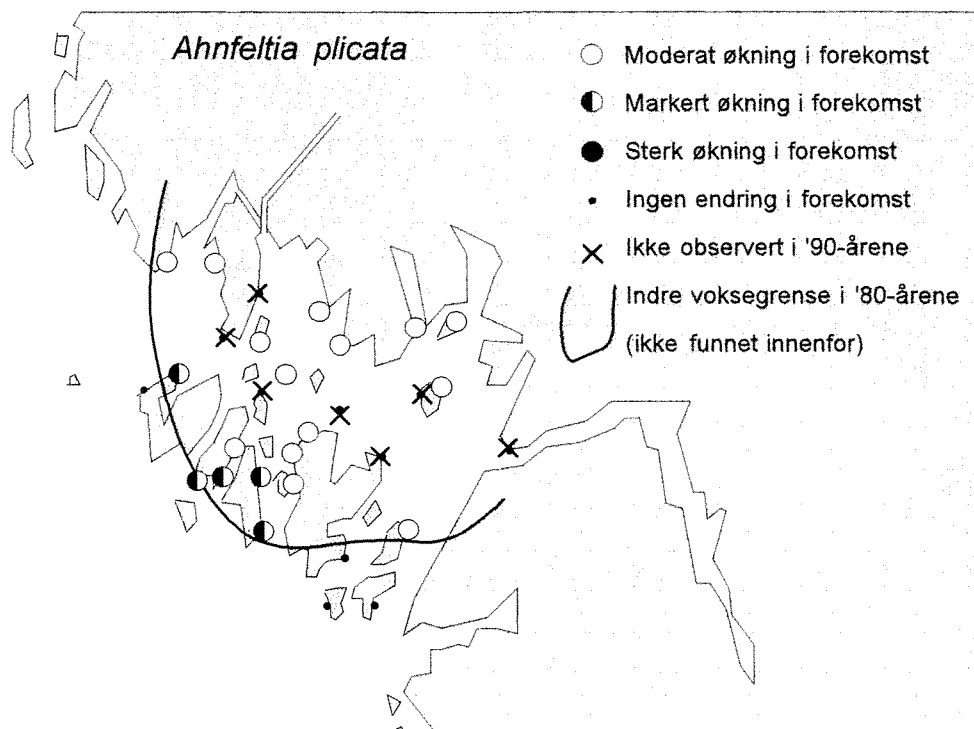
Figur 28. Endret utbredelse og forekomst av *Enteromorpha* spp. Symbolene angir grad av endring, mens den opptrukne linjen markerer indre voksegrense for arten i 80-årene.



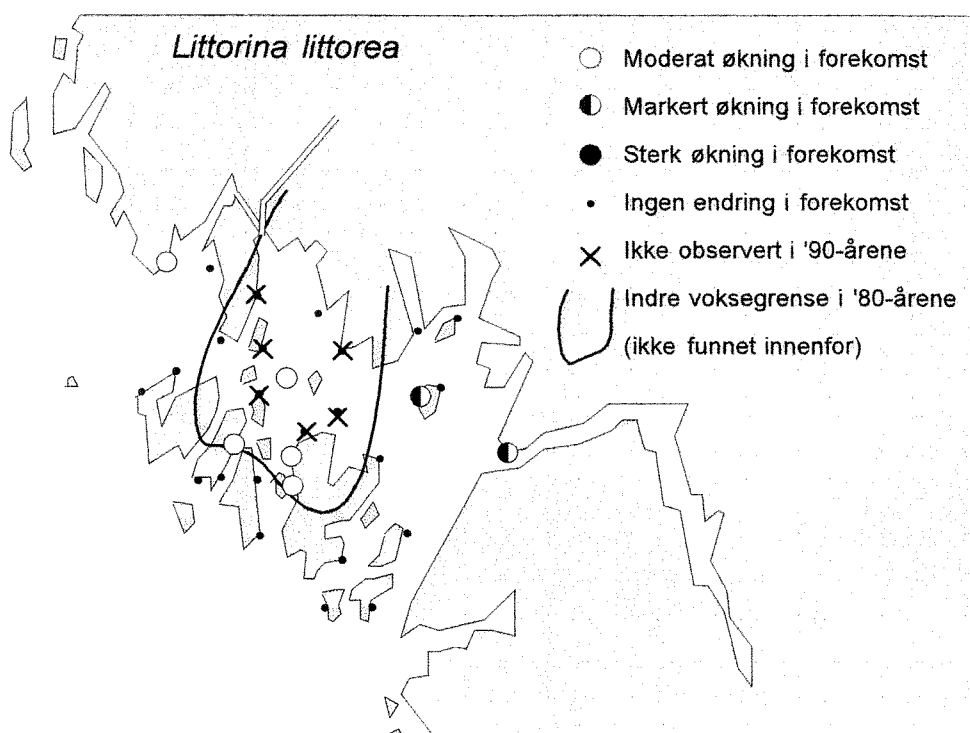
Figur 29. Endret utbredelse og forekomst av *Ascophyllum nodosum* (grisetang). Symbolene angir grad av endring, mens den optrukne linjen markerer indre voksegrense for arten i 80-årene.



Figur 30. Endret utbredelse og forekomst av *Fucus serratus* (sagtang). Symbolene angir grad av endring, mens den optrukne linjen markerer indre voksegrense for arten i 80-årene.



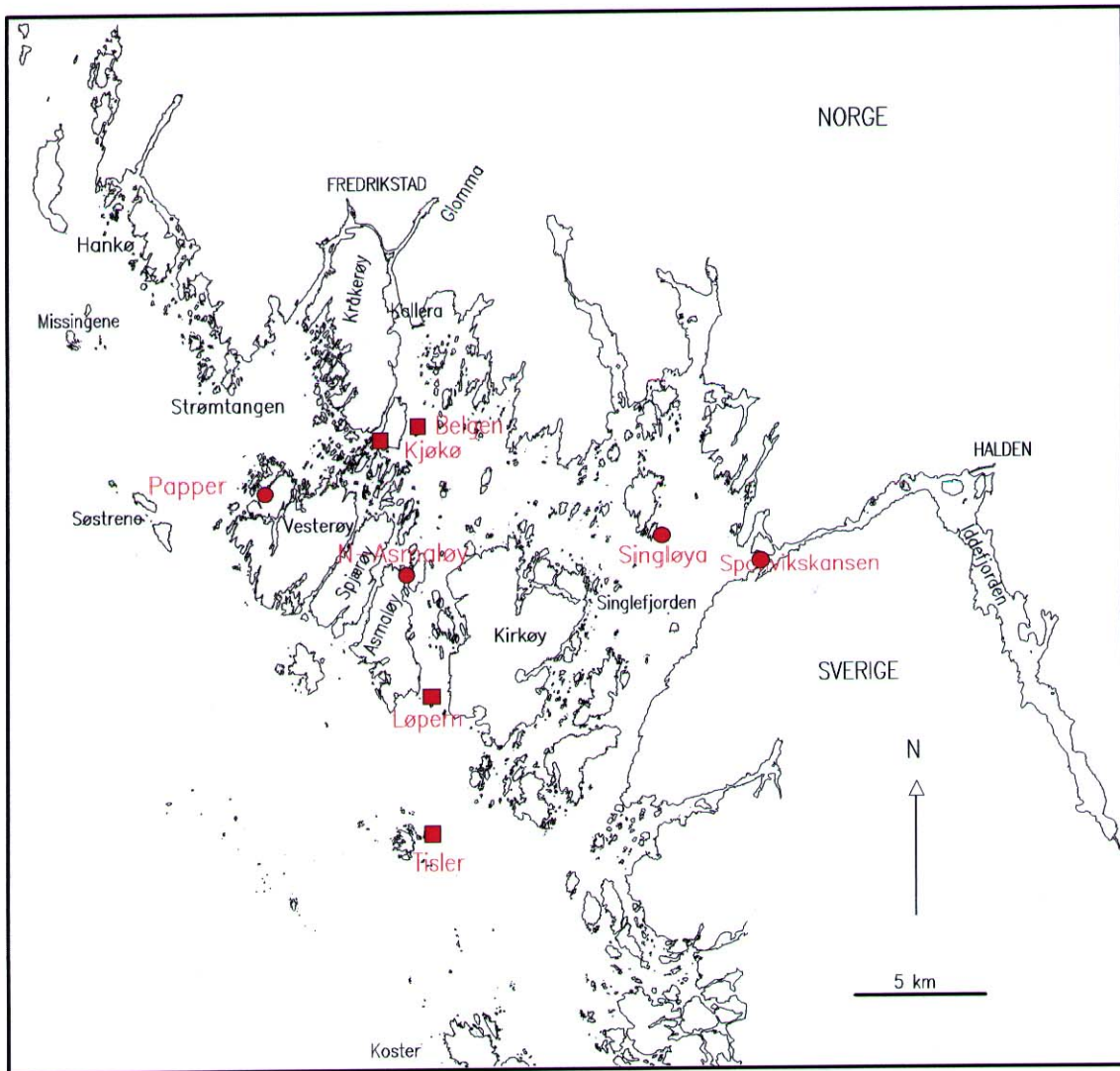
Figur 31. Endret utbredelse og forekomst av *Ahnfeltia plicata* (sjøris). Symbolene angir grad av endring, mens den optrukne linjen markerer indre voksegrense for arten i 80-årene.



