



Statlig program for
forurensningsovervåkning

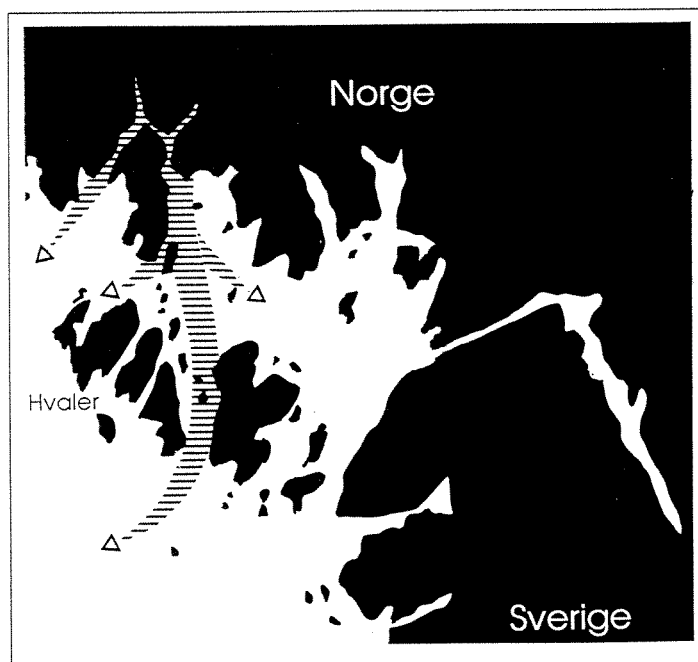
Rapport 517/93

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn


Deltakende institusjoner NIVA

Overvåking av Hvaler- Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990/91

Overflatelagets vannkvalitet



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-900341	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2918	Fri

Hovedkontor	Serlendsevdelingen	Østlandsevdelingen	Vestlandsevdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 76 653	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel: Overvåking av Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990-91. Hydrografi, hydrokjemi, tungmetaller i vann og fjernanalyse. (Overvåkingsrapport nr. 517/93, TA-nr. 936/1993).	Dato: 1.5.1993	Trykket: NIVA 1993
Forfatter(e): Jan Magnusson Kai Sørensen	Faggruppe: Marinøkologisk	Geografisk område: Østfold
	Antall sider: 59	Opplag: 150

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (statlig program for forurensningsundersøkelser)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): P-E. Iversen
--	---

Ekstrakt: Foreliggende rapport beskriver resultater fra en forundersøkelse av vannkvaliteten i Hvaler-/Singlefjorden/Ringdalsfjorden. Overflatelaget i 1990-91 viste klare overkonsentrasjoner av nitrogen, organisk stoff, suspendert materiale og tildels også jern. Siktedypet var betydelig lavere enn i kystvann. I Ringdalsfjorden var også planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) klart større enn i kystvann, mens øvrige deler av Hvalerområdet hadde lavere planteplanktonbiomasse. De lavere klorofyllkonsentrasjonene er trolig en effekt av vannets korte oppholdstid, raskt varierende saltholdighet samt potensielt fosforbegrenset planteplanktonvekst i deler av området. Det ble ikke påvist generelle overkonsentrasjoner av fosfor eller titan. En enkel foreløpig sammenligning med sommerobservasjoner fra 1980-83 viste en reduksjon av fosfor i Vesterelva og av nitrogen på flere stasjoner i området, unntatt Vesterelva og Østerelva. Også konsentrasjonen av total organisk karbon var lavere i 1990-91 enn i 1980-83, dog sammenfallende med høyere saltholdighet i 1990-91. Siktedypet var større i 1990-91, mens klorofyll-a konsentrasjonen ikke var forandret siden 1980-83. Klimaforholdene, som var spesielle i 1990-91 (milde vintre, spesielt 1990 og ekstremt lav sommervannføring i Glomma 1991) kan ha bidratt til de registrerte forandringene. Analyse av satellittbilder viste at overvåkingsstasjonene i området representerte betydelige arealer, og at de er representative ut fra formålet med undersøkelsen. Bildene viste også at det var betydelige partikkelkonsentrasjoner i Seutelva.

4 emneord, norske

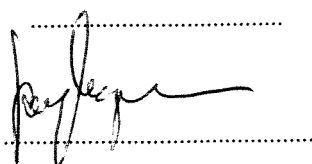
1. Overvåking
2. Næringssalter
3. Tungmetaller
4. Fjernanalyse

4 emneord, engelske

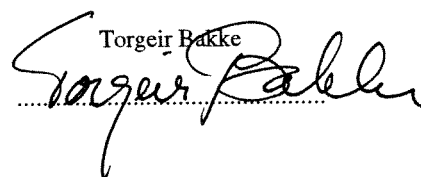
1. Monitoring
2. Nutrients
3. Heavy metals
4. Remote sensing

Prosjektleder

for John Arthur Berge



For administrasjonen

Torgeir Bakke


ISBN 82-577-2339-8

OVERVÅKING AV HVALER-SINGLEFJORDEN OG

RINGDALSFJORDEN 1990/91

Overflatelagets vannkvalitet.

Fremdriftsrapport

1.5.1993

Forfattere: Jan Magnusson
Kai Sørensen

Norsk institutt for vannforskning

Forord

Denne rapport er en del av et større undersøkelsesprogram i Hvaler/Singlefjorden, underlagt Statlig program for forurensningsovervåkning ledet av Statens forurensningstilsyn (SFT).

Det endelige innholdet i dette program ble etter høringsrunde fastlagt i NIVA's programforslag av 9.5.1990. Programmet omfatter i alt 8 delundersøkelser som NIVA skal gjennomføre i perioden 1990-95.

- (i) Hydrografi og satellittdata (prosjektleder J. Magnusson).*
- (ii) Sedimentundersøkelser (prosjektleder A. Helland).*
- (iii) Sedimenterende materiale (prosjektleder K. Næs).*
- (iv) Bløtbunnsfauna (prosjektleder B. Rygg).*
- (v) Gruntvannssamfunn (prosjektleder F. Moy)*
- (vi) Dykkersundersøkelser (prosjektleder M. Walday)*
- (vii) Miljøgifter i organismer (prosjektleder J.A. Berge)*
- (viii) Diagnostisk undersøkelse av skrubbe (prosjektleder H. Hektonen)*

Denne rapporten omhandler resultatene fra delundersøkelse (i), og er en første del av hydrografi/hydrokjemiundersøkelsene som vil fortsette i 1993-94. Administrativ prosjektleder for samtlige delprosjekter er J.A.Berge.

Feltarbeidet, som i 1990/91 har omfattet innsamling og preparering av prøver (filtrering m.m), har vært gjennomført av A. Flingtorp og L. Flingtorp. Vi vil takke for et meget godt utført arbeide, spesielt siden dette har stilt større krav til de lokale medarbeidere enn normalt.

NIVA 1.5.1993

Jan Magnusson - Kai Sørensen

Inneholdsfortegnelse	Side
1. Konklusjoner.....	4
2. Innledning.....	5
2.1. Bakgrunn for undersøkelsen.....	5
2.2. Formål.....	5
2.3. Gjennomføring.....	5
2.3.1 Stasjonsplassering og toktoversikt.....	5
2.3.2. Feltarbeid, feltmålinger og prøvetagning.....	8
2.3.3. Analysemetoder.....	10
3. Resultater og diskusjon.....	12
3.1 Tilførsler.....	12
3.2. Ferskvannstilførsler 1990 og 1991.....	12
3.3. Overflateobservasjoner 1990-91.....	15
3.3.1. Næringssalter.....	17
3.3.2. Siktedyb og klorofyll-a.....	20
3.3.3. Organisk karbon.....	23
3.3.4. Suspendert stoff.....	24
3.3.5 De observerte overflatevariabler sett i lys av tilstandsklasse/forurensningsgrad.....	25
3.3.6. Tungmetaller.....	27
3.4. Sammenligning mellom observasjoner 1980-83 og 1990-91.....	30
3.5. Fjernmåling.....	31
4. Litteratur.....	36
Vedlegg 1.....	37
Vedlegg 2.....	56
Vedlegg 3.....	58

1. Konklusjoner.

Undersøkelse av overflatelaget i Hvaler/Singlefjorden/Ringdalsfjorden(Iddfjorden) i 1990-91 har vist over-konsentrasjoner av nitrogenforbindelser, totalt suspendert materiale, organisk stoff og muligens også jern. I Ringdalsfjorden var det også om sommeren store mengder planteplankton (målt som klorofyll-a). Det ble derimot ikke påvist overkonsentrasjoner av fosfor (unntatt Ringdalsfjorden, sommerstid) eller titan i området. Siktedypet var betydelig lavere enn i kystvannet utenfor området. De fleste variablene er korrelert til saltholdigheten, hvilket betyr at tilførslene skjer via elvene i området.

En foreløpig enkel sammenligning av midlere overflatekonsentrasjonene av siktedyp, totalnitrogen, totalfosfor og totalt organisk karbon fra 1980-83 og 1990-91 viste at siktedypet i mai-september 1990-91 var klart bedre enn i 1980-83. Det var også en signifikant reduksjon av totalfosforkonsentrasjonen i samme sesong i Vesterelva. På flere stasjoner i området, unntatt i Glomma, var det i 1990-91 også en klar reduksjon i konsentrasjonene av totalnitrogen- og total organisk karbon. Imidlertid var også den midlere saltholdigheten i 1990-91 klart høyere enn i 1980-83 ved karbonobservasjonene (mindre antall analyser i 1980-83 enn for øvrige variable). Dette gjør årsaken til reduksjonen for denne variabel usikker.

Klorofyllkonsentrasjonen var ikke signifikant forskjellig mellom periodene. Et unntak fra dette er Ringdalsfjorden, som trolig har høyere konsentrasjoner i 1990-91 enn i 1983-90, men en fullstendig analyse gjenstår å gjennomføre for denne fjorden.

Klimaforholdene i 1990-91 var tildels ekstreme. Vintrene var milde (spesielt 1990), og i 1990 var også ferskvannstilførslen i Glomma stor. Sommeren 1991 var også ferskvannstilførslen fra Glomma ekstremt lav. De "unaturlige" klimaforhold kan ha bidratt til de observerte forskjellene mellom 1980-83 og 1990-91.

Analyser av satellittbilder har vist at de i programmet inngående stasjoner er representative for betydelige arealer i området. Imidlertid er Leiraområdet ikke representert med noen stasjon. Satellittbildene viser at det er store horisontale gradienter i dette område. Glommas influensområde strekker seg langt utenfor Hvalerøyene, men i hovedsak mot sørvest, vest og nord. Det er også registrert betydelig partikkelkonsentrasjon i Seutelva som munner ut i Vesterelva.

En mer fullstendig bearbeidelse av observasjonene fra 1990-91, også sett i relasjon til tidligere observasjoner fra området, vil bli gjort i sluttrapporten for prosjektet i 1995. En mer omfattende bearbeidelse av satellittdata fra årene 1987-89, samt felldata fra denne perioden skal også inngå i dette arbeidet. Med forbehold for klimaeffekter, tyder ikke noe på at forholdene i Hvalerområdet/-Singlefjorden ble forverret fra 1980-83 til 1990-91. De registrerte forandringer er alle i positiv retning. Et forbehold er dog Ringdalsfjorden, hvor årsaken til en høyere planteplanktonbiomasse (mindre veksthemmende tilførsler og bedre lysklimate) kan bety et overgjødslingsproblem.

Nåtilstanden i området er bedømt ut fra forslag til klassifiseringssystem for overflatevann i marine resipenter. Forslaget er imidlertid utarbeidet m.h.t. overflatevann med saltholdigheter større enn 15 PSU. Ettersom de fleste stasjoner i området har betydelig lavere saltholdigheter må konklusjoner trukket etter klassifiseringssystemet bli usikkert. Imidlertid vil en forsiktig konklusjon på nåtilstanden i området være at det er moderat til sterkt forurenset. Konklusjonen er knyttet til overkonsentrasjoner av nitrogen og partikkelmengde (erosjonsmateriale).

2. Innledning.

2.1. Bakgrunn for undersøkelsen.

Det foreligger planer som vil medføre betydelige belastningsreduksjoner i Hvaler/Singlefjorden/-Ringdalsfjorden. Enkelte tiltak er gjennomført. Kjemisk rensing av kommunal kloakk fra Sarpsborg og Fredrikstad ble igangsatt november 1989. Det har skjedd en reduksjon av fosfortilførselen fra jordbruket fra 1980-1989, men nitrogentilførselen har derimot økt de siste 20 årene (G.Holtan 1990).

Kronos Titan A/S har redusert sine utslipp av tynnnsyre og metaller med ca. 90 % fra den 1.5.90. Ved Saugbruksforeningen i Halden opphørte utslippet av klororganiske forbindelser til vann etter nedleggelsen av cellulosefabrikken i juni 1991. I forbindelse med igangsettelse av en ny papirfabrikk vil utslippet av KOF (kjemisk oksygenforbruk) bli redusert med 75 % i forhold til utslippsnivået i 1990. Utslippet av suspendert stoff vil bli redusert med 50 % i forhold til utslippsnivået i 1990. Borregaard A/S er pålagt å redusere sine utslipp av organisk stoff og klororganiske forbindelser med 50 %. Endelig forventes også landbrukets bidrag av næringssalter til Glomma å bli redusert de nærmeste årene. Det er ventet at alle disse endringer totalt sett vil gi en betydelig belastningsreduksjon på området og at dette vil kunne registreres i bedret vannkvalitet de nærmeste årene.

NIVA har tidligere gjennomført undersøkelser i området (Skei, 1984, Knutzen, 1986), hvor konklusjonen var at området var sterkt forurensset. Enkelte av disse undersøkelser vil bli brukt i denne rapport for en sammenligning av forholdene 1980 og 1990. Ettersom hovedrapport først skal foreligge i 1995, er det i denne rapporten ikke gjennomført en fullstendig bearbeidelse i henhold til formålet.

2.2. Formål.

Formålet med undersøkelsene er dels å kartlegge eventuelle forandringer i vannkvalitet fra 1980-83 til 1990-94, samt å følge utviklingen i den siste perioden. Innsatsen konsentreres om overflatelaget og er mer beskjedent for dypvannet. Den tar for seg variable som er relevante for utslipp av næringssalter, organisk stoff, erosjonsmateriale og enkelte industrispesifikke metaller.

Det vil også skje en kartlegging av Glommavannets horisontale spredning i selve Hvaler/Singlefjorden ved hjelp av satellittbilder. Dette vil skje ved å lage situasjonsbestemte fordelings- og konsentrasjonskart over suspendert materiale i overflatelaget. Formålet med fjernovervåkingsdelen er også å kunne beskrive representativiteten av overflatestasjonene i relasjon til horisontale gradienter og "normal-situasjoner".

Formålet med denne delrapporten er å rapportere resultatene fra 1990-91, men det er også gjort en enkel sammenligning med tidligere hydrokjemiske overflateobservasjoner. For fjernmålingsdelen presenteres bare data fra 2 situasjoner i 1991. Flere situasjoner skal bearbeides i sluttrapporten.

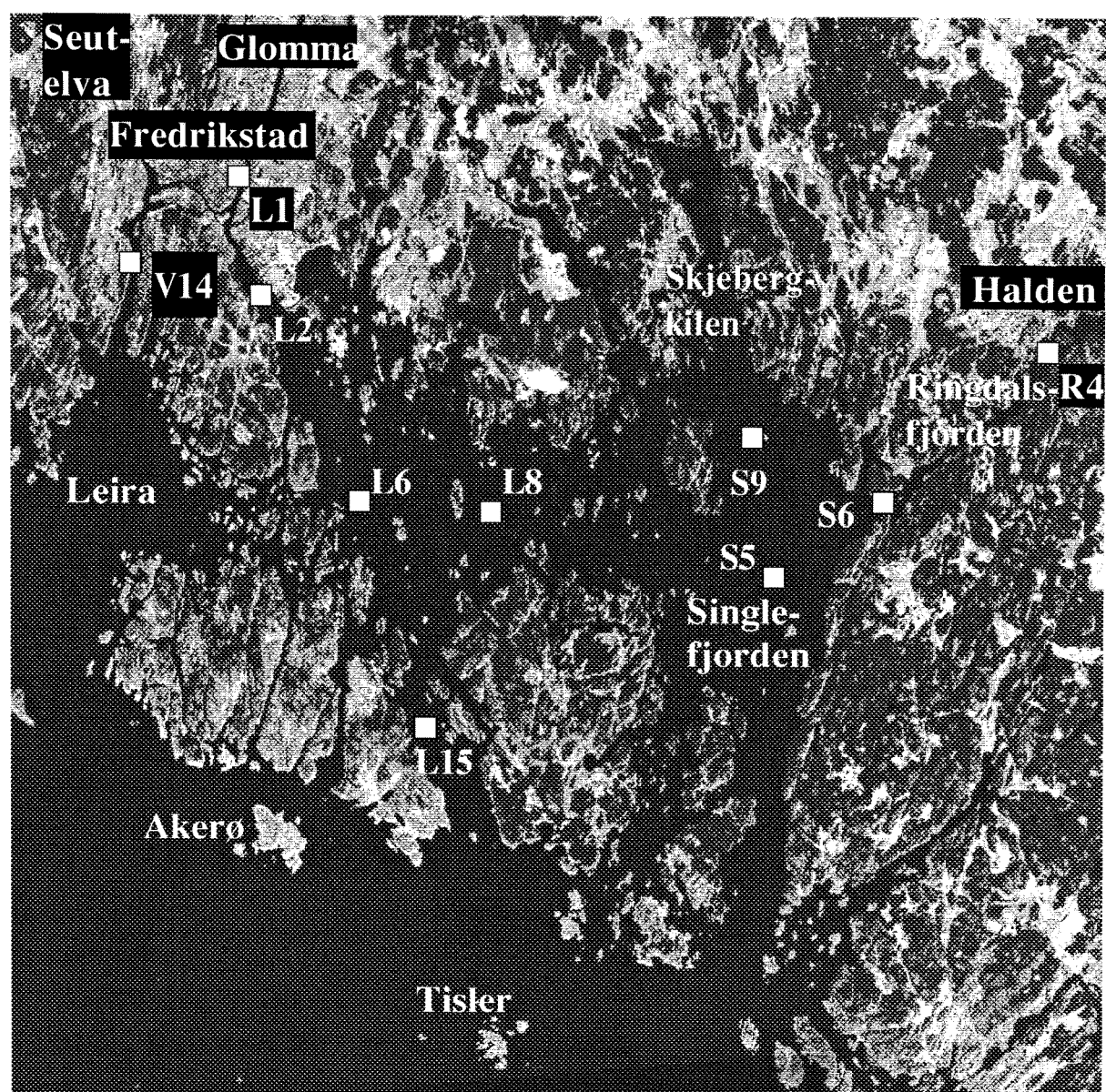
2.3. Gjennomføring.

2.3.1. Stasjonsplassering og toktoversikt

Stasjonsplassering fremgår av figur 1 og tabell 1. Stasjonene er valgt ut fra tidligere undersøkelser i 1980-83. Det er tatt i alt 10 stasjoner med 6 stasjoner i Glomma og 3 stasjoner i Singlefjorden og 1 stasjon i Ringdalsfjorden (Iddefjorden). Toktprogrammet er samordnet med det felles norsk/svenske programmet som har pågått på utsiden av Hvalerøyene og i Kosterområdet, samt med et elvetilførselsprogram der prøver er tatt i Glomma ved Sarpsfossen. Observasjonene er presentert i vedlegg 1.

Tabell 1. Oversikt over stasjoner, posisjoner og bunndyp i Hvaler 1990-91.

Stasjonskode	Stasjonsnavn	Breddegrad	Lengdegrad	Bunndyp (m)
L1	Fredrikstad	59° 12.45'	10° 57.80'	19
L2	Løperen	59° 10.65'	10° 57.50'	12
V14	Vesterelva	59° 11.73'	10° 54.10'	13
L6	Fugleskjær	59° 07.40'	10° 58.50'	55
L8	Ramsø	59° 06.75'	11° 02.20'	52
L15	Lubbegrund	59° 03.73'	10° 58.35'	21
S9	Haslau	59° 06.72'	11° 09.80'	95
S5	Singlefjorden	59° 04.80'	11° 09.75'	83
S6	Kjeøya	59° 05.18'	11° 13.35'	55
R4	Ringdalsfjorden	59° 06.55'	11° 19.10'	40



Figur 1. Stasjoner i Hvalerområdet i 1990-91.

Variablene i tabell 2 og 3 er valgt ut fra at de skal kunne gi en beskrivelse av de forandringer som forventes i området, men også ut fra tidligere foretatte observasjoner. De ulike variable er:

Bakgrunnsinformasjon (klima): Temperatur og saltholdighet.

Eutrofivariable: Tot-P, PO₄-P, Tot-N, NO₃-N(+NO₂-N), SiO₂-Si, klorofyll-a og oksygen.

Erosjonsparametre: Siktedyp, totalt suspendert materiale (TSM) og turbiditet.

Organiske parametre: Totalt organisk karbon (filtrert og ufiltrert)

Metaller: Partikulært jern, aluminium og titan.

Observasjonsfrekvensen for 1990 og 1991 fremgår av tabell 2. Det er foretatt tilsammen 30 tokt fordelt på 3 overflatetokt (A) og 7 overflatetokt med metallanalyser (B). Det er gjennomført 15 tokt (C) med overflateprøver og parametre som tokttypen A og B, og hvor det i tillegg er tatt prøver for nærings-salter og klorofyll-a på inntil to dyp på noen stasjoner. Det er videre gjennomført 5 supplerende overflatetokt for metaller eller erosjonsparametre under satellittpasseringer.

Tabell 2. Toktoversikt Hvaler, Singlefjorden og Ringdalsfjorden 1990-91. (A: Overflateprøver B: Overflateprøver med metallanalyser, C: Overflateprøver med metallanalyser og dypvannsprøver for nærings-salter og klorofyll-a).

Nr.	Dato	A	B	C	Merknader
1	26.4.90	x			
2	12.5.90			x	
3	26.5.90		x		
4	4.6.90		x		
5	21.6.90			x	Ikke metaller
6	6.7.90			x	Ikke metaller
7	22.7.90		x		
8	31.7.90			x	
9	7.8.90				L2, L6, L8, L15, Ekstra metalltokt + Turb, sikt, TSM, Kl-a, Temp. og PSU
10	15.8.90			x	
11	11.9.90			x	
12	12.12.90			x	S5, S6, S9, R4
	13.12.90				L1, L2, L6, L8, L15, V14
13	7.1.91		x		
14	21.1.91			x	S5, S6, S9,
	23.1.91				L1, L2, L6, L8, L15, V14
15	9.3.91			x	R4
	10.3.91				S5, S5, S9
	12.3.91				L1, L2, L6, L8, L15, V14
16	28.3.91		x		
17	13.4.91	x			
18	22.5.91	x			
19	7.6.91			x	
	16.6.91				Ekstra obs. for satellittpasseringer, Inkl. stasjoner utenfor.
	17.6.91				Ekstra obs. for satellittpasseringer. L6 og L8

Tabell 2 (forts).

Nr.	Dato	A	B	C	Merknader
21	9.7.91			x	
22	18.7.91		x		
	25.7.91				Ekstra tokt, Kla, TSM, Turb, sikt, Temp. og PSU
	3.8.91				Ekstra tokt, L6, L8, S6, S9 samt 1 st. utenfor. Parametere som 25.7
23	13.8.91			x	
24	24.8.91			x	Tatt overflateprøver
	25.8.91				Tatt dyprofiler/prøver
	26.8.91				Ekstra pga. satellittobservasjoner. L2, L6, L8, S6, S9
25	21.9.91			x	
26	15.12.91			x	L1, L2, L6, L8, L15, V14
	16.12.91				S6, S9 (overflaten), R4.
	21.12.91				S9 dyprofil for Temp og salt.

2.3.2. Feltarbeid, feltmålinger og prøvetagning

Toktene er i hovedsak gjennomført over en dag, med unntak av noen vintertokt. Feltemåling, prøvetagning og prøvepreparering (filtrering og konservering) ble utført lokalt av Lars og Anders Flingtorp fra Sponvika. All prøvepreparering ble utført samme dag som prøveinnsamling.

Temperatur og saltholdighet ble målt med en salinoterm og overflateverdier ble målt i den innsamlede vannprøve. Det er ellers målt temperatur og saltholdighetsprofiler på utvalgte stasjoner. Kontrollmålinger av salinoterm ble foretatt med to feltstandarder på hhv. 9 og 23 PSU. Saltanalyser med et salinometer ble foretatt på disse regelmessig, og resultatene fra disse kontrollene er gjengitt i vedlegg 2. Bortsett fra tokt i mars 1991 ble det ikke funnet vesentlige avvik som er blitt korrigert for. Siktedyp ble bestemt med en hvit skive (diameter ca. 25 cm).

Oksygen ble målt med en YSI-sonde som ble kontrollert enten ved parallellmålinger med et nytt instrument i felt eller ved bytte av sonden i laboratoriet. Sonden ble byttet etter ca. 3-6 måneders bruk. Kontrolldata og tidspunkter for skifte av instrument er gjengitt i vedlegg 3. Presisjonen på denne metoden vil være mellom ca. + 0,2 mg/l og ca. -0,5 mg/l, fordi instrumentet (membranen) normalt vil gi noe for lave resultater over tid.

Vannprøvene ble innsamlet med en Ruthner vannhenter, fylt over på 5 liters plastkanner og transportert til land for fordeling på prøveflasker, konservering og filtrering. Konservering av vannprøver til bestemmelse av næringsaltene fosfor og nitrogen og organisk karbon ble foretatt med 1 ml 4 mol/l svovelsyre pr. 100 ml prøve. Prøver til silikatbestemmelse ble nedfrosset (ufiltert) i plastflasker. Håvtrekk (stasjon S9 og R4) og planktonprøver (stasjon L8, S9 og R4) ble konservert med formalin (0.4%) og lagret for senere analyser. Da prøvene til turbiditet ikke kunne analyseres innen 24 timer ble disse konservert med noen dråper kvikksølvklorid. Dessuten er det innsamlet og lagret (kjølig) overflateprøver til senere ligninanalyser (stasjon L1, L2, L6, L8, V14, S6, og R4).

Prøver til bestemmelse av klorofyll-a ble filtrert på 47 mm glassfiberfilter (GF/F) før frysing av

organisk karbon. Filtrene var derfor vasket og glødet etter samme metode som benyttes til partikulært fosfor, karbon og nitrogen. Rengjøringen av glassfiberfiltrene er foretatt etter følgende prosedyre (det brukes utelukkende destillert vann til skylling og fortyning av syrer):

- filtrene legges et døgn i 0.1 mol/l HCl
- filtrene skylles
- ytterligere et døgn i 0.1 mol/l HCl
- filtrene skylles tre ganger

Filtrene drypptørkes og legges på og tildekkes med aluminiumfolie, deretter glødes de ved 450 °C i to døgn. Resultatene fra kontrollmålinger av filtrenes innhold av fosfor, nitrogen og karbon er lavt, og vi kan derfor anta at kontaminering ved eventuell utlekking fra disse er lav. Det ble forøvrig filtrert fra 0,5 - 1 liter prøve som gjør at eventuelle kontamineringsfeil uansett blir liten.

Analyseprogram, med oversikt over stasjoner, dyp og variabler, fremgår av tabell 3.

Tabell. 3. Analyseprogram for de enkelte stasjoner og dyp i Hvaler 1990-91.

Stasjon	Dyp (m)	Temp., Salt	Oks.	Turb, TSM	Kla	TotP, TotN	TOC, DOC	Fe, Al, Ti	SiO ₂	PO ₄ , NO ₃
L1	0	x		x	x	x	x			x
L2	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5	x								
	10	x	x		x	x	x		x	x
L6	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5	x								
	10	x	x		x	x	x		x	x
	20, 30, 40	x	x							
	50	x	x			x	x		x	x
L8	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5, 10, 15	x	x							
	20	x	x		x	x	x		x	x
	30	x	x							
	40	x	x			x	x		x	x
	50	x	x							
L15	0	x		x	x	x	x	x		
V14	0	x		x	x	x	x			
S5	0	x								
S9	0	x	x	x	x	x	x		x	x
	5,10,15,20,30	x	x							
	40	x	x		x	x	x		x	x
	50, 60, 70	x	x							
	80	x				x	x		x	x
S6	0	x	x	x	x	x	x			
R4	0	x	x	x	x	x	x		x	x
	5,10,15,20,30,40	x	x							

2.3.3. Analysemetoder

Fosfat og totalfosfor

Fosfat er bestemt med molybdenblåttmetoden etter en automatisert versjon av Norsk Standard (NS 4724). Det blåfargede komplekset bestemmes ved 880 nm. Prøvenes innhold av totalfosfor ble bestemt etter opplutning med peroksydisulfat i surt miljø i autoklav ved 120 °C (Norsk Standard NS 4725). Selve sluttbestemmelsen ble utført med molybdenblått-metoden, som for fosfat.

Nitrat (+nitritt) og totalnitrogen

Nitrat og eventuelt innhold av nitritt ble bestemt etter en automatisert versjon av Norsk Standard (NS 4745). Ved denne metoden reduseres nitrat til nitritt i sur løsning. Nitritt bestemmes som et azofargestoff ved 545 nm. Totalnitrogen ble bestemt ved opplutning av prøven med peroksydisulfat i autoklav ved 120 °C i henhold til Norsk Standard (NS 4743). Den endelige løsningen ble analysert med hensyn på summen av nitrat og nitritt.

Silikat

Her benyttes en automatisert FIA-metode ("Flow Injection Analysis) tilrettelagt for sjøvann. Det blåfargede komplekset med silikat bestemmes ved 695 nm etter at eventuell fosfatinterferens er fjernet ved tilsetning av oxalsyre.

Totalt og oppløst organisk karbon

Organisk karbon er bestemt ved opplutning med peroksydisulfat i glassampuller ved 120 °C og måling av CO₂ innholdet i en Gow-Mac gasskromatograf. Usikkerheten i analysen er under nærmere vurdering (Hovind og medarb., 1992) og vil bli rapportert senere.

Klorofyll-a

Klorofyll-a er bestemt fotometrisk på en Perkin Elmer Lambda-5 spektrofotometer med metanol ekstraksjon i henhold til Norsk Standard (NS 4767). Metoden er tilrettelagt for måling av små ekstraktvolumer (5 ml) og stor kuvettelengde (5 cm), som gir en lavere deteksjongrense enn det som er oppgitt i standarden.

Totalt suspendert materiale

Totalt suspendert materiale ble bestemt ved filtrering gjennom preveide 0,4 µm 47 mm Nucleoporefilter. Veingen foretas på en Sartorius mikrovækt tilrettelagt med partikkelkilde for å fjerne elektrostatiske veifeil. Filterne var på forhånd skyllet i destillert vann og tørket ved 40 °C. Prøvevolumet lå mellom 100-250 ml, og det benyttes 50 - 100 ml destillert vann for skylling av filteret for å fjerne rester av salt som vil gi veifeil.

Turbiditet

Turbiditet er bestemt med et HACH-turbidimeter (Mod. 2100A) kalibrert med formazin, og følger Norsk Standard (NS 4723).

Partikulært jern, titan og aluminium

Vannprøvene ble vakuumfiltrert med en spesiellagget oppsats for 37 mm Nucleoporfilter og stort vannvolum på inntil ca. 300 ml. Porestørrelse på filtere var 0.4 μm og filterne var på forhånd skyllet i destillert vann som for den vanlige TSM-analysen. Filterne ble tørket i eksikator 2-3 døgn og veiet med mikrovækt med partikkelkilde som for TSM-analysen. Etter at mengden av partikulært materiale på filterene var bestemt, ble metallene analysert på et røntgenfluorescens spektrometer (Siemens SRS-303 AS) med drodium røntgenrør. Analysene ble utført av Senter for industriforskning.

Satellitdata

Satellitdata benyttet her er multispektrale data fra Thematic Mapper (TM)-sensoren i Landsat-5. Det benyttes TM-kanaler fra den grønne og røde delen av spekteret for bestemmelse av partikler (Sørensen og medarb., 1993). Masking av land er foretatt med infrarøde kanaler. Bildene presenteres både kalibrert i turbiditetsenheter, og som relative fordelingsbilder for å få frem detaljer. Som kontrolldata er benyttet egne toktdata eller data fra Kystoppsynet (26. august 1991) eller fra Fylkesmannen i Østfold (20. april 1991).

3. Resultater og diskusjon.

3.1 Tilførsler.

Tabell 4 viser forurensningstilførsler til området i 1990-91 beregnet av G.Holtan m.fl. (1991 og 1992).

Tabell 4. Forurensningstilførsler (tonn/år) til Hvaler/Singlefjorden/Iddefjorden+Ringdalsfjorden 1990 og 1991 (Data fra Holtan 1991, 1992). (Skyggede tall markerer maksimalverdier for de to årene).

Område	År	Nitrogen	Fosfor	Suspendert stoff	BOF	KOF
Iddefjorden	1990	1130	33	880	1410	3035
	1991	1215	30	500	860	1900
Hvaler	1990	14450	430	8150	9970	22635
	1991	15690	490	6800	9000	20975
Totalt	1990	15580	463	9030	11380	25670
	1991	16905	520	7300	9860	22875

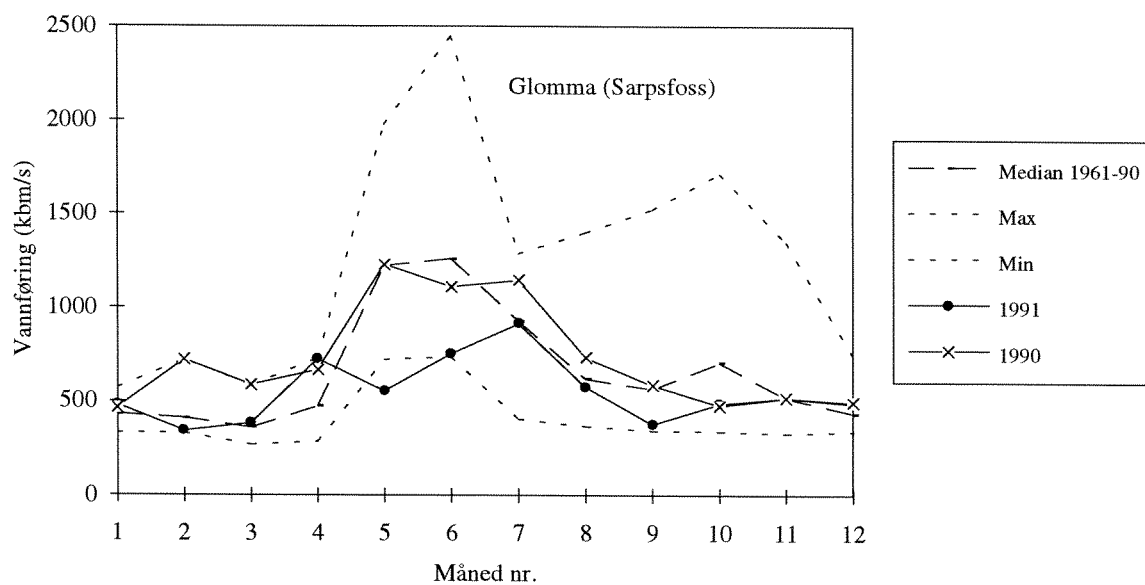
Totaltilførslene varierte mellom 10-20 % mellom 1990 og 1991. De største relative forandringer var i Iddefjorden, hvor reduksjonen av suspendert stoff, og organisk stoff fra 1990 til 1991 var på ca. 37-43 %. Totaltilførslene til Iddefjorden og Ringdalsfjorden ble i 1980-årene beregnet til 6400 tonn suspendert stoff, ca. 50000 tonn organisk stoff (KOF), ca. 35 tonn fosfor og ca. 770 tonn nitrogen (Knutzen 1986). Dominerende kilde for disse tilførslene, unntatt for nitrogen, var Saugbruksforeningen. Den kraftige reduksjonen i Iddefjorden skyldes reduksjoner i utslipp fra bedriften.