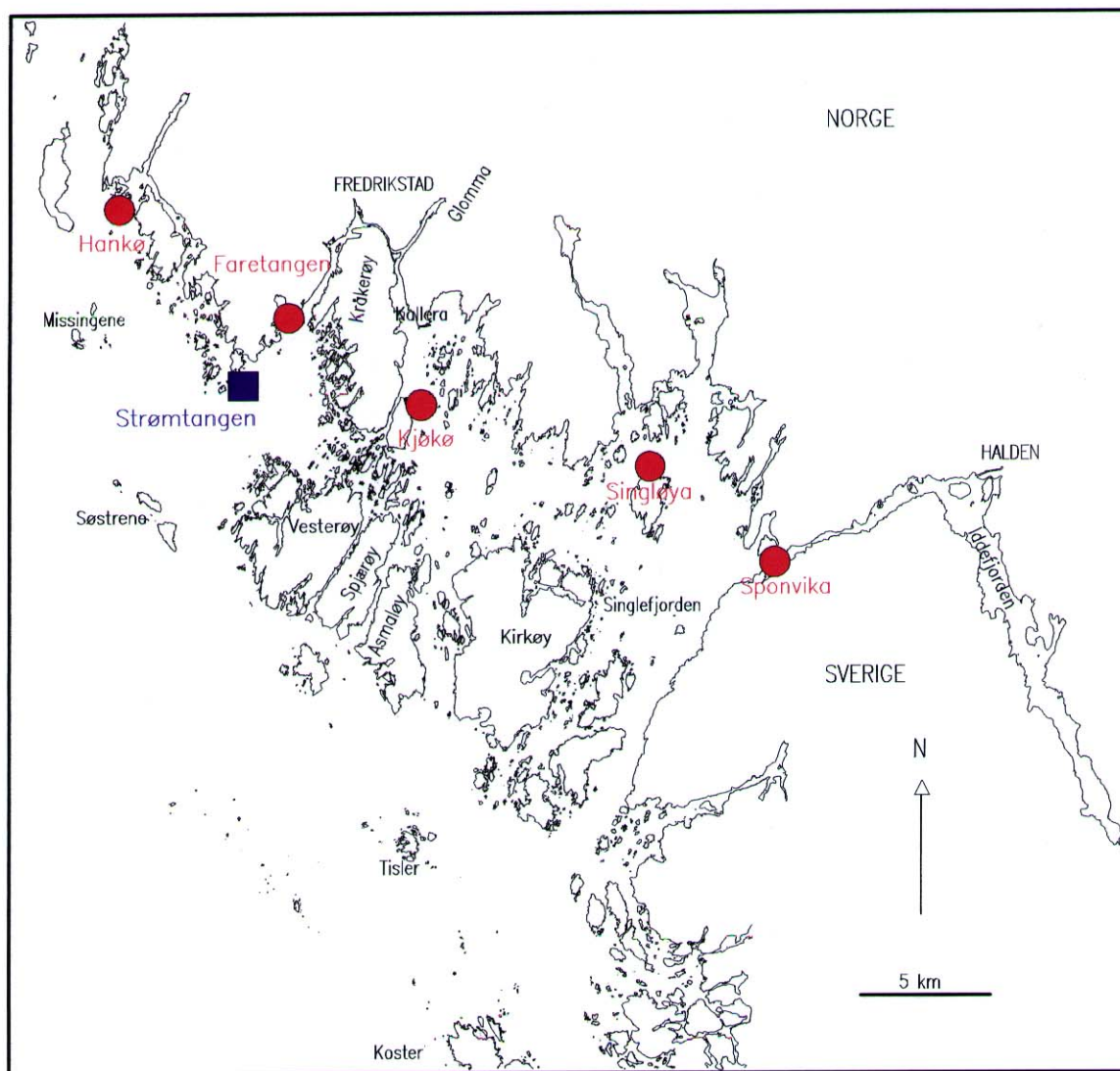
Figur 32. Endret utbredelse og forekomst av *Littorina littorea* (strandsnegl). Symbolene angir grad av endring, mens den optrukne linjen markerer indre voksegrense for arten i 80-årene.

3.6 Miljøgifter i organismer

Her presenteres resultater fra analyser av miljøgifter i blæretang, blåskjell, taskekrabbe, torsk og ål innsamlet i 1994 (stasjonskart ses i figur 33 og figur 34). En sammenligning med tidligere undersøkelser er også foretatt. Undersøkelsen er hovedsakelig fokusert på forholdene innenfor Hvalerøyene. Metaller, polyklorerte biphenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT), polyklorerte dibenzofuraner og polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD) og treforedlingsrelaterte forbindelser (klorerte fettsyrer) er analysert.



Figur 33. Innsamlingsstasjoner for blæretang og blåskjell. Kvadratisk symbol betyr at kun blæretang ble funnet.



Figur 34. Innsamlingsstasjoner for torsk, ål (sirkulære røde symboler) og krabbe (kvadratisk blått symbol).

3.6.1 Metaller

Organismer fra Hvalerområdet fremstod i 1994 som lite til moderat belastet med de fleste metaller med unntak av jern, titan og tildels nikkel (blæretang: Kjøke). Konsentrasjonen av jern og til dels også titan i blæretang og blåskjell var imidlertid så høye at forurensningsgraden på enkelte stasjoner kunne karakteriseres som fra markert til meget sterkt forurenset (tabell 14 og tabell 15). Mest påvirket av jern og titan var området nær Glommas munning (blæretang: Belgen, Kjøke, N-Asmaløy; blåskjell: N-Asmaløy, Singløy).

Innholdet av jern og titan i blæretang (figur 35 c og d) og blåskjell hadde endret seg lite i perioden 1989 - 1994. Sett i lys av de utslippsreduksjoner som er gjennomført for jern og til dels også titan i perioden 1989 - 94 (se kapittel 2) er det bemerkelsesverdig at en ikke kan spore en entydig nedgang i disse metaller slik en ser for kobber og sink (figur 35 a og b). Dette har sannsynligvis sammenheng

med at Glomma naturlig tilfører Hvalerområdet relativt store mengder jern, og at tidligere industriutslipp av jern- og titanholdig partikulært materiale fremdeles er tilgjengelig ved resuspensjon på enkelte stasjoner (spesielt N-Asmaløy). Dagens utslipp kan imidlertid også ha en viss betydning. Vannanalyser viser da også at Glommas munningsområde fremdeles har et overskudd av jern og titan (se kapittel 3.1, Figur 15). Både konsentrasjonen av jern og titan i blåskjell reduseres vesentlig når disse får anledning til å tømme seg for tarminnhold. Dette viser at en vesentlig del av påvirkningen med disse metaller på stasjonen N-Asmaløy er knyttet til suspendert materiale.

Ut fra analyser av organismer fremstår Hvalerområdet som lite til moderat belastet med kvikksølv, bly og kadmium. De relativt høye nivåer av kadmium i hepatopankreas av krabbe som er observert i både Iddefjorden (4.7-5.6 µg/g v.v.) og ved Strømtangen (5.6 µg/g v.v.) gir imidlertid grunn til en viss bekymring ut fra et næringsmiddelhygienisk synspunkt og bør vurderes nærmere av næringsmiddelmyndighetene.

En markant nedgang i alle arter ble observert der en hadde høye konsentrasjoner av kobber i 1989. I samme periode har det funnet sted en betydelig reduksjon i industriutslippene av kobber til resipienten. Industriutslippene av kobber i 1989 var relativt store i forhold til den "naturlige" massetransporten av kobber (ca. 2x), mens utslippene i 1994 utgjorde ca. 1/5. Det må derfor antas at reduksjonen i industriutslippene har vært utslagsgivende for nedgangen i organismer. Imidlertid var fremdeles 3 blæretangstasjoner (Belgen, Kjøkø, N-Asmaløy) og 1 blåskjell stasjon (N-Asmaløy) i 1994 moderat forurenset av dette metallet (tabell 14 og tabell 15). Også analysen av kobber i krabbesmør antyder at kobber fremdeles påvirker organismer i resipienten ved noe forhøyde konsentrasjoner. Det relativt høye nivået av kobber i sedimenterende partikkler (se tabell 11) tyder på at området ennå tilføres unormalt store mengder kobber.

For sink ble det ikke observert forhøyde nivåer i blåskjell hverken i 1989 eller i 1994. I forhold til 1989 ble det registrert en nedgang i blæretang og torskelever i 1994, slik at hele området i hovedsak kunne karakteriseres som lite forurenset med unntak av Kjøkø (blæretang), Singløya (torskelever) og Sponvika (torskelever), som kan karakteriseres som moderat forurenset med sink.

Tilførslene av jern og titan fra tynnsyreutslippet til Kronos Titan A/S har tidligere medført et redusert artsantall i tidevannssonen i Hvalerområdet. Stopp i tynnsyreutslippet fra Kronos Titan A/S i 1990 faller i tid sammen med betydelige forbedringer i grunnvannsamfunnene i området uten at dette kan spores som noen nedgang i vevskonsentrasjoner av jern og titan i blæretang og blåskjell.

Tabell 14. Metaller i blæretang ($\mu\text{g/g t.v.}$) fra stasjoner i Hvaler området. Stasjonene er klassifisert i tilstandsklasser [Zn, Cu, Ni, Cd i følge SFT's miljøkvalitets kriterier (Knutzen et al 1993), Fe og Ti i følge foreløpig forslag i Knutzen og Skei, 1990] etter innholdet av de ulike metaller i blæretang. XB = konsentrasjon dividert med bakgrunnskonsentrasjon for mest belastet stasjon. i.a. = ikke analysert. A = Avstand fra Glommas munning (Kallera lykt). S o/oo = gjennomsnittlige saltholdighet i overflatevannet sommerstid i 1980 (Magnusson og Skei, 1984). Merk at særlig usikkerhet er knyttet til "bakgrunnsnivået" for Ti.

Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

 1. God  2. Mindre god  3. Nokså dårlig  4. Dårlig

Stasjon	S ¹⁾		Metaller											
	A (km)	o/oo	Zn 89	Zn 94	Cu 89	Cu 94	Fe 89	Fe 94	Ni 89	Ni 94	Ti 89	Ti 94	Cd 89	Cd 94
Belgen	5.00	7	i.a.	150	i.a.	13	i.a.	2520	i.a.	12	i.a.	141	i.a.	1.1
Kjøko	5.25	7.5	275	227	33	14	483	943	10	21	25	55	1.7	1.9
Papper	9.40	15	306	133	21	8	590	113	4	6	<5	<5	0.9	1.0
N-Asmaløy	11.3	9.5	184	150	21	15	1010	1754	11	14	42	57	1.3	2.2
Singløya	14.5	15	99	90	9	4	180	193	4	9	<5	<5	0.9	1.2
Løperen	16.3	11	226	113	15	6	327	217	14	8	7	<5	1.1	1.4
"Sponvika"	18.0	16	160	110	9	4	333	137	7	7	<5	<5	1.0	1.1
Tisler	21.7	20	111	80	6	3	197	153	8	8	<5	<5	1.1	1.4
XB (-Belgen)			1.5	1.1	2.1	1.5	3.4	5.9	2.8	4.2	8 ²⁾	11 ²⁾	1.1	1.4
XB (+Belgen)				1.1		1.5		8.4		4.2		28 ²⁾		1.4
"Høyt bakgrunnsnivå" ($\mu\text{g/g t.v.}$)			<200		<10		300		<5		<5 ²⁾		<1.5	

1) De oppgitte verdier er her først og fremst presentert for å angi relative forskjeller i ferskvannspåvirkning.

2) Usikker verdi pga. få observasjoner fra referanselokalitet.

Tabell 15. Metaller i blåskjell fra stasjoner i Hvalerområdet. Stasjonene er klassifisert i tilstandsklasser (Zn, Cu, Cd Pb, Cr, Hg ifølge Knutzen et al.1993) etter innholdet av de ulike metaller i skjellene. Klassifisering av tilstandsklasse mht. konsentrasjoner av jern (Fe) og titan (Ti) er gjort med utgangspunkt i en antatt høy bakgrunnsverdi på henholdsvis 250 og 5 µg/g t.v. (Se tabell 27 i Knutzen og Skei, 1990). Som øvre grense for tilstandsklasse 1, 2 og 3 har en for disse to metallene benyttet 1, 3 og 10 ganger høy bakgrunnsverdi. XB = konsentrasjon dividert med bakgrunnskonsentrasjon for mest belastet stasjon. i.a. = ikke analysert. A = Avstand fra Glommas munning (Kallera lykt) lykt, So/oo = gjennomsnittlig saltholdighet i overflatevannet sommerstid i 1980 (Magnusson og Skei, 1984).

A: Metaller metallkonsentrasjon (µg/g t.v.) der en hadde konsentrasjoner over bakgrunnsnivå på minst én stasjon i 1989.

B: Metaller der en ikke hadde overkonsentrasjoner i 1989, metallkonsentrasjon (µg/g t.v.) er oppgitt.

Merk at særlig usikkerhet er knyttet til "bakgrunnsnivået" for Fe og Ti.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

 1. God  2. Mindre god  3. Nokså dårlig  4. Dårlig

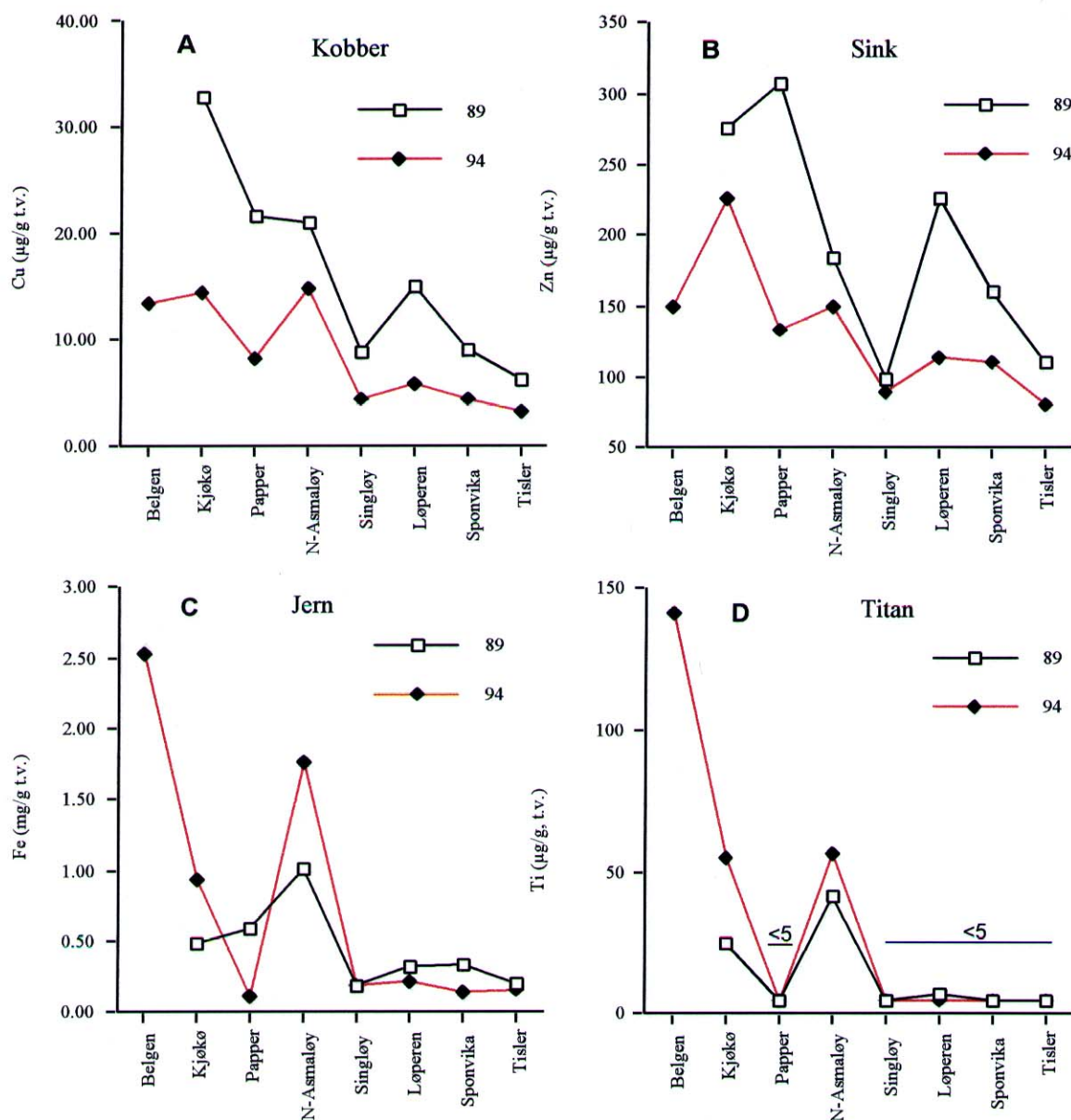
A:

Stasjon	A (km)	S1) o/oo	Metall og årstall									
			Cu 89	Cu 94	Fe 89	Fe 94	Cr 89	Cr 94	Hg 89	Hg 94	Ti 89	Ti 94
N-Asmaløy	11.3	9.5	32	11	1935	1871	8.8	5.4	0.3	0.3	42	49
Singløy	14.5	15	12	7	763	620	2.6	4.5	0.3	0.3	9	<20
Papper	9.4	15	7	7	362	251	1	1.8	0.1	0.2	<5	<20
Sponvikskansen	18	16	7	7	251	563	1.3	3.8	0.1	0.1	<5	<20
"Høyt bakgrunnsnivå" (µg/g t.v.)			<10	<10	<250?	<250 ²⁾	<3	<3	<0.2	<0.2	"5" ²⁾	"5" ²⁾
XB			3.2	1.1	7.7 ²⁾	7.5 ²⁾	3	1.9	1.6	1.7	8 ²⁾	10 ²⁾

²⁾Særlig usikker verdi.

B:

Stasjon	Metall og årstall					
	Zn 89	Zn 94	Pb 89	Pb 94	Cd 89	Cd 94
N-Asmaløy	133	166	1.3	2.2	1.4	1.7
Singløy	170	i.a	1.5	i.a	1.8	i.a
Papper	142	i.a	2.2	i.a	0.7	i.a
Sponvikskansen	94	112	0.8	1.4	0.9	1.0
"Høyt bakgrunnsnivå" (µg/g t.v.)	<200	<200	<5	<5	<2	<2



Figur 35. Metaller i bløretang på stasjoner i Hvalerområdet i 1989 (Berge, 1991) og i 1994 (Berge et al. 1996). **A:**Kobber. **B:**Sink. **C:**Jern. **D:**Titan. Merk at nivåene av titan lå under deteksjonsgrense på fem stasjoner både i 1989 og 1994.

3.6.2 Klororganiske forbindelser

Analyser av klororganiske forbindelser i organismer viser at en har hatt en meget positiv utvikling i Hvalerområdet de siste 5 år.

Det er særlig på stasjoner der en observerte de høyeste konsentrasjoner i 1989 at reduksjoner har funnet sted og området fremstod i 1994 i hovedsak som lite forurenset av klororganiske forbindelser (PCB, HCB, DDT, HCH, PCDF/PCDD). Det er en tendens til at reduksjon skjer raskere i blåskjell

enn i fisk. Dette kan ha en sammenheng med at nivåene i organismer i overflatelaget er mer styrt av de direkte utslipp og konsentrasjonen i overflatelaget, mens nivåene i organismer som lever noe lenger ned i større grad er styrt av sedimenterte forurensninger.