3.2. Ferskvannstilførsler 1990 og 1991.

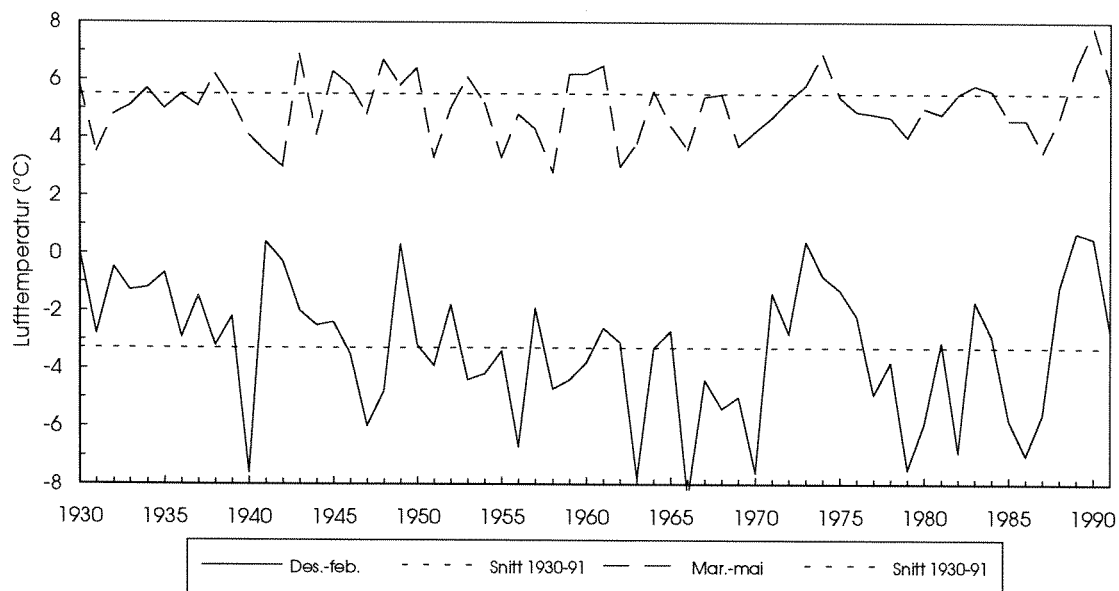
Figur 2 viser ferskvannstilførselen i Glomma (Sarpsfossen) i 1990 og 1991, sammenlignet med normal- og ekstremvannføringer i perioden 1961-90. I 1990 var vannføringen ekstremt stor fra februar til april, sannsynligvis på grunn av den varme vinteren (figur 3). I 1991 var vannføringen ekstremt stor i april og ekstremt lav i mai-juni og september. Figur 4 viser at den milde vinteren og den store ferskvannstilførselen medførte en stor transport av partikler i begynnelsen av året. Beregning av tilførsler er gjort dels med observasjoner tatt av Østfold fylkeslaboratorium, dels NIVAs egne observasjoner gjennomført etter oppdrag fra SFT (G.Holtan m.fl. 1991 og 1992).

Av den totale tilførselen av suspendert stoff i 1990 hadde ca. 80 % blitt tilført Hvalerområdet før midten av april og for totalfosfor før midten av juni. For totalnitrogen og organisk stoff (TOC) var tilførselen mer jevnt fordelt over året.

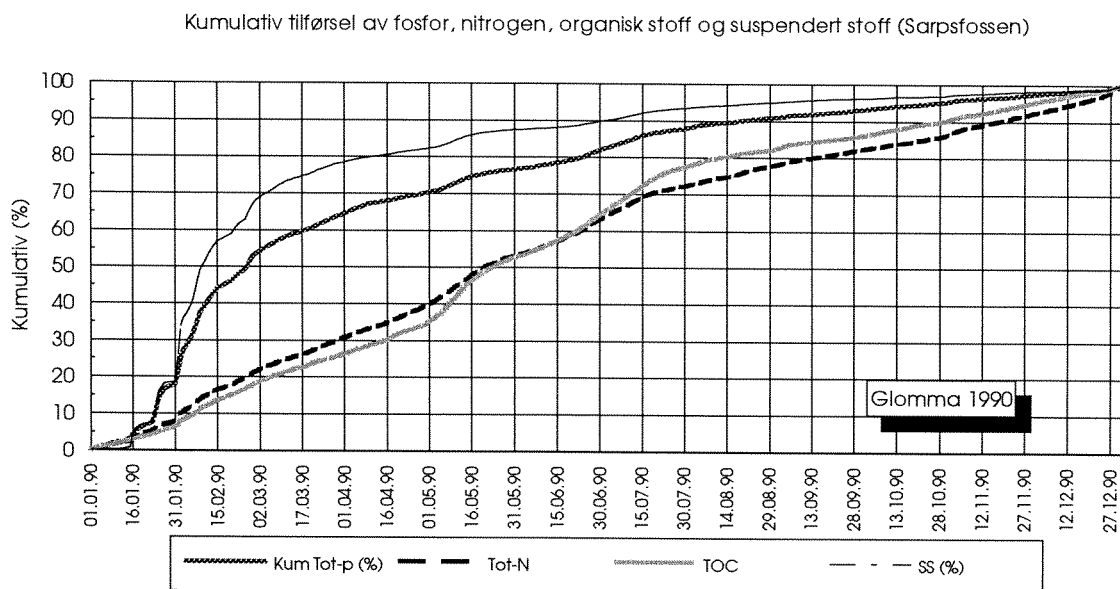
Ettersom tilførslene ikke er jevnt fordelt ut over året og at de varierer for ulike variabler, er det viktig at et overvåkingsprogram dekker de ulike variasjonene. Når også klimatiske variasjoner kommer inn som en variabel blir valg av observasjonstidspunkt på forhånd vanskelig. I denne sammenheng er det av stor betydning med tette observasjoner i et vassdrag som Glomma. Figur 5 viser tidspunkt for observasjoner i Hvalerområdet sett i relasjon til vannføringen i Glomma.



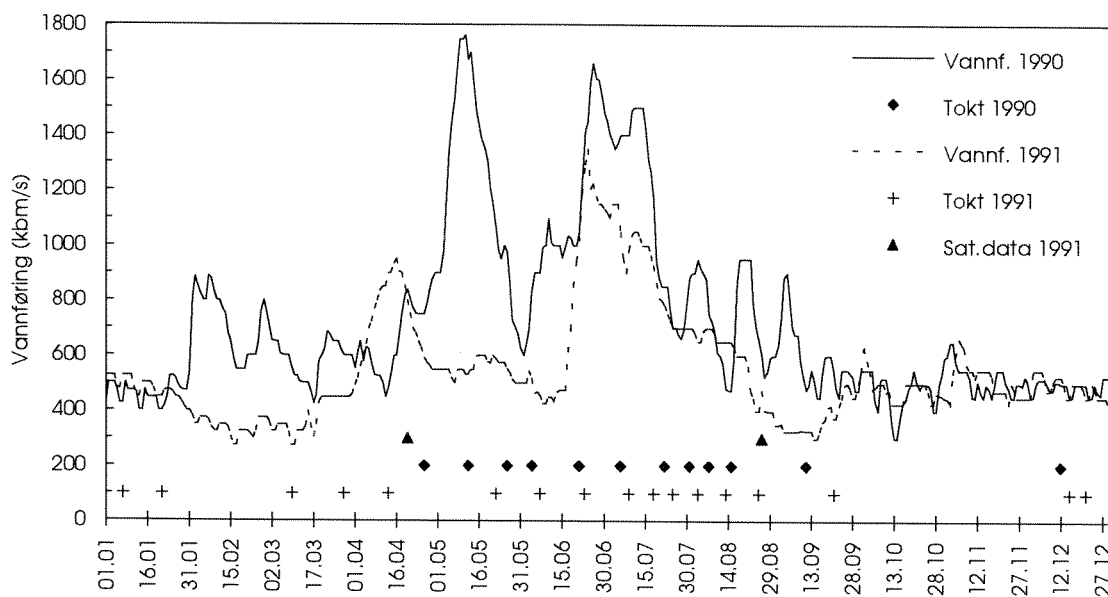
Figur 2. Midlere månedsvannføring i Glomma (Sarpsfossen) 1990-91, sammenlignet med gjennomsnitt og ekstremer i vannføringen 1961-90 (Data fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen).



Figur 3. Sesongmiddeltemperatur 1930-90. (Data fra Meteorologisk institutt).



Figur 4. Kumulativ transport (%) i Glomma (Sarpsfossen) i 1990. (Observasjoner fra Fylkeslaboratoriet i Østfold og Norges vassdrag- og elektrisitetsvesen).



Figur 5. Vannføring i Glomma 1990-91 og inntegnede tokt og satellittdata i Hvalerområdet.

3.3. Overflateobservasjoner 1990-91.

Observasjonene fra 1990-91 er delt opp i en vinterperiode (desember-april) og en sommerperiode (mai-september). Deretter er middelerdi for variabel og hver stasjon beregnet. Ettersom de fleste forurensninger er knyttet til ferskvann fra Glomma og Tista er også midlere saltholdighet beregnet for hver stasjon. Antall observasjoner varierer noe for enkelte variable og derfor er de delt opp etter observasjonsfrekvens. Tabell 5 - 10 viser resultatene. Skyggede ruter markerer høyeste middelerdi av samtlige observasjoner i området - unntatt for saltholdighet og siktedyp, hvor de laveste verdiene er markert. Observasjonene fra Hvaler er også sammenlignet med observasjoner fra Kystovervåkingsprogrammet ved Færder, den minst påvirkede stasjonen i området.

Tabell 5. Middelerdi av saltholdighet (PSU), Tot-N, Tot-P, TOC, DOC, turbiditet, TSM og siktedyp i desember - april 1990-91 (0 m dyp).

Stasjon	Antall obs.	Saltholdig-het	Tot-N	Tot-P	Tot-(N/P)	TOC	DOC	Turb.	TSM	Siktedyp
Des.-apr.		PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	(vekt)	(mg/l)	(mg/l)	(FTU)	(mg/l)	(m)
L1	7	1.1	655	19	38	5.5	5.0	7.5	9.7	0.96
L2	8	5.0	647	20.8	32	4.8	4.9	8.1	9.5	0.96
V14	7	5.3	643	21.6	31	5.1	4.8	7.2	11.1	1.21
L6	8	9.3	594	22.6	27	4.6	4.0	6.4	10.1	1.5
L8	8	10.8	526	17.1	32	3.9	3.9	3.9	5.1	2.32
L15	8	10.7	544	18.9	29	4.6	4.0	4.2	6.1	1.93
S6	6	15.4	570	17	34	5.6	5.4	1.5	2.9	4.98
S9	9	17.9	492	18.1	31	3.9	3.2	1.2	2.4	4.89
R4	8	2.58	986	22.4	45	10.7	9.1	3.1	5.2	1.4
Færder	8	27.1	247	20.3	13				1.0	9.4

Tabell 6. Middelerdi av saltholdighet (PSU) og løste næringssalter desember-april 1990-91.(0 m dyp).

Stasjon	Antall obs.	Saltholdig-het	PO ₄ -P	NO ₃ -N	N/P	SiO ₂ -Si
Des.-apr.		PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	(vekt)	($\mu\text{g/l}$)
L2	4	5.6	4.2	391	109	1266
L6	4	12.0	7.8	312	50	860
L8	4	14.1	6.3	261	90	685
S9	4	22.4	12	177	17	461
R4	4	3.4	2.3	506	228	615
Færder	8	27.1	8.9	53	6	71

Tabell 7. Middelerdi av saltholdighet (PSU) og partikulært jern, aluminium og titan i desember-april 1990-91 (0 m dyp).

Stasjon	Antall obs.	Saltholdig -het	Fe	Al	Ti	Fe/Al	Ti/Al
Des.-apr.		PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	(vekt)	(vekt)
L2	6	5.5	771	1430	74	0.58	0.07
L6	6	10.4	876	1419	90	0.65	0.07
L8	6	11.9	507	800	39	0.59	0.06
L15	6	11.3	441	1109	58	0.62	0.07

Tabell 8. Middelerdier av saltholdighet (PSU), Tot-N, Tot-P, TOC, DOC, turbiditet, TSM og siktedyp i mai-september 1990-91 (0 m dyp).

	Antall obs.	Saltholdig -het	Tot-N	Tot-P	Tot-(N/P)	TOC	DOC	Turb.	TSM	Kl-a	Siktedyp
Mai-sept.		PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	(vekt)	(mg/l)	(mg/l)	(FTU)	(mg/l)	($\mu\text{g/l}$)	(m)
L1	17	0.6	424	13.8	38	5.2	4.2	2.6	5.2	2.9	1.9
L2	17	4.4	375	12.6	37	4.6	4.0	3.1	5.7	2.2	1.9
V14	17	4.2	376	13.6	28	5.0	4.3	3.1	5.2	1.8	1.9
L6	17	8.6	345	11.9	33	3.9	3.9	2.2	3.8	1.5	2.5
L8	17	11.8	315	11.8	35	4.1	3.7	1.9	2.9	2.4	3.3
L15	17	10.9	318	11.4	29	4.2	3.8	2.0	3.4	2.0	3.2
S6	16	15.7	327	18.1	19	5.2	4.6	1.4	3.1	7.3	3.3
S9	17	15.9	266	11.3	29	4.3	3.9	0.9	2.1	4.7	4.2
R4	17	9.9	536	30.7	20	11.5	9.7	2.7	6.0	11.8	1.6
Færder	16	25.9	206	9.4	24				0.7	2.1	8.6

Tabell 9. Middelerdi av saltholdighet (PSU) og løste næringssalter mai-september 1990-91 (0 m dyp).

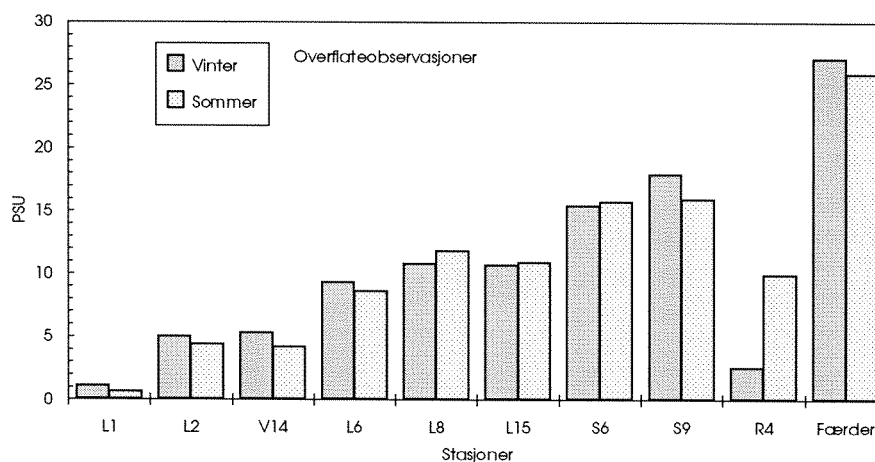
Stasjon	Antall obs.	Saltholdig -het	PO ₄ -P	NO ₃ -N	SiO ₂ -Si
Mai-sept.	N	PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)
L2	11	4.2	1.9	172	149
L6	11	8.2	1.6	138	114
L8	11	11.7	1.5	105	88
S9	11	15.9	1.1	33	31
R4	10	10.0	1.4	28	20
Færder	16	25.9	1.1	3.5	3

Tabell 10. Middelerdi av saltholdighet (PSU) og partikulært jern, aluminium og titan i mai-september 1990-91 (0 m dyp).

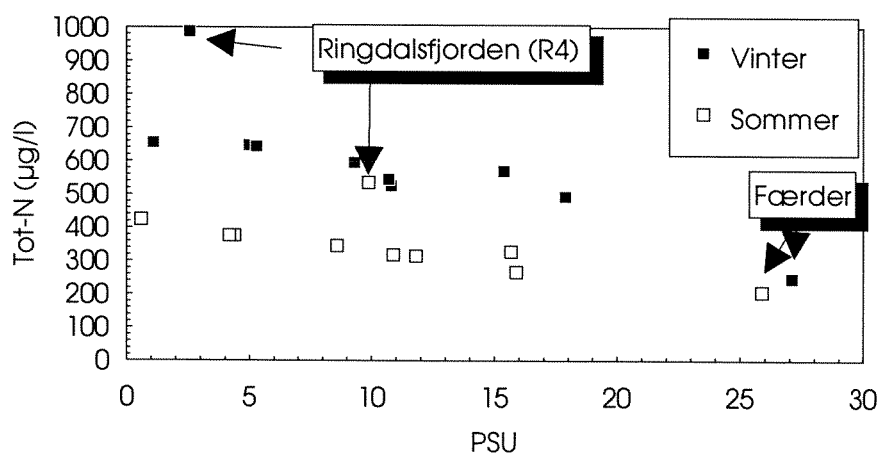
Stasjon	Antall obs.	Saltholdig-het	Fe	Al	Ti	Fe/Al	Ti/Al
Mai-sept.		PSU	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	(vekt)	(vekt)
L2	14	4.3	346	482	59	0.73	0.11
L6	14	8.8	261	349	34	0.77	0.10
L8	14	11.8	177	236	20	0.82	0.09
L15	14	11.4	200	263	24	0.81	0.09

3.3.1. Næringsalter.

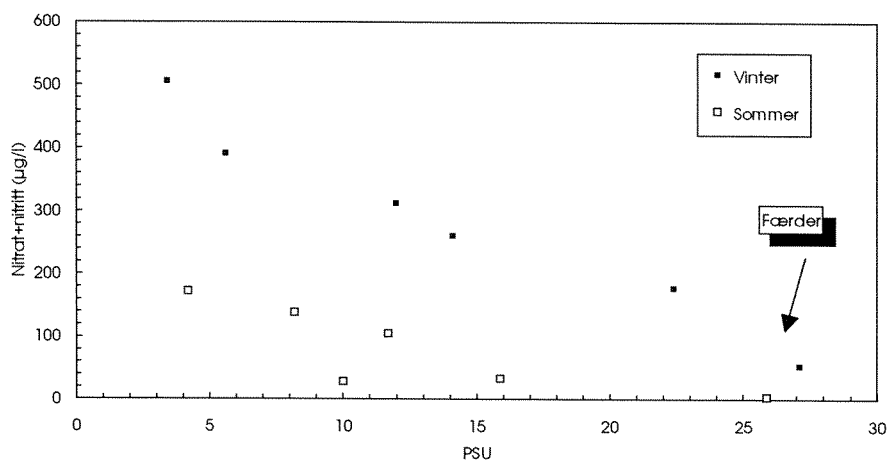
Figur 6 viser at det var liten forskjell i midlere overflatesaltholdighet mellom vinter og sommerobservasjoner, unntatt for Ringdalsfjorden (R4). Figur 7 viser at konsentrasjonen av totalnitrogen var dels avhengig av saltholdigheten, dels høyere vinterstid enn sommerstid. Et unntak fra dette mønster er Ringdalsfjorden, som hadde betydelig høyere nitrogenkonsentrasjon enn de andre stasjonene med samme saltholdighet. Nitratkonsentrasjonen viste samme mønster som totalnitrogenkonsentrasjonen, men her skilte Ringdalsfjorden seg ikke fra øvrige stasjoner med samme saltholdighet (figur 8). Sammenlignet med Færder var konsentrasjonene betydelig høyere i Hvalerområdet, spesielt om vinteren.



Figur 6. Middelerdi av overflatesaltholdigheten vinter og sommer 1990-91.

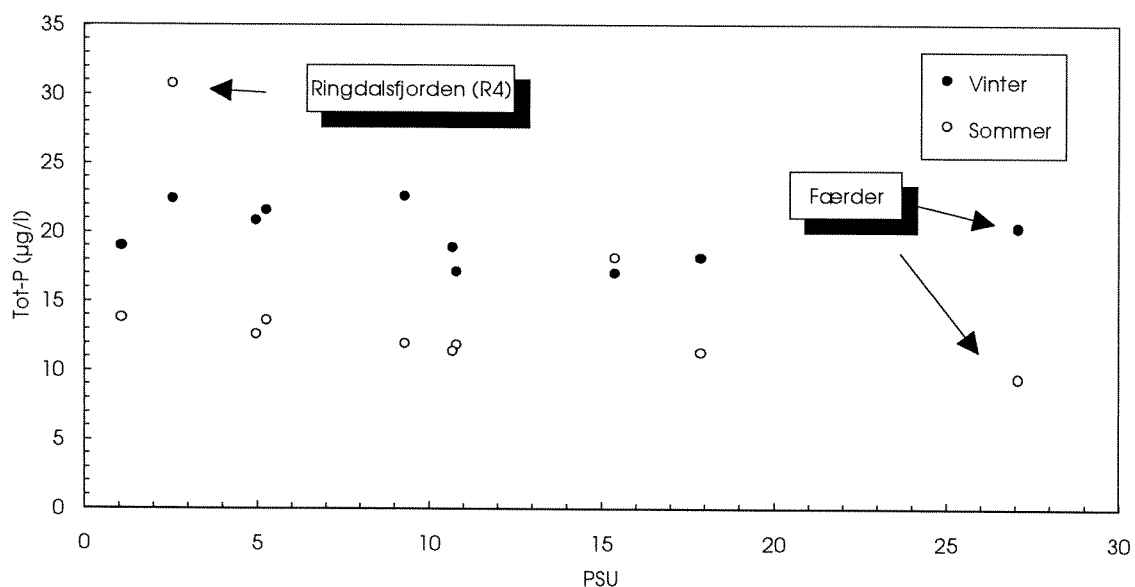


Figur 7. Middelerdi av Tot-N mot saltholdighet (PSU) på ulike stasjoner vinter og sommer 1990-91.



Figur 8. Middelerdi av nitratkonsentrasjoner som funksjon av saltholdighet (PSU) på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder, vinter og sommer 1990-91.

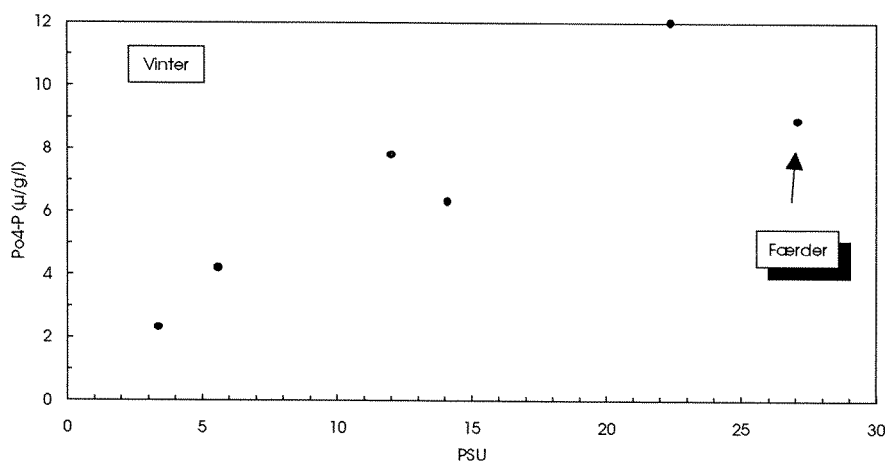
Totalfosforkonsentrasjonen i overflatelaget viste ikke samme avhengighet av saltholdigheten som nitrogenkonsentrasjonen (figur 9). Vinterstid varierte middelerdi konsentrasjonen mellom 17 - 22 µg/l på alle stasjoner, mens sommerstid skilte Ringdalsfjorden seg ut med betydelig høyere konsentrasjoner enn de øvrige stasjoner. Sammenlignet med kystovervåkingsstasjonen ved Færder, var konsentrasjonene i Hvalerområdet ikke spesielt høye.



Figur 9. Middelerdier av totalfosfor som funksjon av saltholdighet (PSU) på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder, vinter og sommer 1990-91.

Fosfatkonsentrasjonene vinterstid var derimot økende med saltholdigheten (figur 10), med de laveste konsentrasjonene i Ringdalsfjorden (tabell 6). Det var kun en stasjon i Singlefjorden (S9), som hadde

høyere konsentrasjon enn Færder. Sommerstid var konsentrasjonene små (ned mot deteksjonsgrensen) i hele området (tabell 9).

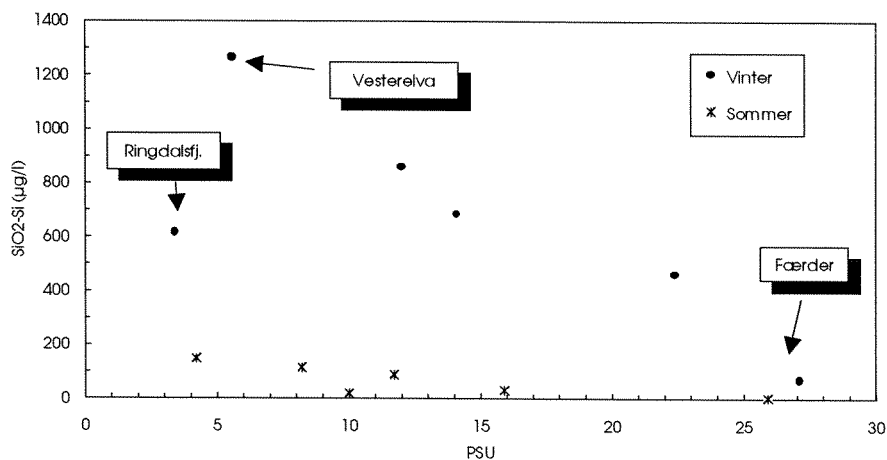


Figur 10. Middelerdi av fosfatkonsentrasjoner som funksjon av saltholdighet (PSU) på ulike stasjoner i Hvalerområdet vinter 1990-91.

N/P-forholdet (vektenheter) vil for optimal planteplanktonvekst i gjennomsnitt ligge ved ca. 7:1. Ved Færder var midlere N/P-forhold vinterstid ca. 6:1 ($\text{NO}_3\text{-N}/\text{PO}_4\text{-P}$) og 13:1 (Tot-(N/P)). N/P-forholdet i Hvalerområdet var betydelig over 7-13:1, spesielt høyt i Ringdalsfjorden og Vesterelva, noe som indikerer forsorbegrenset planteplanktonvekst. Om sommeren var N/P-forholdet i Hvalerområdet fortsatt høyere enn ved Færder, men i Ringdalsfjorden og stasjonen nærmest Ringdalsfjordens munning (S6) var N/P-forholdet omtrent lik det ved Færder (tabell 8).

Den midlere overflatekonsentrasjonen av silikat var gjennomgående meget høy vinterstid i hele Hvalerområdet og med en klar variasjon med saltholdigheten (figur 11). I sommerhalvåret var silikatkonsentrasjonen lavere på tross av gjennomgående lavere saltholdighet. Lav silikatkonsentrasjon i kystvannet ved Færder er normalt om sommeren når diatomeer brukt opp silikatet i våroppblomstringen, men lavere konsentrasjoner i Hvalerområdet med omtrent samme saltholdighet som om vinteren, må også bero på en mindre silikattilførsel fra Glomma.

Hvalerområdet karakteriseres således av en overkonsentrasjon av nitrogen hele året som følge av tilførsel fra elvene og fra utslipp. Spesielt høye konsentrasjoner var det i Ringdalsfjorden, mens fosforkonsentrasjonen i området ikke var spesielt høy (unntatt totalfosforkonsentrasjonen i Ringdalsfjorden sommerstid).

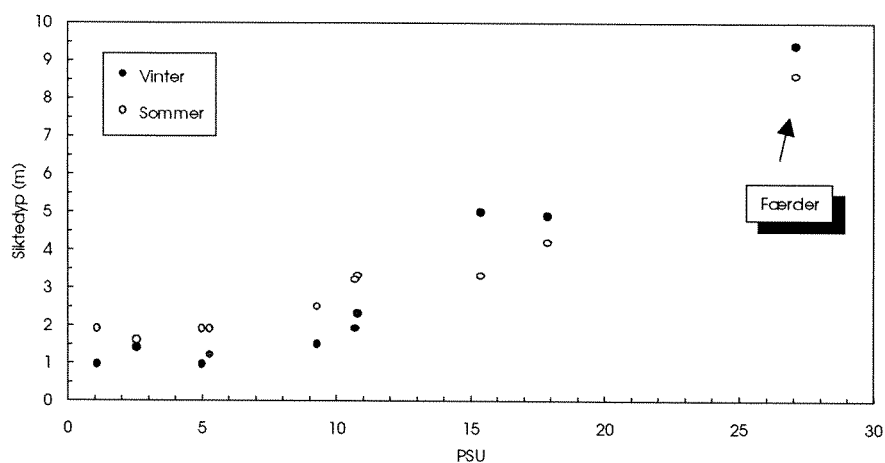


Figur 11. Middelerdi av silikat som funksjon av saltholdighet (PSU) på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder vinter og sommer 1990-91.

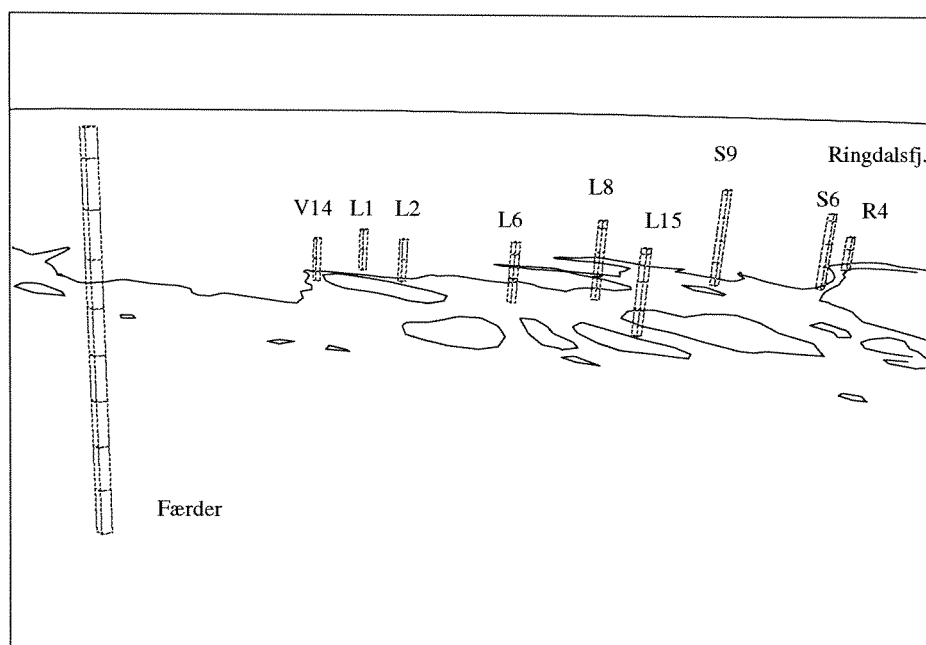
3.3.2. Siktedyp og klorofyll-a.

Siktedyp er dels et mål for klarheten i vannet og påvirkes bl.a. av leirpartikler eller andre partikler som kommer fra land. Siktedypet påvirkes også av planteplanktonmengden (og oppløst materiale). Det gir også et grovt mål på fotosyntesesonens nedre grense som kan settes til ca. 2.5 ggr siktedypet. Dette kan dog variere noe mellom ulike vannmasser.

Figur 12 viser at siktedypet i Hvalerområdet varierte med saltholdigheten, dvs. tilførselen av suspendert og oppløst materiale fra Glomma er av avgjørende betydning for siktedypet. Det var ikke noen stor forskjell mellom vinter og sommerverdier. Ringdalsfjorden skilte seg ikke ut fra f.eks. stasjon L2. Midlere siktedyp sommerstid er betydelig lavere i Hvalerområdet sammenlignet med Færder (figur 13).



Figur 12. Midlere siktedyp (m) og saltholdighet på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder vinter og sommer 1990-91.

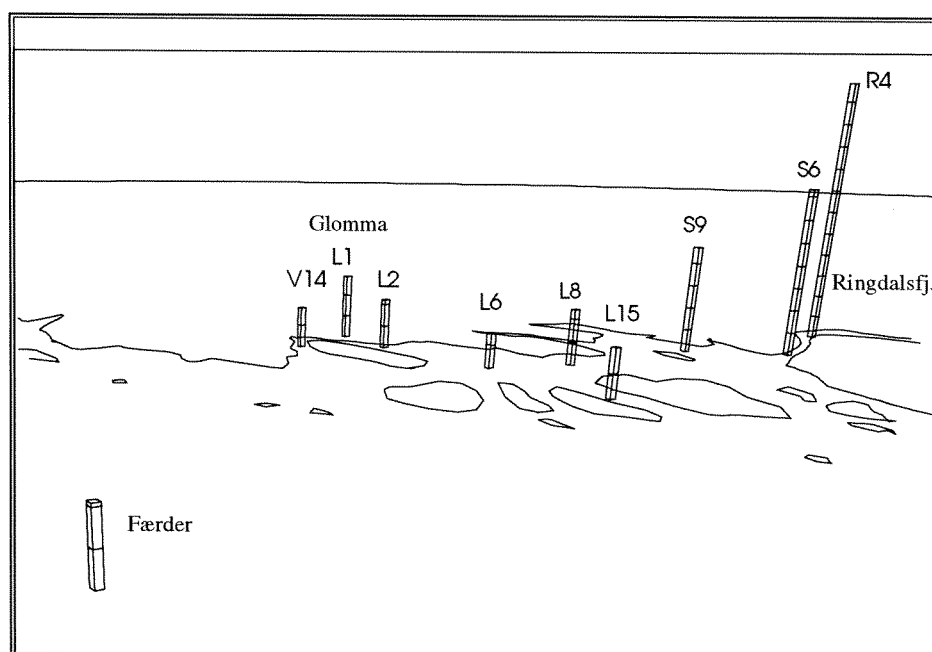


Figur 13. Midlere siktedyp (m) på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder mai-september 1990-91. (1 delstrekk = 1 meter).

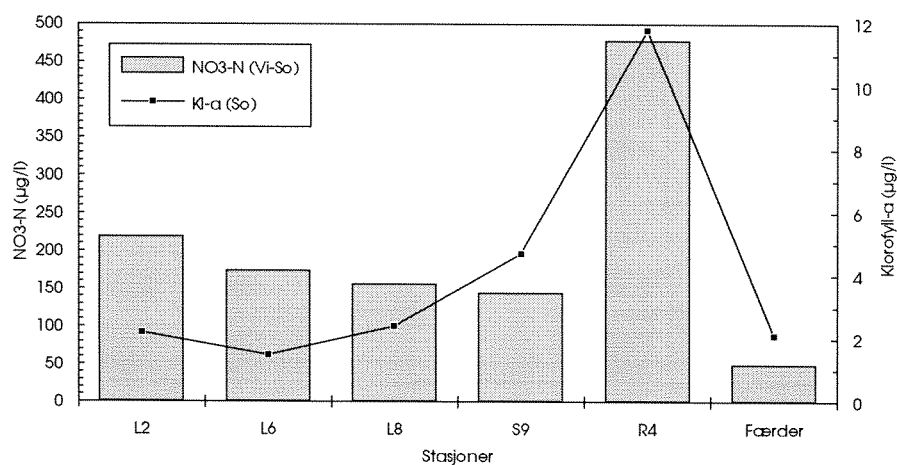
Klorofyll-a er et indirekte mål på planteplanktonbiomassen. Imidlertid kan konsentrasjonen pr. celle til dels være artsavhengig. I Hvalerområdet burde dette ikke være av noen stor betydning. Store konsentrasjoner av planteplankton (klorofyll-a) indikerer ofte en situasjon hvor næringssalttilførselen er god.