Et uavklart problem er imidlertid de vedvarende høye konsentrasjoner av klorerte fettsyrer som en finner i fisk fra Iddefjorden.

Tilførselene av klororganiske forbindelser fra industri har gått betydelig ned siden 1980. For de fleste enkeltforbindelser kan en ikke sannsynliggjøre en sammenheng mellom utslipp og konsentrasjonsnedgang i organismer i resipienten annet enn ved de bruker-restriksjoner og generelle rensetiltak som er innført og den dokumenterte nedgangen i utslipp av AOX og lindan.

For de øvrige klororganiske forbindelsene har en ingen tilførselsdata.

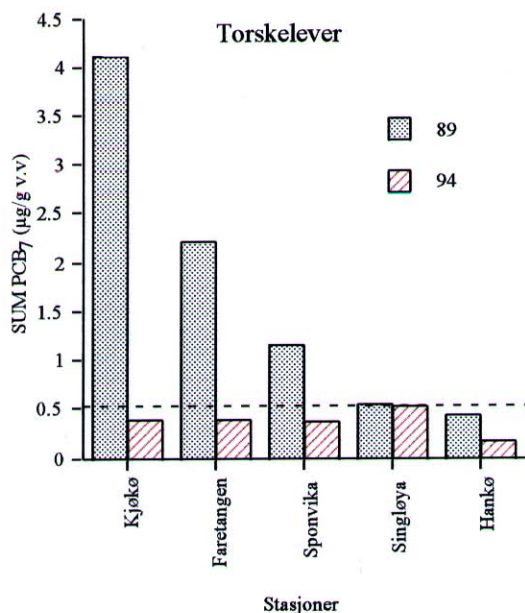
PCB (Polyklorerte bifenyler)

Resultatene fra PCB analyser av torskelever (figur 36) og blåskjell viser en konsentrasjonsnedgang og antyder en redusert tilførsel. Også analyser av filet av ål antyder en konsentrasjonsnedgang selv om en stasjon (Faretangen) er noe avvikende, muligens pga. lokale forhold.

På basis av PCB innholdet i organismer innsamlet i 1994, fremstår Hvalerområdet idag som et område som er lite forurenset med PCB. Dette står i relativ skarp kontrast til situasjonen på 80- tallet, da en hadde forhøyde konsentrasjoner i organismer innfanget nær Glommas munning. Overdekking av kontaminert sediment er sannsynligvis indirekte en medvirkende årsak til at en idag i hovedsak ikke observerer overkonsentrasjoner av PCB i de analyserte organismer. Sedimentundersøkelsene (kapitel 3.3) viser imidlertid at en i sediment fremdeles har moderate overkonsentrasjoner av PCB.

Fordelingen på de ulike PCB kongenere var relativ lik i torsk, ål og blåskjell. En må anta at tilførselene av PCB til området idag i vesentlig grad skyldes langtransporterte forurensninger. Episodiske hendelser (flom) kan imidlertid også tenkes å remobilisere miljøgifter fra gamle deponier som under mer normale vannføringer ikke "lekker".

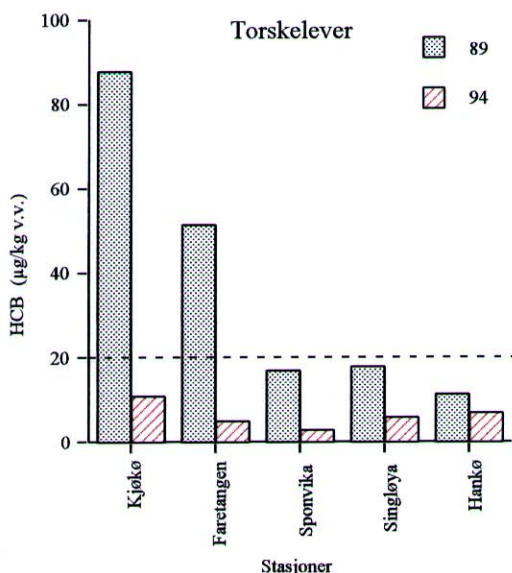
Analysene av non-orto PCB i blåskjell tyder på at nivået er klart lavere enn det som er observert i en del andre industripåvirkede fjordområder. Innholdet av non-orto PCB i torskelver lå betydelig under det som er observert i 9 (til dels klart sivilisatorisk påvirkede) fjordområder i Norge.



Figur 36. Konsentrasjonen av Σ PCB₇ i torskelever fra 5 stasjoner i Hvalerområdet i 1989 og 1994. Konsentrasjoner oppgitt på våtvektbasis. Horisontal prikket linje antyder foreslått revidert høyt bakgrunnsnivå i diffust belastede områder (Knutzen og Green, 1995).

HCB (heksaklorbenzen)

Miljøtilstanden i Hvalerområdet må med hensyn til HCB innhold i sediment, fremdeles karakteriseres som mindre god. Til tross for dette var det ingen tydelige overkonsentrasjoner av HCB i blåskjell og torsk (Figur 37) og konsentrasjonen i ål har gått ned i perioden fra 1989 til 1994.



Figur 37. Konsentrasjonen av heksaklorbenzen i torskelever fra fisk innfanget i Hvalerområdet i 1989 (Berge, 1991) og i 1994. Stiplet linje antyder øvre grense for bakgrunnsnivå (i følge SFT's miljøkvalitets kriterier, Knutzen et al., 1993).

DDT (diklordifenyltrikloretan)

Innholdet av DDT relaterte forbindelser i blåskjell var lavt både i 1989 og 1994.

I torskelever hadde en klare overkonsentrasjoner i 1989. Nivået i torskelever er blitt markert redusert i 1994 i prøver fra alle innsamlingsstasjonene. I 1989 lå konsentrasjonen av Σ DDT i torskelever over bakgrunnsnivå på alle stasjoner utenom Hankø, mens det i 1989 kun ble observert forhøyde konsentrasjoner i Sponvika. Nedgangen var mest markant på stasjoner som hadde høye nivåer i 1989. På disse stasjoner ble det observert en relativt større nedgang i konsentrasjon av p-p DDD enn av p-p DDE.

HCH (heksaklorsyκλοheksan)

Nivåene av HCH observert i blåskjell og fisk viser at HCH ikke er noe miljøproblem i Hvalerområdet.

PCDF/PCDD (polyklorerte dibenzofuraner og polyklorerte dibenzo-p-dioksin)

Nivået av PCDF/PCDD i blåskjell og torskelever lå under "antatt høyt bakgrunnsnivå" (tabell 16). Dette bekrefter at PCDF/PCDD ikke utgjør noe miljøproblem i Hvalerområdet idag. Sett under ett er det imidlertid indikasjoner på at nivåene av PCDF/PCDD er noe høyere i Iddefjorden enn i området forøvrig.

Tabell 16. Giftighet av dioksiner og furaner, samt non-orto PCB (PCB 77, PCB 126, PCB 169) i blåskjell fra Papper samt torskelever og ål fra Kjøkø i 1989 og 1994. Giftigheten er uttrykt som 2378-TCDD toksisitetsekvivalenter etter henholdsvis nordisk modell (Ahlborg, 1989) og etter Ahlborg et al, 1994. i.a. = ikke analysert. b.i.e.=bakgrunnsnivå ikke etablert

	1989	1994	Bakgrunn ¹⁾
Blåskjell fra Papper			
PCDD/F (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	i.a.	0.17	<0.3
Non-orto PCB (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	i.a.	0.19	b.i.e.
Torskelever fra Kjøkø			
PCDD/F (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	8.15	2.68	<30
Non-orto PCB (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	i.a.	18.4	b.i.e.
Filet av ål fra Kjøkø			
Σ PCDD/F (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	1.21	0.34	b.i.e.
Non-orto PCB (2378 TCDD eq., ng/kg v.v.)	i.a.	0.73	b.i.e.

¹⁾Øvre grense for tilstandsklasse I (god) i følge SFT's miljøkvalitets kriterier i (Knutzen et al 1993)

Klorerte fettsyrer

Analyser påviste relativt høye konsentrasjoner av treforedlingsrelaterte klorerte fettsyrer i torskelever og ålefilet fra Sponvika ytterst i Iddefjorden (henholdsvis 99 og 200 mg/kg fett av di-klor stearinsyre), men ikke i ål og torsk fra 3 stasjoner i Hvalerområdet og en ved Hankø.

Den opprinnelige kilden til de klorerte fettsyrene er mest sannsynlig tidligere utslipp knyttet til bleking av cellulose-masse. Slike utslipp fra Saugbrugsforeningen i Halden opphørte i 1991. Noen av de klorerte fettsyrene funnet i fisk (di-klor-stearinsyre, tetra-klor-stearinsyre) ble også observert i sedimenterende materiale i Iddefjorden. Betydningen av klorerte fettsyrer for fisk og for fisk som næringsmiddel er lite kjent. Tester antyder at ekstrahert fett fra ål fra Iddefjorden kan ha en toksisk effekt i form av redusert eggproduksjon hos sebrafisk (Håkanson et al., 1991). En frykter at sedimentene i Iddefjorden vil kunne være en kilde til spredning av treforedlingsrelaterte klororganiske forbindelser som også i fremtiden vil kunne medføre forhøyede konsentrasjoner av slike forbindelser i fisk.