Konsentrasjonene av klorofyll-a (figur 14) var størst i Ringdalsfjorden (R4) og Singlefjorden, men var forøvrig ikke større enn f.eks. ved Færder. Ringdalsfjorden hadde også de høyeste nitrogenkonsentrasjonene vinterstid (tabell 5), men lavere fosfatkonsentrasjoner og ikke spesielt høye totalfosforkonsentrasjoner. Figur 14 og 15 illustrerer situasjonen. Her er forskjellen mellom midlere vinter- og sommerkonsentrasjoner av nitrat og fosfat plottet mot midlere klorofyllkonsentrasjoner sommerstid. Figur 15 viser at nitrogendifferensen vinter-sommer er størst i Ringdalsfjorden, sammenfallende med den høyeste klorofyllkonsentrasjonen om sommeren. De øvrige stasjoner ligger betydelig lavere i nitrogentap og klorofyllkonsentrasjon. Figur 16 viser at det samme ikke gjelder for fosfat. Ettersom N/P-forholdet (nitrat/fosfat) er høyt må det skje en tilførsel av fosfor (f.eks. fra dypvannet ved den estuarine sirkulasjonen) for at planktonbiomassen skal kunne holdes på et høyt nivå. De er ikke sannsynlig at utslipp av fosfor fra land skulle kunne være årsaken ettersom vinterverdiene av fosforkonsentrasjonen var lavest i Ringdalsfjorden.

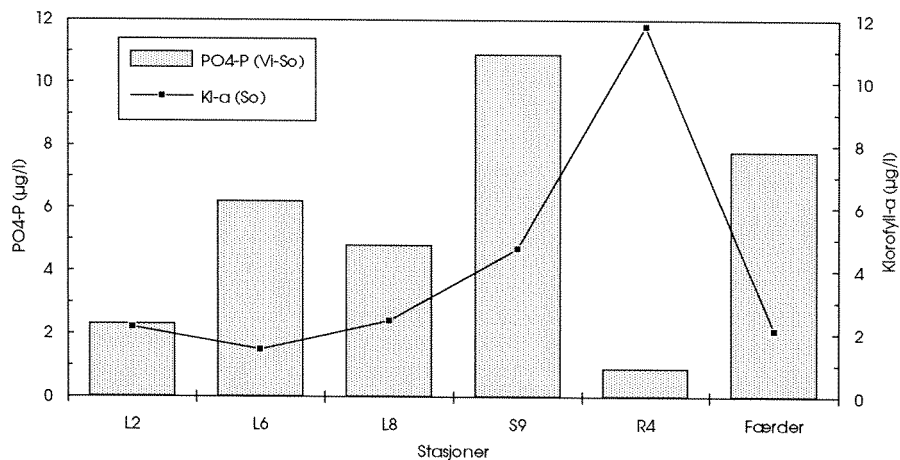
Det er tydelig at planteplanktonet benytter seg av nitrogenoverskuddet i Ringdalsfjorden i meget større utstrekning enn i Løperen og Vesterelva. Ringdalsfjorden er således idag et gunstig område for planteplankton, hvilket den ikke var tidligere på 1970-tallet, unntatt når Saugbruksforeningen hadde driftsstans (Skei og Lindstrøm 1976). Forklaringen til denne forskjell er trolig oppholdstiden på overflatevannet, som er lengre i Ringdalsfjorden enn i Løperen. I Løperen er oppholdstiden kort, slik at brakkvannsarter av planteplankton ikke får tid til å etablere seg innen de blir transportert ut i vann med høyere saltholdighet, hvor de ikke kan overleve som følge av osmoseproblemer. I Ringdalsfjorden er uttransporten meget langsommere og derved kan brakkvannsarter få tid til å benytte seg av næringssaltoverskuddet. Ringdalsfjorden (og Iddefjorden) er således lokalt meget mer følsom for eutrofiering enn Løperen.



Figur 14. Midlere konsentrasjon av klorofyll-*a* ($\mu\text{g/l}$) på ulike stasjoner i Hvalerområdet og ved Færder sommer 1990-91. (Et delstrekk = 1 $\mu\text{g/l}$).



Figur 15. Middelskonsentrasjon av klorofyll-*a* mai-september (So) 1990-91 og forskjell mellom midlere nitratkonsentrasjoner desember-april (Vi) og mai-september (So).

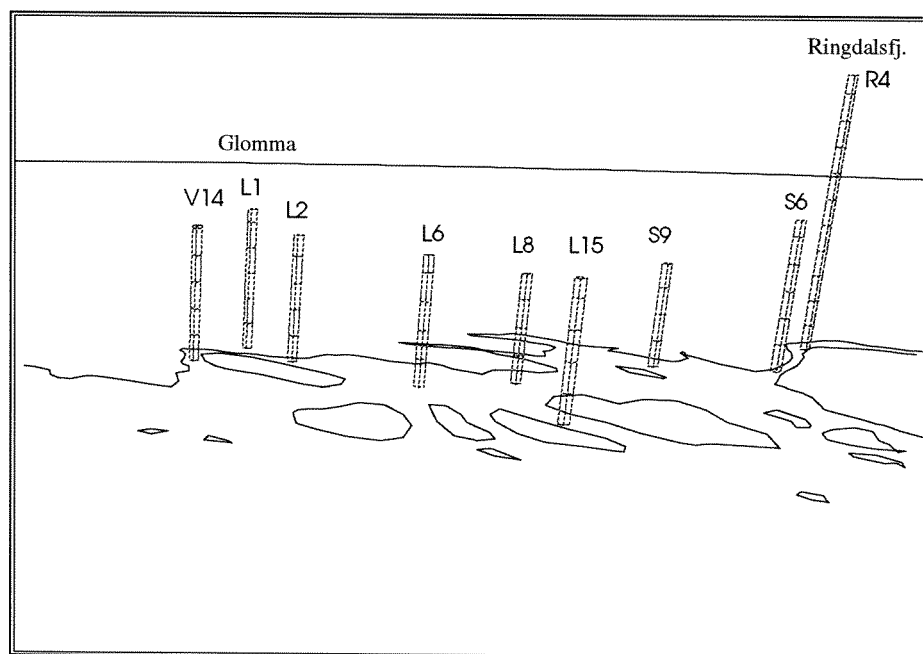


Figur 16. Middelskonsentrasjon av klorofyll-a mai-september (So) 1990/91 og forskjell mellom midlere fosfatkonsentrasjoner desember-april (Vi) og mai-september (So).

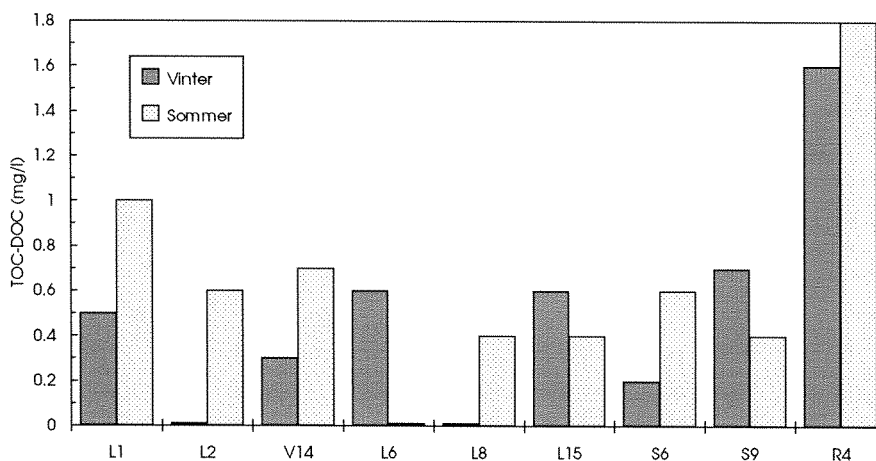
3.3.3. Organisk karbon.

Organisk karbon tilføres området dels via "naturlig" transport fra Glomma og Tista, dels ved utlipp fra kommunal kloakk og industri, spesielt treforedlingsindustrien i området.

Figur 17 viser at konsentrasjonen av organisk stoff (TOC) i desember-april var klart størst i Ringdalsfjorden. Dette var også forholdet for DOC (se tabell 5). Situasjonen var den samme også om sommeren. Ringdalsfjorden skilte seg også klart ut ved en større del partikulært organisk karbon enn øvrige stasjoner (figur 18), regnet som differensen mellom TOC og DOC.



Figur 17. Middelskonsentrasjon av TOC på ulike stasjoner i Hvalerområdet desember-april 1990-91. (1 delstrek = 1 mg/l).

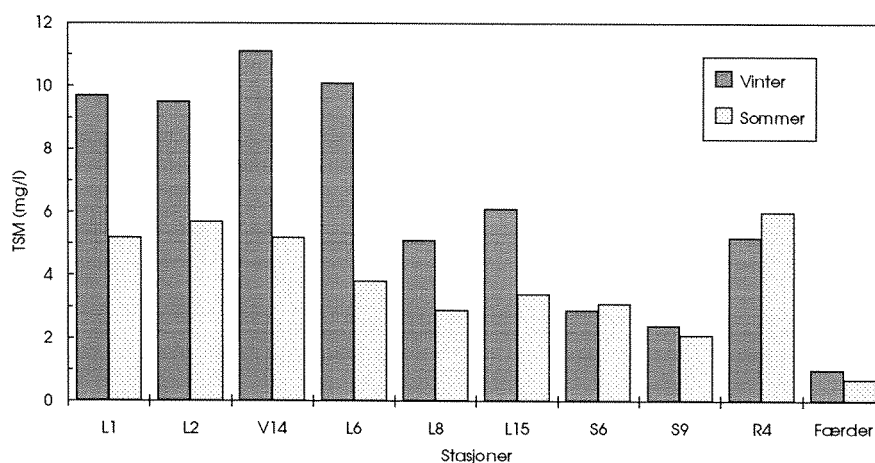


Figur 18. Forskjellen mellom midlere TOC og DOC på ulike stasjoner i Hvalerområdet desember-april og mai-september 1990-91.

3.3.4. Suspendert stoff.

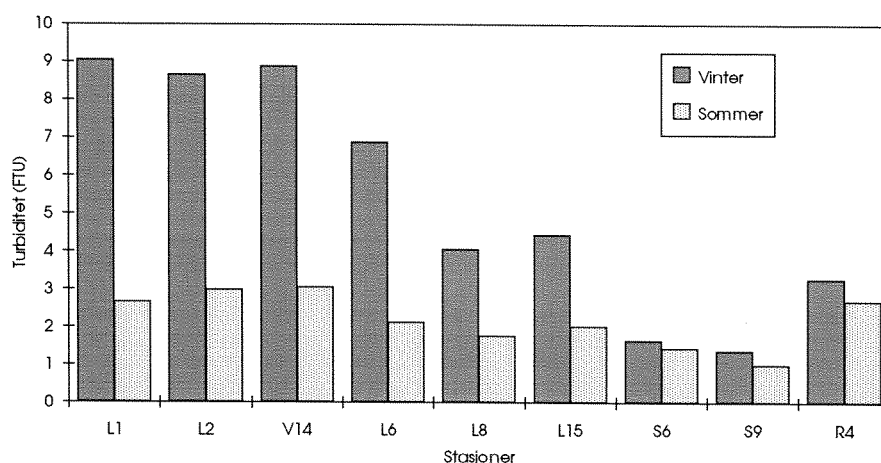
Suspendert stoff består dels av erosjonsmateriale som tilføres fra elvene i området, men også partikler som slippes ut fra industri.

Figur 19 viser at det var store forskjeller mellom vinter og sommerkonsentrasjoner i Løperen/-Vesterelva, mens de øvrige stasjoner viser liten årstidsvariasjon. De milde vintrene 1990-91 og den uteblivne vårfloppen i Glomma 1991 kan sikkert ha bidratt med den store forskjellen mellom sesongene. I Ringdalsfjorden og Singlefjorden samt ved Færder var det ingen stor sesongsforskjell.



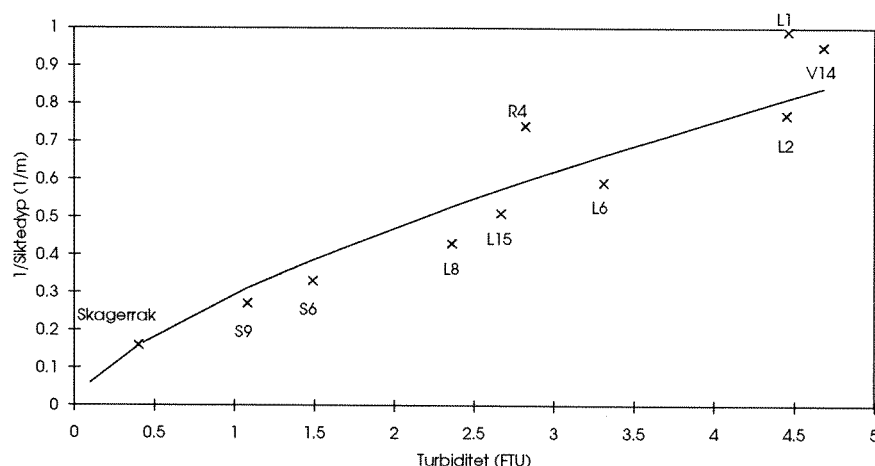
Figur 19. Midlere konsentrasjon av TSM (mg/l) desember-april og mai-september 1990-91.

Figur 20 viser at også turbiditet viser samme forskjeller mellom vinter og sommer som TSM, dvs. store forskjeller i Glomma og Løperen, og små konsentrasjonsforskjeller i Singlefjorden og Ringdalsfjorden. Også i her kan variasjoner i klima (vannføring) bidra til å forklare forskjellene.



Figur 20. Midlere konsentrasjon av turbiditet (FTU) på ulike stasjoner i Hvalerområdet desember-april og mai-september 1990-91.

I figur 21 er middelverdi av hele perioden 1990-91 av det inverse siktedypet plottet mot turbiditeten for de ulike stasjonene. Videre er det lagt inn en funksjon som baserer seg på et større antall overflateobservasjoner fra bl.a. Oslofjorden, Hvaler og Skagerrak (Sørensen m.fl. 1993). Idet det inverse siktedypet er mest knyttet til vannets lysabsorpsjon og turbiditeten til vannmassens lyspredning, tyder det på at observasjonene fra Ringdalsfjorden (R4), Glomma (L1) og Vestelva (V14) har et noe annet forhold mellom organisk materiale (løst eller partikulært) og uorganisk materiale, enn stasjonene i selve Hvaler og Singlefjorden.



Figur 21. Sammenhengen mellom inverse siktedypet og turbiditet for ulike stasjoner i Hvalerområdet og Skagerrak (årsmiddel). Heltrukket linje viser dette sambandet på et større materiale fra vannmasser i bl.a. Oslofjorden, Hvaler og Skagerrak (Sørensen, m.fl., 1993).

3.3.5. De observerte overflatevariabler sett i lys av tilstandsklasse/forurensningsgrad..

NIVA er i ferd med å utarbeide et klassifiseringstilstandssystem av nåtilstanden i overflatevann i marine resipenter. Klassifiseringen er gjort på basis av variabelens grad av avvik fra god tilstand, ikke på basis av graden av risiko for biologiske virkninger. Klassifiseringen er beregnet på overflatevann med saltholdigheter større enn 15 PSU. Ettersom omtrent samtlige stasjoner, unntatt Færder har saltholdigheter lavere enn 15 PSU, vil systemet ikke direkte være gyldig for Hvalerområdet. I tabell 11

og 12 er de ulike tilstandsklassene satt opp etter middelverdier fra tabellene 5-9.

Tabell 11. Klassifisering av **nåtilstand** (klasse I-V) ved variablene Tot-P, PO₄-P, Tot-N, NO₃-N, Kl-a og siktedyp etter sommerverdier (mai-september). Klasse I= god tilstand, klasse II= middels god tilstand, klasse III= mindre god tilstand, klasse IV= dårlig tilstand og klasse V= meget dårlig tilstand. Det bør observeres at tilstandsklassene er utarbeidet for overflatevann over 15 PSU, hvilket kun gjelder for Færder av de stasjoner som inngår i tabellen.

Stasjon	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N	Kl-a	Siktedyp	Snitt
L1	II	-	III		II	V	III
L2	I	I	III	III	II	V	II
V14	II	-	III	-	I	V	II
L6	I	I	III	IV	I	IV	II
L8	I	I	II	IV	II	IV	II
L15	I	-	II	-	II	IV	II
S6	III	-	II	-	III	IV	III
S9	I	I	II	III	III	IV	II
R4	IV	I	IV	III	IV	V	III-IV
Snitt	I	I	II	III	II	IV	II
Færder	I	I	I	I	II	I	I

Tabell 12. Klassifisering av **nåtilstand** (klasse I-V) ved variablene Tot-P, PO₄-P, Tot-N og NO₃-N etter vinterverdier (desember-april). Klasse I= god tilstand, klasse II= middels god tilstand, klasse III= mindre god tilstand, klasse IV= dårlig tilstand og klasse V= meget dårlig tilstand. Det bør observeres at tilstandsklassene er utarbeidet for overflatevann over 15 PSU, hvilket kun gjelder for Færder av de stasjoner som inngår i tabellen.

Stasjon	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N
L1	I	-	IV	-
L2	I	I	IV	V
V14	I	-	IV	-
L6	I	I	IV	IV
L8	I	I	IV	IV
L15	I	-	III	-
S6	I	-	IV	-
S9	I	II	III	III
R4	I	I	IV	V
Snitt	I	I	III-IV	IV
Færder	I	I	I	I

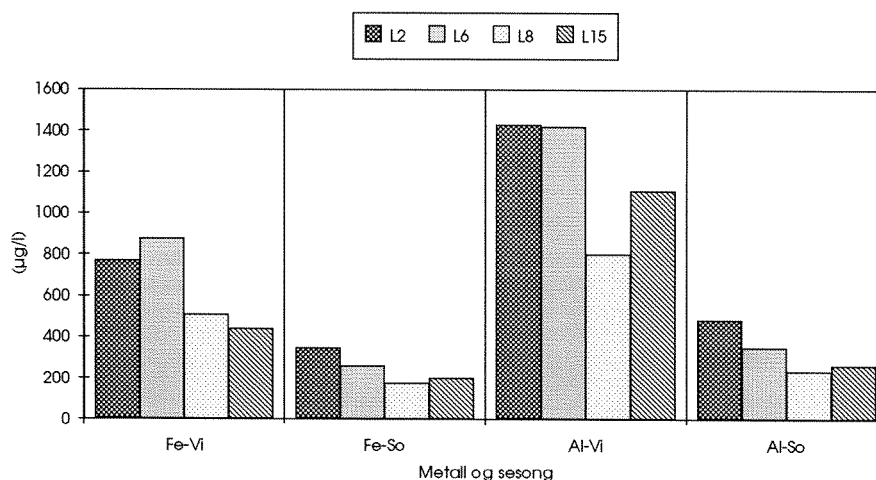
Stasjonene i Hvalerområdet/Singlefjorden/Ringdalsfjorden inneholder samtlige tilstandsklasser. Stasjon R4 skiller seg klart fra de andre stasjonene med dårlig til meget dårlig tilstand, dvs. fra sterkt forurensset til meget sterkt forurensset område. Videre viser tabellen at siktedyp og nitrogen utgjør de variabler som havner i de dårligste tilstandsklassene. Med store variasjoner i området og med lav saltholdighet på vannmassene, må konklusjoner ut fra klassifiseringsystemet for området som helhet ikke trekkes for langt. Forurensningsgraden kan forsiktigvis sies å variere mellom moderat til sterkt og at de store problemene i området er knyttet til tilførsler av partikler og nitrogen. Normalt vil imidlertid ferskvann ha høyere nitrogen - og partikkelkonsentrasjon enn sjøvann.

3.3.6. Tungmetaller.

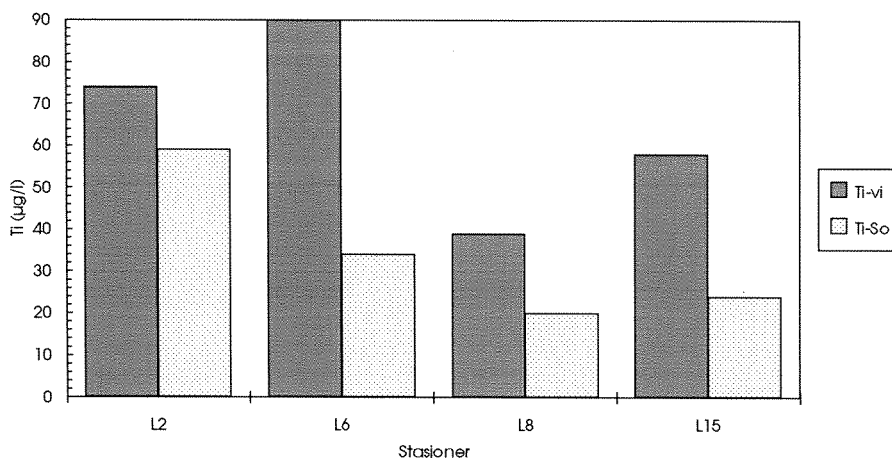
Aluminium er i all hovedsak knyttet til uorganiske partikler (leire). Det samme gjelder jern og titan, men disse metallene kan også tilføres gjennom spillvann fra f.eks. industri. Fram til sommeren 1989 var det betydelige utslipp av jern og titan fra Kronos Titan A/S.

Konsentrasjonen av tungmetaller var signifikant større vinterstid enn sommerstid i området (tabell 6 og 9 og figurene 22-23). Den høyeste middelkonsentrasjon ble observert nærmest Glomma i Løperen og konsentrasjonen avtok med avstanden fra Glomma, unntatt vinterstid med høyere middelkonsentrasjon ved stasjon L6 av jern og titan (muligens resuspensjon i grunnområdet).

For å skille mellom jern og titan tilført området ved leirtransport fra Glomma og direkte utslipp kan man studere forholdstall mellom de andre metallene og aluminium. Tilførselen av aluminium er knyttet til "naturlig" leirtransport, mens tilførselen av jern og titan også kan komme fra utslipp. Fe/Al-forholdet er mellom 0.56 og 0.95 i Skagerrak (Eisma et.al. 1984), og i Nordsjøen ca. 0.6 (Hølemann and Wirth, 1988). Figur 24 og 25 viser regresjonsanalysen for jern og aluminium vinter og sommer. Regresjonslinjens helning gir bakgrunnsnivået for Fe/Al-forholdet og var vinterstid 0.56 og sommerstid 0.6 dvs. nær opp til observasjonene fra Nordsjøen og Skagerrak. Hvis skjæringspunktet for regresjonslinjen på y-aksen er signifikant større enn 0 vil det bety en tilførsel som gir forhøyede jerntilførsler f.eks. ved utslipp. Vinterstid (figur 24) er ikke skjæringspunktet signifikant forskjellig fra 0, dvs. det foreligger ikke noen ekstra tilførsel av jern utover den "naturlige" transporten fra Glomma, men sommerstid er det en signifikant ekstra tilførsel av jern. Ettersom det er lettest å se forurensningsutslipp når den naturlige tilførselen er liten, kan dette bety at det finnes en annen tilførsel av jern som ikke er knyttet til leirpartikler. En nøyere analyse av dette forhold vil bli gjennomført i seinere rapporter.



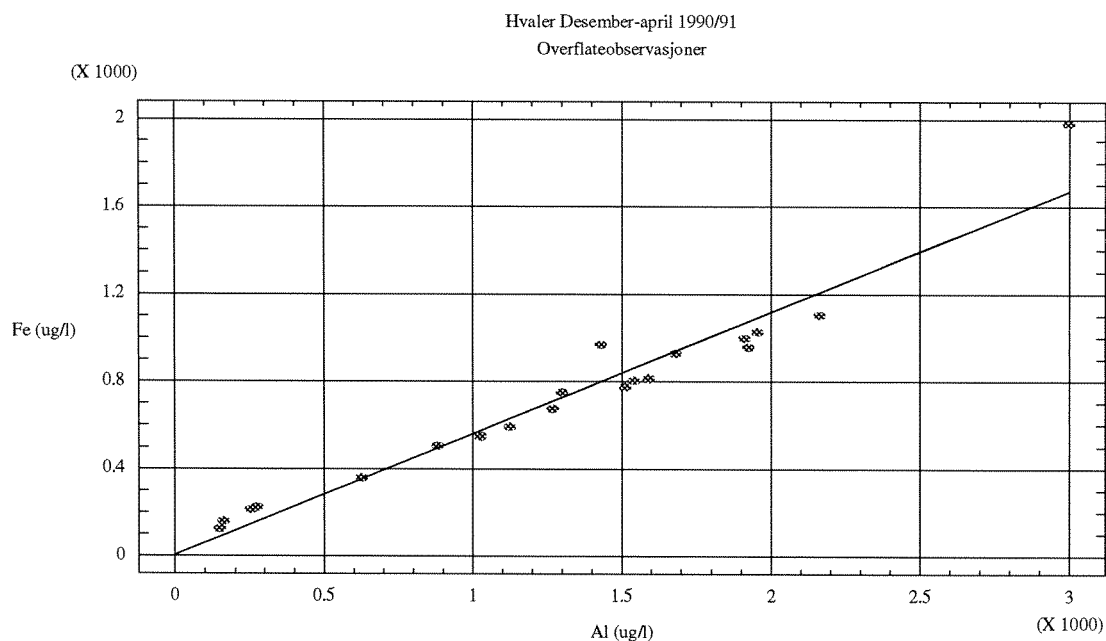
Figur 22. Middelerverdi på ulike stasjoner i Løperen av Fe ($\mu\text{g/l}$) og Al ($\mu\text{g/l}$) i periodene desember-april og mai-september 1990-91.



Figur 23. Middelerverdi av Ti ($\mu\text{g/l}$) på ulike stasjoner i Løperen i periodene desember-april og mai-september 1990-91.

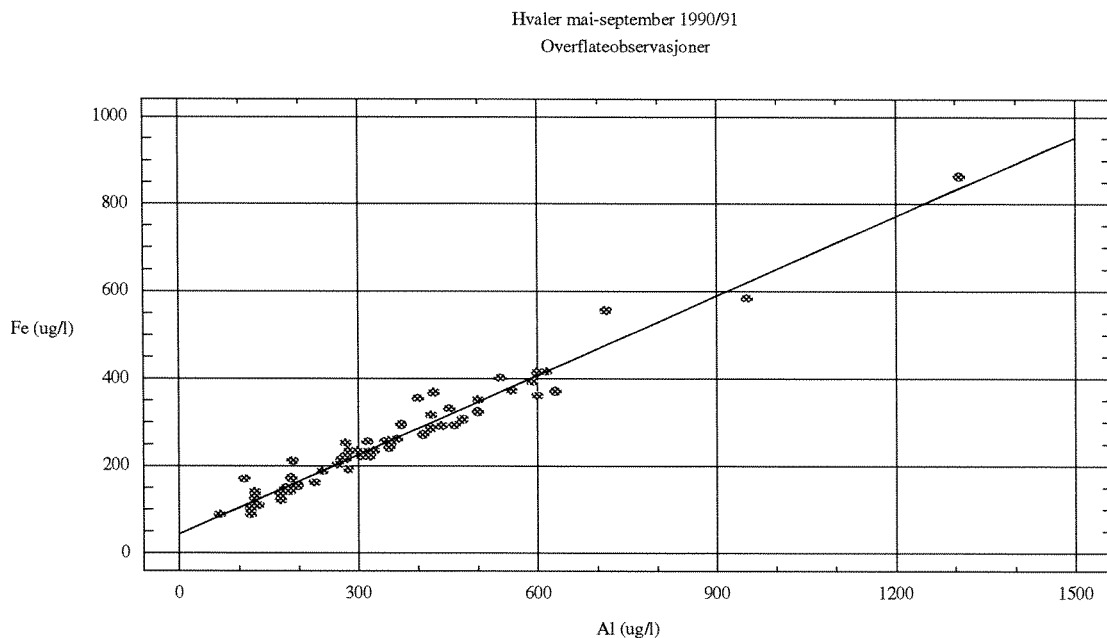
Som for Fe/Al-forholdet er det naturlige Ti/Al-forholdet i kvartære leirer i sør-Norge målt til 0.06 (Roaldset, 1972), og i Skagerrakpartikler til 0.06 (Eisma et.al. 1984). Figur 26 og 27 viser at helningskoeffisienten (dvs. Ti/Al-forholdet) var 0.05 (vinter) og 0.09 (sommer), dvs. nær det "naturlige" forholdet. Skjæringspunktet var ikke signifikant forskjellig fra origo, dvs. det var ikke noen ekstra tilførsel av titan til området utover den "naturlige" tilførselen fra Glomma.

Metallanalysene viser således at det ikke foreligger noen overkonsentrasjoner av titan fra utslipp i området. Det er foreløpig for tidlig å kunne konkludere det samme når det gjelder jern.



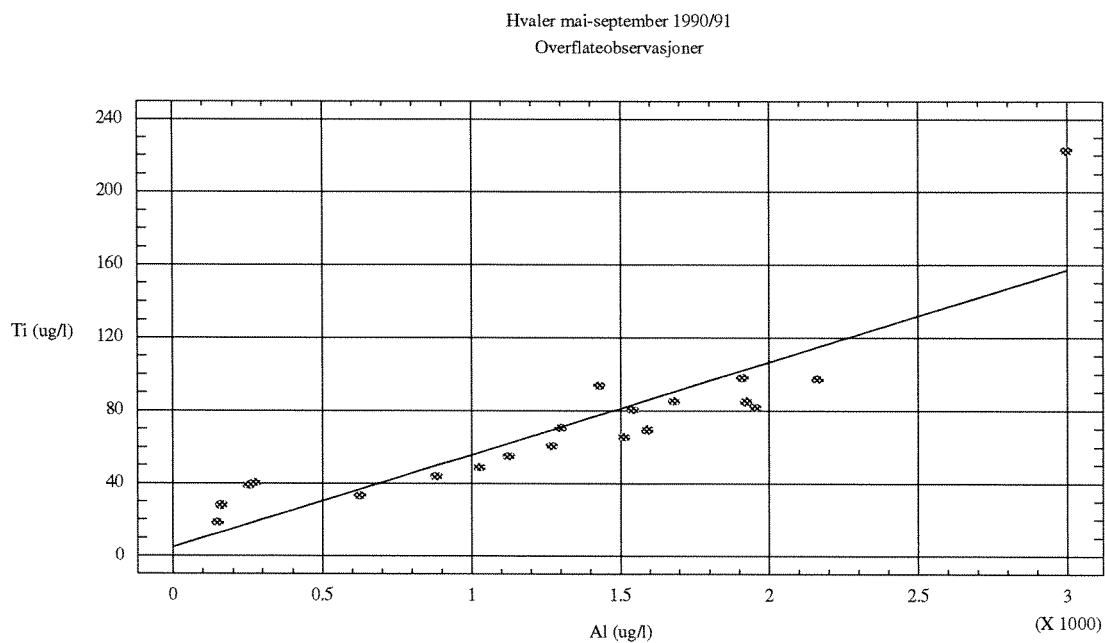
B0: 4.792 SE: 46.909 T: 0.10216
 B1: 0.55546 SE: 0.031622 T: 17.566
 CORR: 0.97205 MSE: 10681 DF: 18
 POINTS DELETED:

Figur 24. Jern og aluminium i overflatevann på ulike stasjoner i perioden desember-april 1990-91.



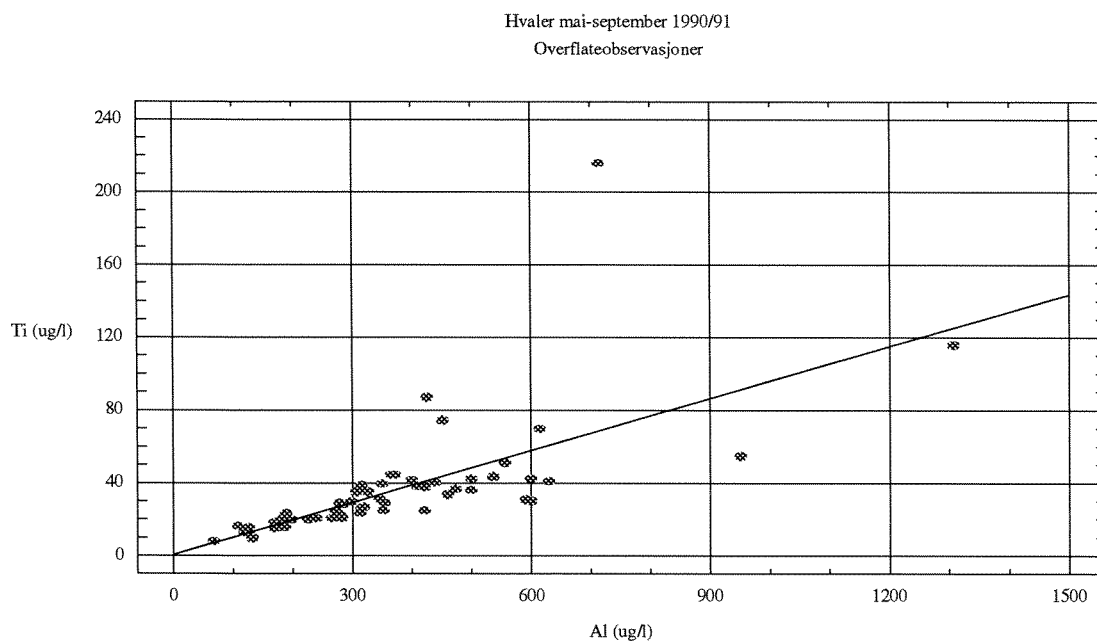
B0: 42.846 SE: 6.788 T: 6.312
 B1: 0.60655 SE: 0.016368 T: 37.057
 CORR: 0.97953 MSE: 719.47 DF: 58
 POINTS DELETED:

Figur 25. Jern og aluminium i overflatevann på ulike stasjoner i perioden mai-september 1990-91



B0: 4.8515 SE: 9.3711 T: 0.51771
 B1: 0.050768 SE: 0.0063173 T: 8.0364
 CORR: 0.88433 MSE: 426.26 DF: 18
 POINTS DELETED:

Figur 26. Titan og aluminium i overflatevann på ulike stasjoner i perioden desember-april 1990-91.



B0: 0.46629 SE: 5.7334 T: 0.081328

B1: 0.095424 SE: 0.013825 T: 6.9023

CORR: 0.67155 MSE: 513.28 DF: 58

POINTS DELETED:

Figur 27. Titan og aluminium i overflatevann på ulike stasjoner i perioden mai-september 1990-91.