3.6.3 TBT (tributyltinn)

TBT brukes idag som begroingshindrende middel på båter over 25 m, men ble før 1990 også benyttet lovlig på mindre båter. Målingene av TBT i blåskjell fra Hvalerområdet viste en klar påvirkning (131-206 ng/g v.v dvs. ca. 10 - 20 ganger deteksjonsgrensen). Nivået i skjell fra Hvaler ligger imidlertid klart under ekstremverdier funnet i enkelte havneområder i Norge. En antar at forhøyede TBT-nivåer i blåskjell vil opptre så lenge dagens bruk av TBT på større båter bibeholdes.

Med forbehold om et sparsomt sammenligningsgrunnlag og at en kun har målt TBT i fisk fra én stasjon, ser det ut til at TBT-nivået i ål fra Hvalerområdet er relativt lavt (10 ng/g v.v.).

3.6.4 PAH (polyaromatiske hydrokarboner)

Basert på analyser av PAH i blåskjell, torsk og ål synes den generelle PAH-belastningen på stasjoner i Hvaler-arkepelaget å være lavt. Det er imidlertid tegn på at stasjonen ved Hankø er noe belastet (Tabell 17).

Tabell 17. PAH i torskelever ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) fra stasjoner i Hvalerområdet i 1989 (Berge, 1991) og i 1994. Tallene i parentes angir summen av de komponenter som ble positivt identifisert på samme stasjon begge år. %KPAH angir den prosentvise andel av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987). i.a. = ikke analysert. Foreløpige referansenivåer for PAH i torskelever er antydnet i siste kolonne (etter Knutzen og Green, 1995).

	Singløya	Hankø	Kjøke	Referansenivå
1989				
Σ PAH	1)	50.5 (42.1)	1)	<20
KPAH		5.8		<2
% KPAH		12		
Benzo(a)pyren		1.3		<0.5
1994				
Σ PAH	3.6	23.7 (16.8)	9.6	<20
KPAH	0.2	1	0	<2
%KPAH	5.6	4.2	0	
Benzo(a)pyren	<0.2	0.4	<0.2	<0.5

¹⁾Pålitelige data ikke tilgjengelig (se Berge, 1991).

4. Oppsummering

4.1 Årsaker til forandringer i resipienten

De forandringene en har sett i resipienten er i all hovedsak av positiv natur og har gitt en forbedret miljøtilstand i forhold til begynnelsen av 80-tallet. Dette ses både som en forbedring målt på grunnlag av fysiske/kjemiske miljøparametere i vann (kapitel 3.1, 3.2 og 3.3) og som en påfølgende effekt i biologiske samfunn (bløtbunn og hardbunn) og i innhold av miljøgifter i organismer (kapitel 3.6). Den bakenforliggende årsaken er de ulike gjennomførte rensetiltak og de tilførselsreduksjoner som har funnet sted (kapitel 2). Milde vintre og atypisk vannføringsprofil kan imidlertid også enkelte år ha spilt en rolle.

De observerte forandringene i vannmassene skyldes hovedsakelig tilførselsreduksjoner, men også naturlige variasjoner kan tenkes å ha betydning for variasjonen i næringssalter og oksygenforhold, ettersom observasjonsmaterialet kun omfatter to perioder med relativt stor tidsavstand. Spesielt for TOC, siktedyp (partikler), jern og til dels titan i vann så en forbedringer. Med unntak av TOC er dette variabler som i vesentlig grad kan relateres til de tidligere (før april 1989) utslipp fra Kronos Titan A/S. Det er derfor sannsynliggjort at tiltakene som er gjennomført der er hovedårsaken til de forbedringene en har sett i konsentrasjonen av jern og til dels titan i Løperen og Glommas munningsområde. De tidligere tilførselene fra Kronos Titan A/S kan imidlertid fremdeles spores som overkonsentrasjoner både i overflatevann, alger og blåskjell og partikulært materiale på enkelte stasjoner, muligens delvis som en følge av oppvirvling av tidligere sedimentert materiale. Det forbedrede siktedypet kan også til en viss grad knyttes til utslippsreduksjonene til Kronos Titan A/S, men for denne variabel kommer også utslippsreduksjonene fra treforedlingsindustrien samt tiltak i landbruket inn.

TOC er en parameter som kan være relatert til både industriutslipp av organisk materiale og til utslipp fra kommunale renseanlegg. Klorofyllnivåene i vann har endret seg lite og kan tyde på at de kommunale rensetiltak (fosforrensing) har hatt liten effekt på primærproduksjonen lokalt. Dette har blant annet sammenheng med den relativt korte oppholdstiden til overflatevannet i Løperen. De reduserte TOC verdier i vannet kan således være knyttet til de reduserte utslipp av parametere som kan være relatert til organisk karbon (KOF, fett, SS) (se kapitel 2). Noe bedre oksygenforhold i de dypere vannmassene i 1990-94 enn i 1980 kan tyde på at den mindre organiske belastningen på området har hatt positiv effekt. Fortsatt er det tidvis lave oksygen-konsentrasjoner, men disse er begrenset til bunnen i dypområder i Løperen, unntatt for Ringdalsfjorden, hvor oksygenkonsentrasjonen fortsatt er lav tross en forbedring siden 1970-80 -årene.

I overflatesedimentet vil overdekking med sedimenterende materiale med lavere miljøgiftinnhold være en direkte årsak til de forbedringene en har observert (se eksempelvis tabell 13). Dette har en tidligere sett i Iddefjorden for metaller (Berge og Helland, 1993) og i Glommas munningsområde for PCB (figur 24). På grunn av relativt stor sedimentering i området (3 -12 mm/år) vil rehabiliteringen av overflatesedimentet på dypere vann (der resuspensjon er mindre fremtredende) være relativt rask etter at utslippene er redusert. Innholdet av miljøgifter i de overdekkede sedimenter vil imidlertid endre seg lite over tid, delvis fordi utlekking til bunnvannet reduseres og fordi forholdene nede i sedimentet gir dårlige betingelser for nedbrytning av organiske forbindelser. Disse miljøgifter vil imidlertid suksessivt bli mindre tilgjengelig for opptak i organismer avhengig av tykkelsen på overliggende lag.

Enkelte miljøkomponenter kan være styrt av de sekundære forandringer som utslippsreduksjonene har bidratt til. Eksempelvis er det overveiende sannsynlig at de forbedringene en har sett i bløtbunnssamfunnene i betydelig grad er knyttet til reduserte tilførsler av organisk stoff og påfølgende forbedring av oksygenforholdene i dypvannet, men de kan også skyldes årrekken med lave flomtopper og derav liten tilførsel via utspyling fra Glomma og liten påfølgende nedslamming på bunnen. Tilførsler fra flomtopper kan også påvirke siktedypet.

Marine alger og dyr har et minimumskrav for saltholdighet. Det er derfor naturlig å anta en generell reduksjon i antall arter og en økning av hurtigvoksende grønnalger med økt elvepåvirkning. Normalt når næringssaltutslipp reduseres ved iverksetting av rens tiltak, vil forekomsten av hurtigvoksende grønnalger avta og etterhvert vike plassen for flerårige arter. Til tross for at utslipp av fosfor fra blant annet kommunale avløp ble redusert (figur 3), ble det funnet en økning i forekomst og utbredelse av tarmgrønnske og grønn dusk-arter på de 12 innerste stasjonene i Hvalerområdet. Det indikerer at giftvirkning av tidligere industrielt utslipp hemmet forventet algevekst.

Siden utslippet av en rekke metaller og klororganiske forbindelser (AOX, Lindan) har gått ned parallelt med forbedringene i grunnvannssamfunnene, kan en imidlertid ikke si hvilken kjemisk komponent som har vært mest avgjørende for de observerte forbedringer i grunnvannssamfunnene. Den mest sannsynlige årsaken til de forbedringer en ser i området er de reduserte industriutslippene fra Kronos Titan A/S. Muligens har reduksjonen i mengde tilført partikulært materiale fra industrien (se figur 5), som blant annet gir øket siktedyp og redusert nedslamming, hatt større betydning enn selve innholdet av metaller og andre miljøgifter.

Forbud mot bruk av TBT på mindre båter ble innført i 1989/90. Med undersøkelsesområdets store tetthet av småbåter er det sannsynlig at TBT belastningen i området er blitt redusert siden 1990. Målingene av TBT i blåskjell tyder imidlertid på at overflatevannet i hele området fremdeles er påvirket av TBT. Dette er et forhold som ikke bare er knyttet til Hvalerområdet. Sannsynligvis opptrer TBT i overkonsentrasjoner i store deler av norsk kystvann og påvirker ømfindlige organismer (Berge et al, 1996b). Om de innførte restriksjoner på bruk av TBT kan være en medvirkende faktor til å forklare de forbedringene en har sett i grunnvannssamfunnene vites ikke, men illustrerer de vanskeligheter en står overfor når en skal forsøke å finne årsaken til observerte forandringer i en resipient med mange samvirkende faktorer.

For enkelte stoffer (hovedsakelig metaller) kan en sannsynliggjøre en sammenheng mellom reduserte utslipp og lavere konsentrasjoner i organismer. For flertallet av miljøgiftene, særlig de organiske, har en imidlertid ingen historiske utslippsdata. Resultatene sannsynliggjør imidlertid at de tiltakene som er iverksatt i regionen har gitt reduserte konsentrasjoner av miljøgifter i organismer. Stopp i tynnsyreutslippet fra Kronos Titan A/S i 1990 førte imidlertid ikke til noen samtidig nedgang i vevskonsentrasjoner av jern og titan i blæretang og blåskjell. På den annen side har vevskonsentrasjonen av kobber gått ned.