3.4. Sammenligning mellom observasjoner 1980-83 og 1990-91.

Det er foretatt en enkel sammenligning mellom observasjoner fra 1980-83 (Magnusson og Skei, 1984) og 1990-91. En mer fullstendig analyse vil bli foretatt i sluttrapporten for prosjektet. Av de stasjoner som tidligere er observert er følgende stasjoner valgt ut: L1, L2, V14, L6, L8, S6 og S9. Det finns i tillegg observasjoner fra Ringdalsfjorden, men disse er foreløpig ikke tatt med. Følgende variable er testet: Saltholdighet, siktedyp, Tot-P, Tot-N, Tot-(N/P), klorofyll-*a* og TOC. Foreløpig er tungmetaller ikke tatt med.

Det er valgt å teste på eventuelle forskjeller i middelerverdi på observasjoner i mai-september fra 1980-83 til 1990-91 med t-test på 95% nivå. Ettersom samtlige variable mer eller mindre varierer med saltholdigheten er først saltholdigheten på observasjonene fra 1980-83 testet mot 1990-91 for å se om det har vært forskjeller i ferskvannsinfluensen.

For siktedyp, næringssaltene og klorofyll-*a* ble det ingen signifikant forskjell i midlere overflatesaltholdighet. Dette viser at ferskvannsinfluensen ikke var signifikant forskjellig mellom periodene. Det midlere siktedypet var signifikant større 1990-91 enn 1980-83, mens klorofyll-*a* konsentrasjonen ikke var signifikant forskjellig mellom de to perioder. For totalfosfor var det en signifikant reduksjon på stasjon V14 i Vesterelva, men ellers ingen forskjell mellom periodene. For totalnitrogen var det en signifikant reduksjon i overflatekonsentrasjonen fra 1980-83 til 1990-91 på stasjon L6, L8, S6 og S9. Øvrige stasjoner viste også en signifikant reduksjon hvis t-testen hadde blitt gjennomført på 90% nivået, unntatt for stasjon L1 og V14. Den sistnevnte stasjonen lå imidlertid nær opp til å vise en forskjell på dette nivået. Tot-(N/P)-forholdet var derimot lik for de to perioder unntatt for stasjonene S6 og S9, hvor det i perioden 1990-91 var signifikant lavere.

Konsentrasjonen av organisk stoff (TOC) var signifikant mindre i 1990-91 på samtlige stasjoner i området. Imidlertid var saltholdigheten signifikant større i 1990-91 (antall observasjoner av TOC var mindre en for øvrige variabler) på alle stasjoner unntatt V14 og S6, som ikke viste noen forskjell mellom periodene.

For Ringdalsfjorden er det foreløpig ikke gjort noen analyse av tidligere observasjoner for en sammenligning med observasjoner fra 1990-91. Imidlertid var siktedypet tidligere ved stasjon R4 ca. 1 meter 1974-84 (Knutzen 1986). I 1990-91 var midlere siktedyp ca. 1.6 meter noe som tyder at siktedypet hadde økt.

Som tidligere beskrevet var ferskvannstilførselen ekstremt liten sommeren 1991. I 1980-83 var ferskvannstilførselen omtrent som normalt i sommerhalvåret. Den lavere ferskvannstilførselen kan være en forklaring på bedre siktedyp i 1990-91. De øvrige konstaterte forandringen kan også skyldes de spesielle klimaforholdene 1990-91, med varme vintre og stor ferskvannstilførsel også vinterstid. Disse spørsmål vil bli nærmere analysert i sluttrapporten. Imidlertid er de observerte forandringer for de fleste variable i området positive sett ut fra vannkvaliteten på overflatelaget.

3.5. Fjernmåling.

Satellittbildene fra den 20. april 1991 over Hvaler og Ytre Oslofjord viser en omfattende spredning av partikler fra Glommas hovedløp langt ut i Oslofjorden på høyde med Koster og i en sydvestlig retning (figur 28). Konsentrasjonen av partikler målt som turbiditet er omkring 10 FTU i Glomma, men konsentrasjoner på 3-4 FTU transporteres langt ut. Den østlige spredningen strekker seg til Singlefjorden. I den vestre Glommaløpet er det store gradienter i Leira-området og her er det en sterk vest-sydvestlig spredning. Det er noe mer partikler også i Ringdalsfjorden. Denne situasjonen inntreffer etter lavlandsflommen med en vannføring på omkring 600 m³/s. Ser vi på de enkelte stasjoners representativitet ved denne situasjonen vha. de relative fordelingsbildene i figur 29, så synes L1 ved Fredrikstad bro å representere kun Glommas tilførsel til området før denne vider seg ut ved Øra. Stasjon V14 i Vesterelva vil fange opp bidrag fra Seutelva og gi et uttrykk for området ned til Leiraområdet. Her er det store østvestlige gradienter og man får bidrag vestover til Leira også fra Østerelva gjennom Kjøkkøundet (figur 28).

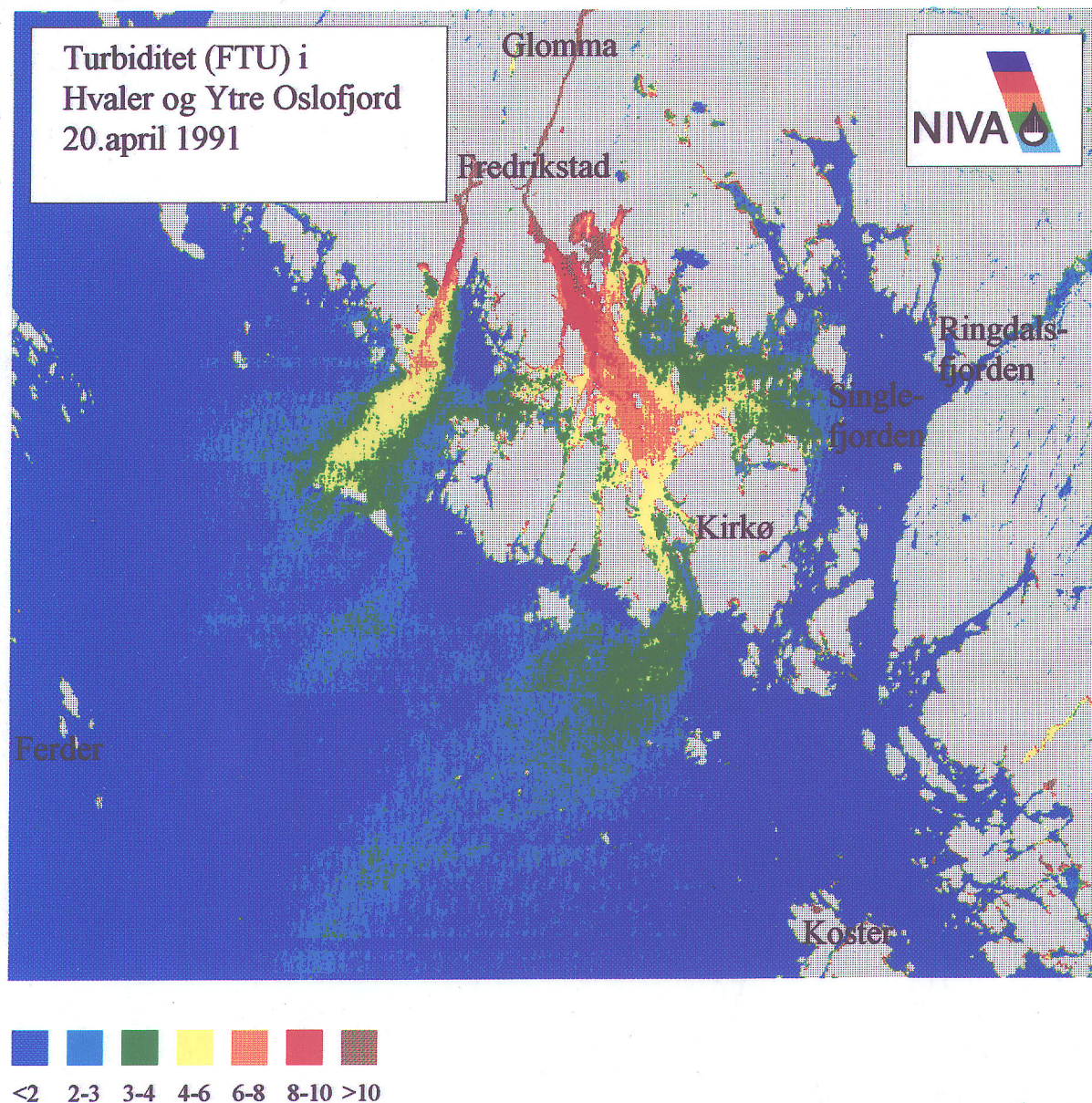
Stasjon L2 i Glommas hovedløp (Østerelva) ligger i samme konsentrasjonsgradient som er dekket ned til Kjøkkøundet ved Kråkerøy. Lenger ned i Løperen vil stasjon L6 representere området vest for Fugleskjær og til innløpet av Asmalsundet ved Kjøkkø (figur 29). Stasjon L6 synes ved denne situasjonen å ligge i en bakevje for Belgen fyr idet det er en noe lavere partikkelkonsentrasjon nedstrøms denne. Gradientene er her store østover og stasjon L8 som ligger Øst for Ramsø representere ved denne situasjonen store deler av området fra Løperen til Singleøya og Bjørneskjær (figur 30). Stasjonene i Singlefjorden og munningen av Rindalsfjorden (Iddefjorden) vil uttrykke overflatekonsentrasjoner av partikler i hele dette området inklusive Skjebergkilen. I Tosekilen og innerst i Skjebergkilen er det lokale partikkelbidrag fra jordbruksområder.

Stasjon L15 ytterst i Løperen ligger på vestsiden mot Asmaløy og vil på den måten fange opp de høyeste konsentrasjonene ved at vi her har gradienter øst-vest i Løperen (Jfr. figur 1 og figur 28). Det kommer også ut noe partikkelholdig vann fra Glomma gjennom løpet vest for Asmaløy. Som denne situasjonen viser så transporteres partiklene langt ut i Ytre Oslofjord (figur 28).

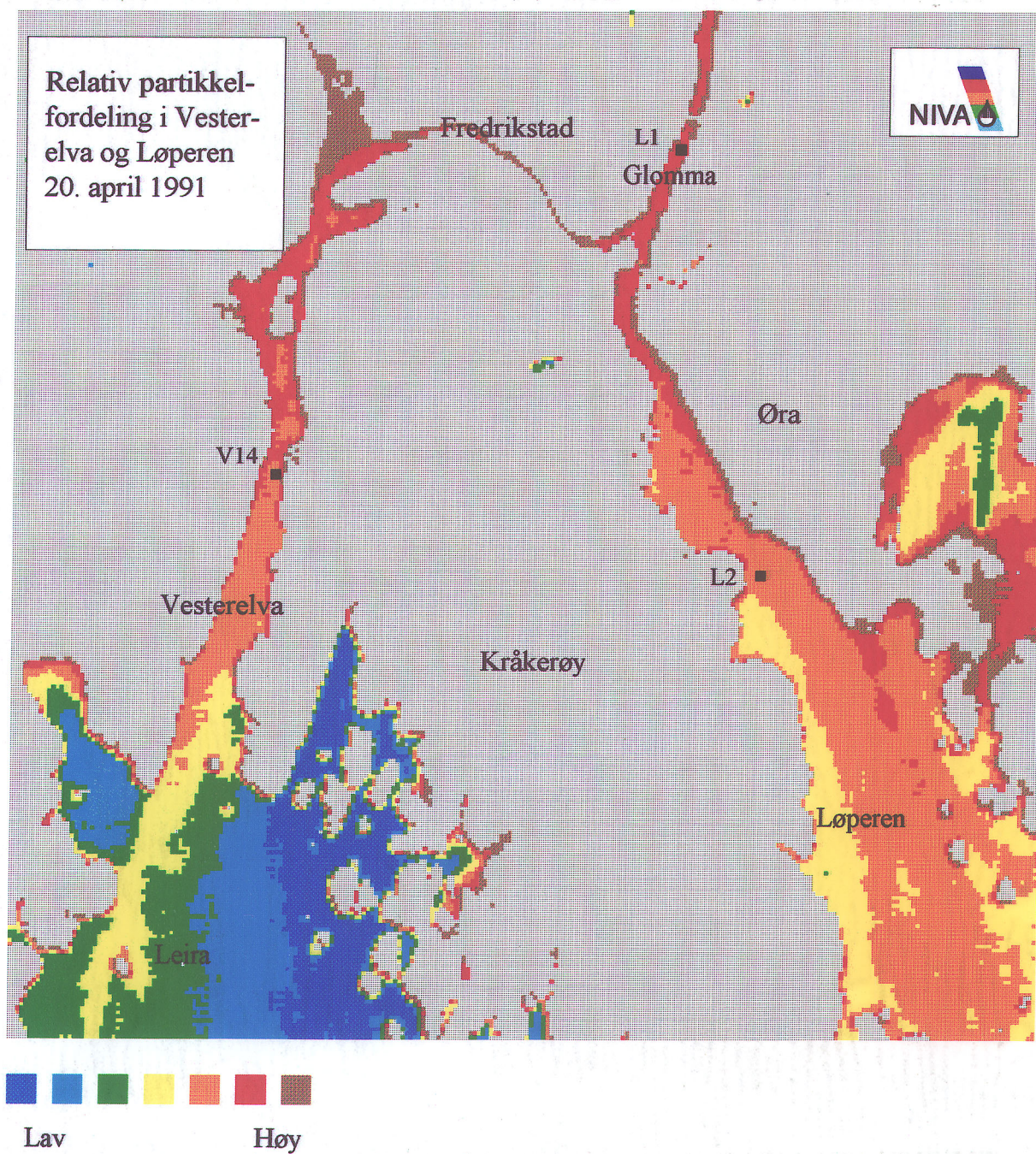
Situasjonen fra den 26. august som er tatt under en vannføring på ca. 400 m³/s skal også kort beskrives. Her er det betydelig lavere partikkelkonsentrasjoner med turbiditeter på 2-4 FTU i Glomma som raskt reduseres til ca. 1 FTU eller lavere i Hvaler (figur 31). Det er også her en svak sydvestlig spredning,

reduseres til ca. 1 FTU eller lavere i Hvaler (figur 31). Det er også her en svak sydvestlig spredning, men det er ikke så kraftige øst-vestlige gradienter i selve Hvaler som i april.

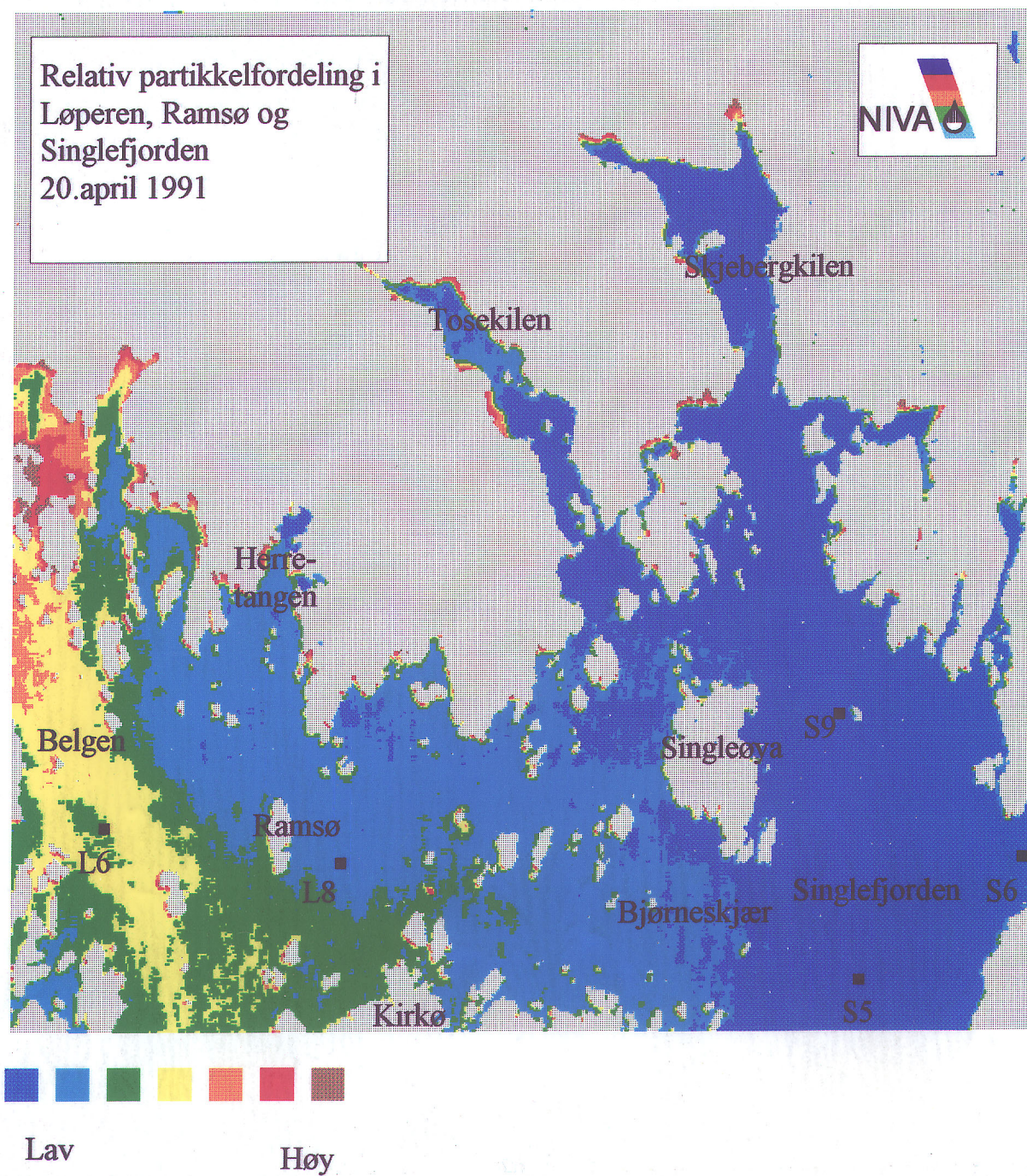
Foreløpige konklusjoner er at situasjonen den 20. april representerer en vannføring i Glomma som ligger nær den vanligste middelvannføringen i elven. Ut fra dette vil det ikke være behov for justering av stasjonsnettet, med det antall stasjoner som inngår i programmet. Ved en utvidelse av stasjonsnettet vil satellittbildene være til stor hjelp. Området i Leira er ikke representert med stasjoner og fluktasjoner i partikkelmengden vil derfor ikke bli beskrevet med dagens stasjonsnett.