4.2 Miljøkvalitet og bruksverdi

Friluftsliv langs land og i sjøområdet utenfor, friluftsbad og rekreasjon samt fritidsfiske er viktige aktiviteter i undersøkelsesområdet. For disse aktiviteter er det utarbeidet brukerrelaterte kriterier.

Friluftsliv

Utslipp kan potensielt påvirke strandsonen samt totale vannmasser og bunnareal. Friluftsliv langs og på fjorden innebærer turgåing i strandkanten, strandopphold og bruk av fritidsbåter. Dette er alle

aktiviteter hvor området miljøkvalitet har betydning for trivsel og naturopplevelse. Slik aktivitet forutsetter nødvendigvis ikke direkte kontakt med vannet, men fjordens samlede miljøtilstand og særlig forholdene i overflatelaget vil være avgjørende for både naturopplevelse og rekreasjonsverdi.

SFTs miljøklassifisering (tabell 18) angir parametere relatert til brukerinteresser knyttet til friluftsliv langs sjøen. I tillegg vil estetiske forhold i strandsonen (nedslamming, tilstedeværelse av naturlig flora og fauna, flytestoffer, skumdannelse) samt lukt være kvaliteter av betydning for utøvelse av friluftsliv. Det er ofte en sammenheng mellom vannets og strandens tilstand, slik at vannkvalitetsparametere også kan gjenspeile strandens egnethet.

Tabell 18. Egnethetsklasser for friluftsliv langs sjøen basert på vannkvalitetsparametere i overflatelaget (etter SFT's miljøkvalitetskriterier, Sørensen og Baalsrud, 1994).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon) (µgP/l)	<25	25-42	42-69	>60
Total nitrogen (vintersituasjon) (µg N/l)	<380	380-560	560-1300	>1300
Klorofyll a (sommersituasjon) (µg/l)	<3.4	3.4-7.3	7.3-20	>20
Siktedyp (sommersituasjon)	>4.5	4.5-2.5	<2.5	-

På bakgrunn av siktedypmålinger (tabell 5,) og satelittregistreringer (figur 16) og kriterier for siktedyp (tabell 18) antydes at i en typisk sommersituasjon (1993/94) så vil ca 30 % av Hvalerområdet ha et siktedyp som ifølge kriteriene skulle tilsi at området var mindre egnet for friluftsliv langs sjøen. Konsentrasjonen av total mengde fosfor (Tabell 6) gir ingen begrensninger når det gjelder egnethet for friluftsliv. Med unntak av Iddefjorden gir heller ikke klorofyll a målingene (1993/1994) noen begrensninger i egnethet for friluftsliv. Totalkonsentrasjonen av nitrogen vinterstid (Tabell 6) er imidlertid såpass høy at stasjoner i Glommas munningsområde (L2, V14) og Singlefjorden (S9) og i Iddefjorden (R5) ifølge kriteriene er mindre egnet til friluftsliv. Med unntak av S9 og tildels R5 er dette områder som har en betydelig "industri karakter" og den noe høye konsentrasjonen av totalnitrogen har derfor sannsynligvis ingen praktisk betydning for friluftsliv lokalt.

Friluftsbad og rekreasjon

Friluftsbad, vannsportsaktiviteter (seilbrett, dykking, vannski) og annen aktivitet som innebærer kontakt med vann (barns opphold og lek i strandsonen, leting etter småorganismer) fordrer høye krav til miljøet og god vannkvalitet. På samme måte som for egnethet til friluftsliv langs sjøen har SFT satt opp miljøkriterier for vannets egnethet til friluftsbad og rekreasjon (Tabell 19). Generelt er kriteriene noe strengere for aktiviteter som er knyttet til kontakt med vann enn til friluftsliv langs fjorden

Tabell 19. Egnethetsklasser for friluftsbad og rekreasjon basert på vannkvalitetsparametere i overflatelaget (etter SFT's miljøkvalitetskriterier, Sørensen og Baalsrud, 1994).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon) ($\mu\text{gP/l}$)	<21	21-25	25-42	>42
Total nitrogen (vintersituasjon) ($\mu\text{g N/l}$)	<295	295-380	380-560	>560
Klorofyll a (sommersituasjon) ($\mu\text{g/l}$)	<1.9	1.9-3.4	3.4-7.3	>7.3
Siktedyp (sommersituasjon)	>6.2	6.2-4.5	4.5-2.5	<2.5

På bakgrunn av siktedypsmålinger (tabell 5) og satellitregistreringer (figur 16) og kriterier for siktedyp (Tabell 19) antydes at i en typisk sommersituasjon (1993/94) så vil ca 30 % av Hvalerområdet ha et siktedyp som ifølge kriteriene skulle tilsi at området ikke er egnet til friluftsbading og ytterligere 55% av området er mindre egnet. Konsentrasjonen av total mengde fosfor gir i hovedsak ingen begrensninger når det gjelder egnethet for friluftsbad og rekreasjon. Med unntak av i Iddefjorden antyder klorofyll a målingene (1993/1994) at så godt som alle stasjoner kan karakteriseres som egnet eller godt egnet til friluftsbad og rekreasjon. Totalkonsentrasjonen av nitrogen er imidlertid såpass høy at stasjoner i Glommas munningsområde (L2, V14) på grunnlag av denne parameter kunne karakteriseres som ikke egnet og de øvrige stasjoner som mindre egnet til friluftsbad og rekreasjon.

Det er sannsynlig at den sparsomme fauna og flora som en tidligere hadde i strandsonen i de indre områder (se figur 27) har påvirket kvaliteter knyttet til barns opphold og lek i strandsonen. Med de forbedringer en nå har sett er det sannsynlig at det er de naturgitte forhold som nå i vesentlig grad styrer organismesamfunnene i strandsonen.

Fritidsfiske

En forutsetning for fritidsfiske er at det finnes et tilstrekkelig ressursgrunnlag. Et slikt ressursgrunnlag kan være basert på stedegne populasjoner av fisk, innsig av fisk som i hovedsak kommer fra andre fjord- eller havområder og fisk som er på vandring gjennom fjordsystemet (eksempelvis laks og ål). Alle typer fisk er avhengig av at vannet ikke er akutt giftig. Hydrogensulfid i vannet medfører akutt dødelighet hos fisk og er derfor uforenelig med fritidsfiske. Fisk som skal oppholde seg i fjorden i noen tid er avhengig av at det finnes tilstrekkelig med næringsorganismer. Dette betyr at miljøforholdene også må tillate at byttedyrene til fisken har tilfredsstillende leveforhold. Hydrogensulfid i vannet medfører "råtten bunn" uten bunnorganismer til føde for fisk. Stedegne populasjoner må i tillegg ha forhold som gjør reproduksjon mulig. Disse forhold innvirker på fisken direkte. Eventuelle estetiske og funksjonelle ulemper (nedslamming og begroing på fiskeredskaper) må imidlertid også tas i betraktning. For at et område skal kunne benyttes fullt ut til fritidsfiske må det også fremstå uten betydelige miljøgiftproblemer slik at fisken er konsummessig forsvarlig og ikke være vesentlig belastet med dårlig "renommé".

SFT har på basis av miljøgiftinnhold i organismer og vannkvalitetsparametere gitt en klassifisering av egnethet til yrkesfiske og fritidsfiske (tabell 20)

Tabell 20. Egnethetsklasser for fiske i et område basert på miljøgiftinnhold i organismer og vannkvalitetsparametere (etter SFT's miljøkvalitetskriterier, Sørensen og Baalsrud, 1994, NB:alle parametere er ikke tatt med).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon, overflate) ($\mu\text{gP/l}$)	<25	25-42	42-60	>60
Total nitrogen (vintersituasjon, overflate) ($\mu\text{g N/l}$)	<380	380-560	560-1300	>1300
Klorofyll a (sommersituasjon, overflate) ($\mu\text{g/l}$)	<3.4	3.4-7.3	7.3-20	>20
Oksygen i dypvannet, middelvedi (ml/l)	<5.3	5.3-3.8	3.8-0	H ₂ S
Oksygen i dypvannet, minimum (ml/l)	<3.5	3.5-1	1-0	H ₂ S
Kvikksølv i torskefilet (mg/kg v.v.)	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	>0.5
Sum PAH i blåskjell ($\mu\text{g/kg}$)	<100	100-300	300-2000	>2000
Sum DDT i blåskjell ($\mu\text{g/kg}$)	<2	2-5	5-20	
TCDD ekv. i blåskjell (ng/kg v.v.)	<0.3	0.3-1	1-3	>3

Konsentrasjonen av total mengde fosfor (tabell 20) gir ingen begrensninger når det gjelder egnethet for fritidsfiske. Med unntak av i Iddefjorden gir heller ikke klorofyll a målingene (1993/1994) noen begrensninger i egnethet for fritidsfiske. Totalkonsentrasjonen av nitrogen vinterstid (tabell 20) er imidlertid såpass høy at stasjoner i Glommas munningsområde (L2, V14), Singlefjorden (S9) og i Iddefjorden (R5) ifølge kriteriene er mindre egnet til fritidsfiske.

Det er kun i Iddefjorden at dårlige oksygenforhold kan utgjøre begrensninger for fritidsfiske. Enkelte observasjoner som er gjort der den senere tid tyder likevel på en relativt stor fiskerikdom i fjorden i dag. Målingene på de øvrige stasjoner i Hvaler området tilsier at forholdene i hovedsak kan karakteriseres som egnet for fritidsfiske.

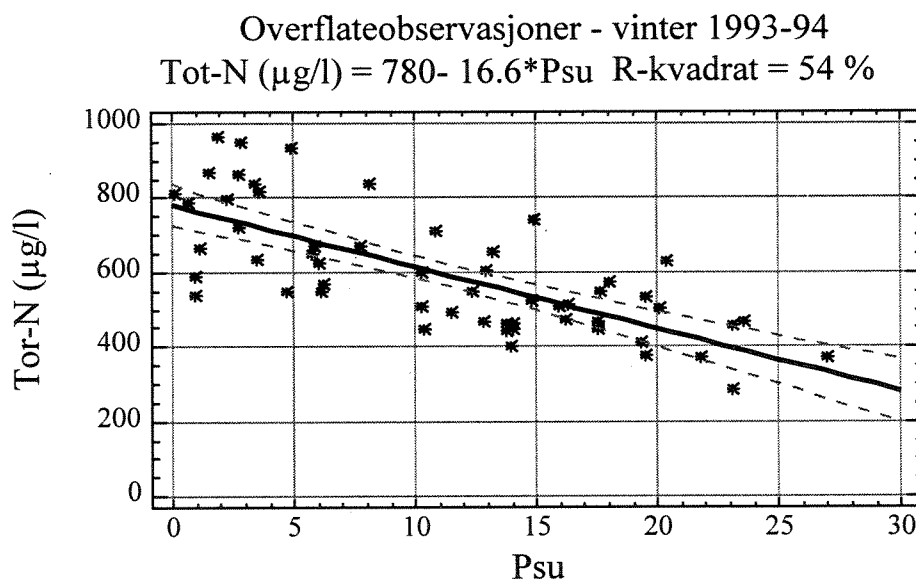
De analyserte miljøgifter (metaller, PCB, HCB, PCDF/D, div biocider) tilsier ikke begrensninger i forhold til SFT's miljøkvalitets kriterier gitt i Sørensen og Baalsrud (1994) når det gjelder områdets egnethet til fritidsfiske. De relativt høye konsentrasjonene av klorerte fettsyrer som ble registrert i torsk og ål fra Iddefjorden representerer muligens en redusert miljøkvalitet som sannsynligvis har vedvart over lang tid og skyldes mest sannsynlig utslippene fra Saugbrugsforeningen før 1991. Det er imidlertid usikkert i hvilken grad disse forbindelser bidrar til å redusere bruksverdien av fjorden til eksempelvis aktiviteter som (fritids) fiske. Kunnskap om disse forbindelsene generelt og i Iddefjorden spesielt er imidlertid i dag for fragmentarisk til at en kan foreslå konkrete tiltak som skal kunne redusere nivåene av klorerte fettsyrer i torskelever og ålefilet.

De egnethets restriksjoner som er skissert for Hvalerområdet knytter seg i hovedsak til begrenset siktedyp og relativt høye nivåer av nitrogen. Siktedypet korrelerer med TSM og partikulært aluminium i området, og viser at i hovedsak bestemmes siktedypet i dag (1993-94) av partikler (leirpartikler) tilført området og i mindre grad av planktonbiomasse. Sannsynligvis betyr dette at reduserte nitrogentilførsler ikke vil gi noen vesentlig forbedring av siktedypet i hovedvannmassene innenfor Hvalerøyene. Sannsynligvis er det menneskeskapt erosjon og de naturgitte forhold som

Glomma representerer, som etter at utslippene av partikkulært materiale fra industrien nå er redusert, er bestemmende for siktedypet i store deler av Hvalerområdet og dermed påvirker egnethet. Singlefjorden er imidlertid i mindre grad påvirket av Glomma. De relativt høye næringsalkonsentrasjonene i vannet som transporteres ut fra Iddefjorden har imidlertid ikke medført noen redusert egnethet i Singlefjorden.

De anvendte egnethetskriterier er utarbeidet for fjorder og kystvann. I et område som Hvaler der en har tilførsler fra en stor elv vil en i forbindelse med flom alltid få et redusert siktedyp i flomperioder. Dette betyr at selv om den menneskeskapt erosjon blir eliminert så vil et redusert siktedyp fremdeles kunne opptre i Glommas influensområde i flomperioder.

Plotting av nitrogenkonsentrasjonen (Tot-N) vinterstid som funksjon av saltholdighet tilsier at ferskvannet i Glomma i gjennomsnitt har et Tot-N nivå på $780 \mu\text{g/l}$. Landbruk, kloakk og industri bidrar med henholdsvis 46, 14 og 1% av tilførslene av Tot-N (tabell 2) til Glomma. Gjør en et grovt overslag der en antar at vinterkonsentrasjonen av Tot-N er proporsjonal med tilførslene, så vil bakgrunnstilførslene fra skog og andre naturområder alene gi en næringsalkonsentrasjon i Glomma vann på ca $300 (\mu\text{g/l})$. Dette ville sannsynlig ha medført at også Glommas munningsområde ville bli karakterisert som egnet eller godt egnet til henholdsvis friluftsliv, friluftsbad samt fritidsfiske. Potensialet for en forbedret egnethet (kriteriet for Tot-N) i Glommas nærrområde ligger i hovedsak i en reduksjon av tilførslene fra landbruket, i mindre grad i en reduksjon av N-tilførslene fra kommunale avløp (kloakk), mens tilførslene av Tot-N fra industrien er uten betydning.



Figur 38. Konsentrasjonen av Tot-N vinterstid i 1993-94 i Hvalerområdet som funksjon av saltholdighet.

5. Anbefalinger

5.1 Fremtidig overvåking

5.1.1 Overflate og dypvann, samt fjernmåling

De egnethets begrensninger som er skissert for Hvalerområdet er i hovedsak knyttet til siktedyp og høye nivåer av nitrogen i overflatevann. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet er også av avgjørende betydning for bunnfauna og bunnlevende fisk. Fremtidig overvåking bør derfor konsentrere seg om parametere som har relevans for dette samt enkelte støtteparametere. For en eventuell videre overvåking av Hvaler/Singlefjorden anbefales derfor årlige undersøkelser på følgende stasjoner: L1, L6, L8 og S9 for næringssalter, organisk stoff og siktedyp (partikler), samt en ny stasjon mellom L8 og S9 som bedre representerer Ramsøflaket. Observasjonene bør foretas vinter (4-5 ggr.) og sommer (8 - 9 ggr.) og inkludere temperatur, oksygen i dypvannet og saltholdighet.

Undersøkelsene har avdekket at en fremdeles har relativt høye konsentrasjoner av jern og titan i vann og organismer i Glommas munningsområde. En eventuell videre overvåking bør derfor konsentrere seg om disse metaller (samt aluminium som støtteparameter). Det bør være tilstrekkelig å foreta analyser på stasjonene L1, L2, L6 og L8, med ca. 4 observasjoner vinterstid og 5 sommerstid og dessuten inkludere siktedyp, temperatur og saltholdighet.

Ved bruk av satelittobservasjoner (eksempelvis over en periode på ca 2 år) kan en få et mer helhetlig bilde av siktedypet i området og arealfordelingen av ulike siktedypklasser kan beskrives.

5.1.2 Sedimentundersøkelser og sedimentfeller

Det eksisterer en mindre mengde data for analyse av sedimentfellemateriale i forhold til bunnsedimenter i Hvalerområdet. Den positive utviklingen som er registrert fra 80-tallet til 90 tallet for bunnsedimentene kan derfor ikke sammenholdes med eventuelle forbedringer når det gjelder fellemateriale. Det ble ikke registrert signifikante forbedringer i bunnsedimentene fra 1990 til 1994 selv om det også i denne perioden var reduksjoner i tilførslene. Med den sedimentering en har i området, burde en prøvetaking hvert 4-5 år være et tilstrekkelig tidsrom for å få avsatt nye sedimenter slik at en forandring i tilførsler av miljøgifter kan registreres. Det vil imidlertid alltid være en viss innblanding med underliggende sedimenter pga. bioturbasjon (omrøring i sedimentet forårsaket av dyrs aktivitet). En ny overvåking av bunnsedimenter i år 2000 vil kunne bekrefte/avkrefte om den positive utviklingen fra 1980 til 1990 fortsetter.

Hovedsakelig motivert ut i fra de noe høye PCB forekomstene som ble registrert under flommen i 1995 (Helland 1996b) og for å få et bedre datagrunnlag (særlig på organiske miljøgifter) bør nye sedimentfelleundersøkelser gjennomføres. De noe høye PCB verdier i sedimentet og i ål fra Faretangen gjør at en muligens også bør gjennomføre en undersøkelse av PCB innholdet i sedimentet nær potensielle lokale deponier for å få et mer nyansert syn på tilførsel og forekomst av PCB lokalt.

5.1.3 Bløtbunnsfauna

Det er nærliggende å anta at den relativt gode faunatilstanden i indre Hvaler i 1990 og særlig i 1994 skyldes reduserte forurensningstilførsler og bedre oksygenforhold, men den kan også skyldes årrekken med lave flomtopper og derav liten utspyling av partikulært materiale fra Glomma og liten påfølgende nedslamming på bunnen. Undersøkelser etter storflommen i 1995 tyder på en tydelig

forverring av faunatilstanden i Glommas munningsområde etter 1994, men ikke på mer fjerntliggende stasjoner (Olsgard, 1996, Rygg, 1996/1997). Undersøkelsene etter flommen i 1995 antyder således at årrekker med lave flomtopper også kan være en medvirkende årsak til den forbedrede faunatilstanden en observerte i 1994. For å klarlegge effekter av flom nøyere kan en gjennomføre en overvåking med årlige undersøkelser av bløtbunnsfauna på 3-4 stasjoner. Resultatene sammenholdes med bl.a oksygeninnholdet i dypvannet på samme lokalitet

5.1.4 Gruntvannssamfunn og dykkerundersøkelser

Hardbunns undersøkelser ga ingen indikasjoner på at flommen i Glomma høsten 1995 hadde noen vesentlig innflytelse på plante og dyresamfunn. Dette tyder på at episodiske hendelser med lavt siktedyp, og relativt betydelig tilførsel av partikulært materiale har liten betydning for gruntvannssamfunnene i dette området. Nye hardbunnsundersøkelser bør gjennomføres i 2000 for å stadfeste de forbedringer som en til nå har sett og eventuelt for å dokumentere en ytterligere forbedring som måtte finne sted som en konsekvens av gjennomførte og eventuelle fremtidige utslippstedsduksjoner.

5.1.5 Miljøgifter i organismer

På bakgrunn av miljøgift innholdet i organismer funnet i 1989 og 1994 er det mulig at fremtidig overvåking for enkelte parametere bør utføres med bakgrunn i at Glomma er Norges største elv (stort nedslagsfelt for blant annet langtransporterte forurensninger), og ikke som tidligere fordi området synes å ha spesielt høye nivåer av miljøgifter i organismer. Uavhengig av dette bør en imidlertid gjennomføre oppfølgende undersøkelser av treforedlingsrelaterte forbindelser (klorerte fettsyrer) i Iddefjorden og av TBTs forekomst og effekter i hele området. En fortsatt overvåking av organismer i overflatelaget (blåskjell og blæretang) er viktig fordi en fremdeles har høye nivåer av jern og titan i slike organismer og for å ha et grunnlag for å kunne vurdere effekter av episodiske hendelser. Det noe høye nivået av PCB i filét av ål fra Faretangen bidrar til at en bør vurdere å gjennomføre en oppfølgende undersøkelse av klororganiske forbindelser i ål.

Etter flommen i Glomma i 1995 ble det påvist relativt stor transport av enkelte miljøgifter. Generelt var totalmengden i sedimenterende materiale størst nær elvens munning mens konsentrasjonen av enkelt komponenter (Cu, Pb, PCB) var størst utenfor Hvalerøyene (Helland, 1996). Slike episodiske hendelser reiser imidlertid spørsmålet om hvor mye miljøgiftinnholdet i organismer lar seg påvirke av en kortvarig økning i miljøgift tilførslene. Undersøkelser etter flommen i 1995, som ble finansierte SFT, vil kunne klargjøre om slike episodiske hendelser fører til endrede miljøgiftkonsentrasjoner i sediment og organismer.

5.2 Eventuelle tiltak

Forurensningssituasjonen i Hvalerområdet, Singlefjorden er på bakgrunn av undersøkelsene som ble gjennomført i 1989-1994 totalt sett såpass god at det ikke er nødvendig med akutte tiltak. De muligens noe betenkelige nivåer av kadmium observert i krabbe og innholdet av klorerte fettsyrer i fisk fra Iddefjorden bør imidlertid vurderes nærmere av næringsmiddelmyndighetene.

Tilførslene av Tot-N, og samt redusert siktedyp er det som ut fra egnethetskriteriene til SFT i dag legger begrensninger på Glommas munningsområde. Dette tilsier at en i første rekke bør styrke tiltak som kan begrense N-tilførsler (gjødsling i jordbruket) samt redusere jorderosjon (unngå høstpløying, tilsåing om høsten, beholde kantvegetasjon). På grunn av relativt kort oppholdstid på overflatevannet,

blant annet i Glommas munningsområde, vil slike tiltak muligens ha større betydning utenfor Hvalerområdet enn lokalt.

6. Referanser

- Ahlborg, U.G., 1989. Nordic risk assessment of PCDDs and PCDFs. *Chemosphere* 19: 603-608
- Ahlborg, U.G., Becking, G.C., Birnbaum, L.S., Brouwer, A., Derks, H.J.G.M., Feely, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J.C., Liem, A.K.D., Safe, S.H., Schlatter, C., Wärn, F., Younes, M. og Yrjänheikki, E., 1994. Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Report on a WHO-ECEH and IPCS consultation, December 1993. *Chemosphere* 28: 1049-1067.
- Berge, J.A., 1990. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. Programforslag av 9/5-90 utarbeidet for Statens forurensningstilsyn av NIVA, 42s.
- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler-/Kosterområdet. NIVA-rapport nr. 2669 (feilaktig trykket som rapport nr. 2560), 192s.
- Berge, J.A., 1994. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-94. Revidert utgave for 1994-95. Programforslag av 3/1-94 utarbeidet for Statens forurensningstilsyn av NIVA, 40s.
- Berge, J.A. og Helland A., 1993. Overvåkingsundersøkelser i Iddefjorden i 1991/92. Miljøgifter i sediment, ål, torsk og taskekrabbe. NIVA-rapport nr. 2953, 56s.
- Berge, J.A., Berglind, L., Brevik, E.M., Godal, A., 1996a. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Miljøgifter i organismer 1994. Niva-rapport nr. 3443.146s .
- Berge, J.A., Brevik, E.M., Knutzen, J., Konieczny, R. og Walday, M. 1996b. Er norsk kystvann generelt forgiftet ved tilsetningstoffer i skipsmalning, ss 9-11 i NIVA's årsberetning 1995.
- Hektoen, H., Helland, A., Næs K. og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. NIVA-rapport nr. 2791, 95s.
- Helland, A., Næs, K. og Skei, J., 1990. Undersøkelser av partikler i vannmassene, sedimentasjon og bunnsedimenter i svensk/norske grensefarvann. NIVA-rapport nr. 2494, 117s.
- Helland, A. 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Sedimenterende materiale og bunnsedimenter 1994. Niva-rapport nr. 3440, 83s
- Helland, A., 1996b, Tilførsler av partikulært materiale til Glommaestuariet og områdene utenfor i forbindelse med flommen i Glomma 1995. Niva-rapport nr. 3503, 50s.
- Holtan, G.. 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Forurensningstilførsler 1970 - 93. Niva-rapport nr. 3444. 81s.
- Håkanson, H., Sundin, P., Andersson, T., Brunström, B., Dencker, L., Engwall, M., Ewald, G., Gilek, M., Holm, G., Honkasalo, S., Idestam-Almquist, J., Jonsson, P., Kautsky, N., Lundberg, G., Lund-Kvernheim, A., Martinsen, K., Norrgren, L., Personene, M., Rundgren, M., Stålber, M., Tarkpea, M.,

og Wesèn, C.1991. In Vivo and in Vitro Toxicity of Fractinated Fish Lipids, with Particular Regard to their Content of Chlorinated Organic Compounds. *Pharmacology & Toxicology*, 69, 459-471.

IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volume 1 - 42. Suppl. 7. Lyon.

Knutzen, J., Bokn, T. og Rygg, B., 1974. Undersøkelse av bløtbunnsfauna og fastsittende alger i Hvalerområdet. 18-20/9-1973. Niva O-229/60, 38 s.

Knutzen, J. og Skei, J. 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport nr. 2540, 239s.

Knutzen, J., Rygg, B., og Thélín, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av miljøgifter. Rapport nr. TA-923/1993 fra SFT, 20s

Knutzen, J. og Green, N.W., 1995. "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo-Paris-kommisjonen (Joint Monitoring Program - JMP) 1990-1993. NIVA-rapport nr. 3302, 106s.

Lingsten, L., 1984. Rutineundersøkelser i Glomma i Østfold 1983. Niva-rapport nr. 1678, 24s.

Magnusson, J. & J. Skei, 1984. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Niva-rapport. no. 1684. 103s.

Magnusson, J. og Sørensen, K. 1993. Overvåking av Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990-91. Hydrografi, hydrokjemii, tungmetaller i vann og fjernanalyse. Niva-rapport nr. 2918, 59s.

Magnusson, J. og Sørensen, K., 1996.. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Overflatevannets vannkvalitet og oksygenforhold i dypvannet. Niva-rapport nr. 3439, 82s .

Moy, F. og Walday, M., 1996 . Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Hardbunnsundersøkelser 1992-1994, Niva-rapport nr. 3442, 84s

Næs, K. 1983. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlerfjorden. Løst metaller og suspendert materiale i overflatevann og kjemisk sammensetning av bunnsedimentene. Niva-rapport nr. 1553.

Olsgard, F., 1996. Undersøkelser av marine bløtbunnsfauna og sedimenter i Hvaler-området i forbindelse med storflommen i Glomma våren/sommeren 1995. Statlig program for forurensningsovervåking, Overvåkingsrapport 632/96, TA nr. 1288/1996, 53s.

Paasche, E og Erga S.R, 1988. Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton in the inner Oslofjord (Norway). *Sarsia*, 73, 202-243.

Rygg, B., 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Bløtbunnsfauna 1980., Niva-rapport nr. 1505, 34s.

Rygg, B., 1984. Hvalerområdet. Bløtbunnsfauna 1980. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 131/84, Niva-rapport nr. 1611, 20s.

Rygg B 1984b. Bløtbunnfaunaundersøkelser - et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. 29 s. (NIVA F.481)

Rygg, B., 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994. Bløtbunnsfauna 1994. Niva-rapport nr. 3441-96, 60s.

Rygg, B. 1996/1997 (Niva-rapport under utarbeidelse). Undersøkelser i Hvaler etter storflommen i 1995. Bløtbunnsfauna og organisk materiale i sedimentene.

Rygg, B. og Thélín, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av næringssalter. Rapport fra SFT, TA 924/1993, 16s.

Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvaler og Singlefjorden, 1980-83. Konklusjonsrapport. Niva-rapport nr. 1688, 43s.

Sørensen, J. og Baalsrud, K., 1994. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Egnethet for ulike brukerinteresser. Rapport fra SFT, TA 1004/1994, 23s.



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten
oppgi løpenummer 3445-96

ISBN 82-577-2981-7