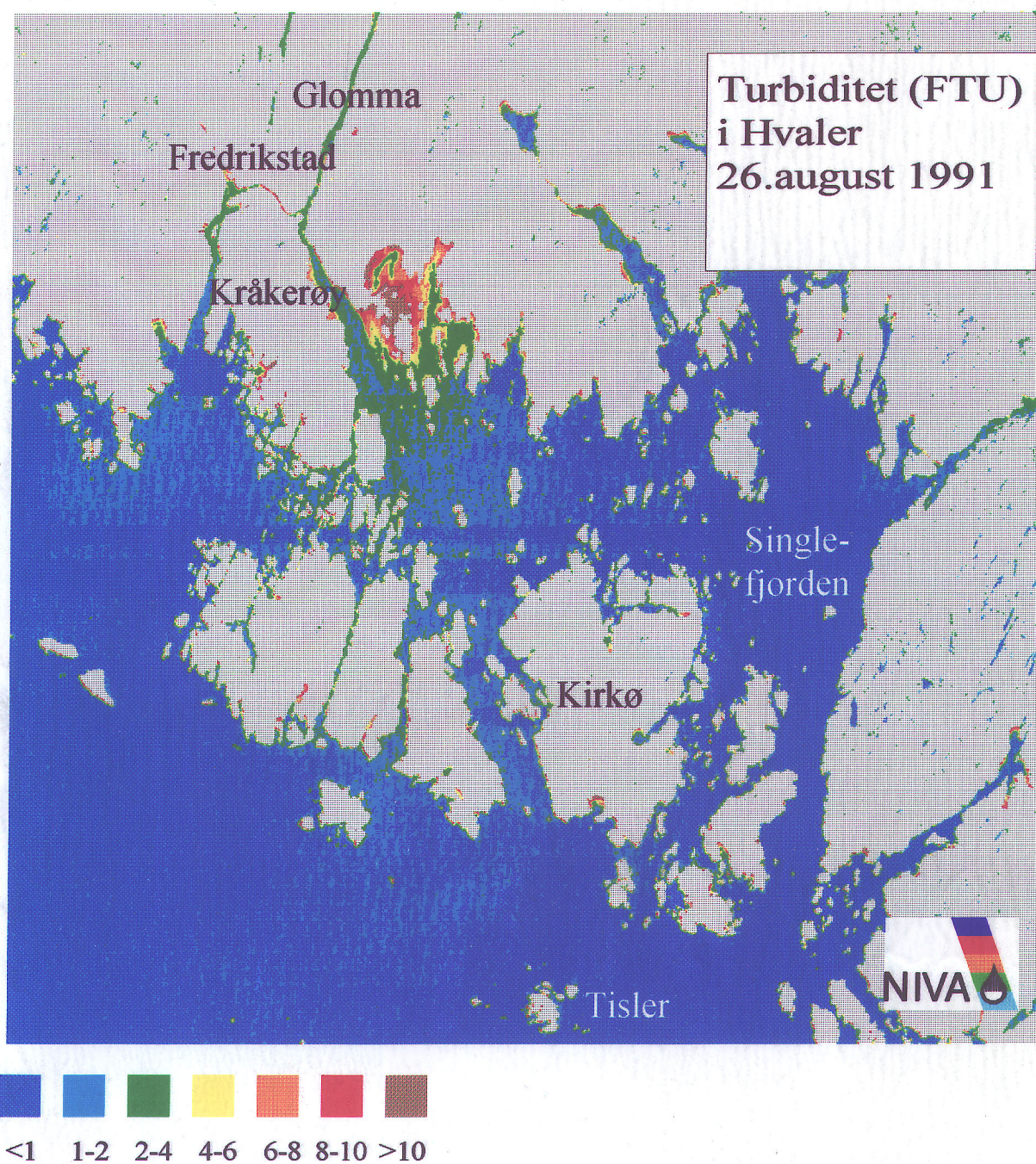
Figur 28. Turbiditet i Hvalerområdet og deler av Ytre Oslofjord den 20.4.1991. Vannføring i Glomma ca. 600 m³/s.



Figur 29. Detaljbilde fra Hvaler (Vesterelva og Løperen) med relativ partikkelfordeling i overflatevannet den 20.4.1991.



Figur 30. Detaljbilde fra Hvalerområdet (Ramsøflaket og Singlefjorden) med relativ partikkelfordeling i overflatevannet den 20.4.1991.



Figur 31. Turbiditet i Hvalerområdet den 26.8.1991. Vannføring i Glomma ca. 400 m³/s.

4. Litteratur.

- Eisma, D., Skei, J., Westerlund, S., Magnusson, B., Næs, K. og Sørensen, K., 1984. ICES Working Group om Marine Sediments. In relation to pollution and published documents. Rostock meeting.
- Holtan, H., (1990). Handlingsplan Glomma. Glommavassdraget. Forurensningsutvikling- tidstrender. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2430.
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T. 1991. Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990. Norwegian Institute for Water Research. B. Data report. Report nr. 2777.
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T. 1992. Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1991. Norwegian Institute for Water Research. B. Data report. Report nr. 2777.
- Hølemann, J. and H. Wirth, 1988. Concentration, major element ratios and scanning electron microscopy of suspended particulate matter from the North Sea, spring 1986. Mitt. Geol. Paläont. Inst., Univ. hamburg. Heft 65.
- Knutzen, J. 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbruksforeningen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 1924.
- Magnusson, J. og Skei, J. 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 170/84. Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 1684).
- Skei, J. og Lindstrøm, E.A., 1976. Endringer i sammensetningen av overflatevannet i Iddefjorden 1975 i forbindelse med produksjonstopp ved Saugbruksforeningen, Halden. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 0--67175.
- Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden 1980-83. Konklusjonsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 171/84. Norsk institutt for vannforskning (nr. 1688).
- Roaldseth, E., 1972. Mineralogy and geochemistry of Quaternary clays in the Numedal area, southern Norway. Norsk. geol. tidskrift, 52:335-369.
- Sørensen, K., Aas, E., Faafeng, B., og T. Lindell, 1993. Fjernmåling av vannkvalitet. Videreutvikling av optisk fjernmåling som metode for overvåking av vannkvalitet. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 2860.

Vedlegg 1

OBSERVASJONER 1990 OG 1991

Hvaler/Singletfjorden

St. Dato	sikt m	Dyp m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	NO3-N µg/l	SiO2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Cl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l
L1	26.04.90	1.0	0	7.5	.70	18		557			6.5	5.6	7.9	7.4	1.02			
L2	26.04.90	1.2	0	7.4	3.60	15		539			5.5	5.8	6.8	6.5	.69			
V14	26.04.90	1.0	0	7.6	4.00	17		527			5.3	5.4	6.4	8.2	.64			
L6	26.04.90	1.5	0	7.9	7.30	14		483			5.0	4.6	4.7	6.2	.55			
L8	26.04.90	2.0	0	8.3	10.50	15		435			4.4	5.0	2.8	3.5	.58			
L8	26.04.90		5	7.6	22.80	6.4												
L8	26.04.90		10	6.8	24.40	6.3												
L8	26.04.90		15	6.4	25.50	6.2												
L8	26.04.90		20	6.6	26.20	6.1												
L8	26.04.90		30	6.1	31.40	5.6												
L8	26.04.90		40	6.4	32.80	5.5												
L8	26.04.90		50	6.4	32.90	5.6												
L15	26.04.90	3.0	0	9.3	12.00	16		429			4.8	5.8	1.4	2.4	2.15			
S9	26.04.90	2.5	0	9.7	11.90	7.4		509			5.1	4.2	1.0	3.5	4.95			
S9	26.04.90		5	8.4	22.50	7.1												
S9	26.04.90		10	6.8	24.00	7.0												
S9	26.04.90		15	6.8	25.10	6.7												
S9	26.04.90		20	6.2	27.00	6.7												
S9	26.04.90		30	6.1	32.20	6.7												
S9	26.04.90		40	6.3	33.60	6.5												
S9	26.04.90		50	6.4	33.90	6.7												
S9	26.04.90		60	6.6	34.10	6.7												
S9	26.04.90		70	6.8	34.10	7.0												
S9	26.04.90		80	6.8	34.10	8.0												
S5	26.04.90	3.5	0	10.1	16.30													
S6	26.04.90	1.5	0	10.4	11.00	22		626			6.2	6.0	1.2	3.4	3.45			
R4	26.04.90	1.0	0	10.8	2.00	26		1290			9.6	9.8	2.7	4.1	3.76			
R4	26.04.90		5	8.4	18.80	4.2												
R4	26.04.90		10	8.4	23.40	4.1												
R4	26.04.90		15	8.4	24.80	3.4												
R4	26.04.90		20	8.5	27.90	.7												
R4	26.04.90		30	8.4	28.40	.8												
R4	26.04.90		40	7.8	24.50	.7												
R4	26.04.90		50	7.8	24.50	1.0												
L1	12.05.90	.7	0	10.0	0.00	15		357	167		5.9	5.3	8.8	13.0	2.10			
L2	12.05.90	.8	0	10.0	.50	20		375	160	699	6.2	6.7	9.5	17.9	1.71			
L2	12.05.90		5	10.4	8.00													
L2	12.05.90		10	10.9	14.00	7.6		447	106	281	5.7	5.4	19.4	19.4	3.02			
V14	12.05.90	.7	0	10.6	1.10	22		399			6.0	6.2	10.0	13.7	2.33			
L6	12.05.90	.8	0	10.6	3.00	18		375	149	342	5.9	6.0	6.5	9.3	.80			
L6	12.05.90		5	11.2	20.00													
L6	12.05.90		10	10.7	22.90	6.4		303	32	104	3.1	4.2		2.3	.29			
L6	12.05.90		20	6.4	31.70	5.7												
L6	12.05.90		30	6.8	33.85	5.6												
L6	12.05.90		40	6.9	34.05	5.6												
L6	12.05.90		50	6.9	34.10	5.6		381	161	194	.7	.7		3.4	.07			

Hvaler/Singletfjorden

St.	Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	No3-N	SiO2	TOC	DOC	Turb	TSM	Kl-a	P-Fe	P-Al	P-Ti		
		m	m	°C		ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
L8	12.05.90	.9	0	12.1	4.00	6.8	16	4	381	149	791	4.8	4.7	8.4	7.4	2.15					
L8	12.05.90		5	12.1	20.50	6.6															
L8	12.05.90		10	10.5	22.50	6.4															
L8	12.05.90		15	7.6	24.50	6.3															
L8	12.05.90		20	6.3	32.00	5.7	29	24	381	200	154	2.2	1.4		.9	.11					
L8	12.05.90		30	6.6	33.70	5.6															
L8	12.05.90		40	6.7	34.05	5.6	65	62	287	161	269	2.3	2.2		2.6	.15					
L8	12.05.90		50	7.0	34.00	5.6															
L15	12.05.90	.8	0	10.5	3.30	16			357			6.5	5.2	9.9	10.8	1.02					
S9	12.05.90	3.0	0	13.2	9.00	6.9	10	< 1	345	134		5.5	6.0	1.0	1.8	3.49					
S9	12.05.90		5	12.6	21.50	6.6															
S9	12.05.90		10	12.0	22.00	6.4															
S9	12.05.90		15	11.0	22.80	6.3															
S9	12.05.90		20	6.6	29.00	5.7															
S9	12.05.90		30	6.6	33.90	5.6															
S9	12.05.90		40	6.9	34.35	5.6	34	25	339	157	129	5.8	3.1		1.1	.29					
S9	12.05.90		50	7.0	34.40	5.7															
S9	12.05.90		60	7.1	34.60	6.0															
S9	12.05.90		70	7.1	34.65																
S9	12.05.90		80	7.1	34.70		28	24	297	138	160	1.7	.8		1.8	.11					
S5	12.05.90	3.5	0	12.8	14.60																
S6	12.05.90	4.0	0	15.3	10.00		23		419			2.3	2.3	1.4	2.9	6.36					
R4	12.05.90	1.2	0	16.7	3.10	5.5	29	2	542	77	289	12.3	13.6	2.3	3.8	13.50					
R4	12.05.90		5	10.9	17.80	4.9															
R4	12.05.90		10	10.2	21.90	3.6															
R4	12.05.90		15	7.8	24.55	2.7															
R4	12.05.90		20	8.6	27.50	.7															
R4	12.05.90		30	8.9	28.40	.4															
R4	12.05.90		40	8.9	31.10	.5															
L1	26.05.90	1.0	0	10.7	0.00	55			1050			5.1	5.9	2.4	3.9	2.80					
L2	26.05.90	1.5	0	10.2	3.40	14			435			5.8	5.1	1.8	2.9	1.67	233	327	34.7		
V14	26.05.90	1.8	0	10.6	2.90	15			405			6.6	5.9	4.3	5.6	1.89					
L6	26.05.90	2.5	0	10.4	9.50	13			405			4.1	3.4	2.6	2.8	1.49	293	373	44.0		
L8	26.05.90	3.0	0	11.7	12.20	6.7	12		281			4.6	3.7	1.2	2.2	3.64	160	227	19.3		
L8	26.05.90		5	11.0	22.50	6.0															
L8	26.05.90		10	7.0	31.60	5.5															
L8	26.05.90		15	6.9	33.20	5.3															
L8	26.05.90		20	6.9	33.40	5.3															
L8	26.05.90		30	6.9	33.90	5.3															
L8	26.05.90		40	6.9	34.20	5.4															
L8	26.05.90		50	7.0	34.40	5.5															
L15	26.05.90	2.8	0	10.7	10.40	12			321			5.1	3.9	1.3	2.7	1.82	220	320	26.7		
S9	26.05.90	4.5	0	12.4	14.50	7.0	13		263			1.1	4.3	.6	2.1	5.56					
S5	26.05.90	4.5	0	12.9	14.90																
S6	26.05.90	3.2	0	12.9	12.60		15		309			4.9	4.5	.7	1.9	5.02					
R4	26.05.90	1.2	0	13.9	8.40	5.7	30		545			5.4	9.9	1.8	4.6	7.67					

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt m	Dyp m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	No3-N µg/l	Sio2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Kl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l
S6	21.06.90	3.5	0	15.9	19.00	15		287		4.4	5.3	.9	2.0	2.99				
R4	21.06.90	1.1	5	18.0	9.50	36	1	441	3	166	16.5	14.0	2.2	4.2	5.56			
R4	21.06.90		5	14.0	22.00	4.2												
R4	21.06.90		10	13.3	24.50	4.5												
R4	21.06.90		15	12.0	25.50	4.0												
R4	21.06.90		20	10.0	27.10	2.9												
R4	21.06.90		30	8.8	28.60	2.9												
R4	21.06.90		40	9.0	31.00	3.4												
L1	6.07.90	1.4	0	15.7	0.00	12	1	399	235		7.2	4.2	3.7	5.3	3.38			
L2	6.07.90	1.5	0	15.0	5.70	8.3	< 1	375	195	727	5.0	4.3	4.1	7.4	2.05			
L2	6.07.90		5	15.2	16.00													
L2	6.07.90		10	15.9	18.40	5.3	4	320	83	331	5.8	3.4			1.69			
V14	6.07.90	1.5	0	16.0	2.10	13		393			6.4	2.0	3.5	7.0	2.68			
L6	6.07.90	1.4	0	15.0	4.60	8.1	< 1	357	198	794	3.9	4.5	3.6	3.7	1.69			
L6	6.07.90		5	16.0	22.70													
L6	6.07.90		10	15.3	26.40	6.2	11	200	13	62	5.7	2.3			.36			
L6	6.07.90		20	14.2	29.00	6.0												
L6	6.07.90		30	10.8	31.40	5.6												
L6	6.07.90		40	8.0	32.70	4.9												
L6	6.07.90		50	7.3	34.40	3.6	19	308	127	239	2.5	1.8						
L8	6.07.90	1.7	0	15.6	15.60	7.2	< 1	363	190	808	5.1	3.7	2.1	3.3	1.53			
L8	6.07.90		5	15.8	23.10	5.7												
L8	6.07.90		10	15.2	26.40	6.0												
L8	6.07.90		15	14.3	28.00	5.9												
L8	6.07.90		20	13.4	28.80	6.0	11	182	18	76	2.8	3.8			.26			
L8	6.07.90		30	10.6	31.20	5.7												
L8	6.07.90		40	7.9	33.45	5.2	25	254	128	216	2.5	3.5						
L8	6.07.90		50	7.1	34.45	3.9												
L15	6.07.90	1.8	0	14.9	5.50	7		357			6.0	4.2	1.9	3.5	1.71			
S9	6.07.90	3.0	0	16.0	7.10	7.4	< 1	308	136	578	5.7	3.4	1.1	1.4	3.90			
S9	6.07.90		5	15.7	23.60	6.2												
S9	6.07.90		10	15.5	25.80	6.1												
S9	6.07.90		15	14.8	27.10	6.0												
S9	6.07.90		20	13.7	28.40	6.0												
S9	6.07.90		30	11.2	31.20	6.0												
S9	6.07.90		40	9.5	32.25	6.0	11	194	35	87	5.8	5.5			.26			
S9	6.07.90		50	8.8	33.75	5.9												
S9	6.07.90		60	7.7	34.35	5.8												
S9	6.07.90		70	7.3	34.80	6.1												
S9	6.07.90		80	7.3	34.85													
S5	6.07.90	2.7	0	18.6	7.00													
S6	6.07.90	2.5	0	19.0	9.10													
R4	6.07.90	1.4	0	17.5	8.70	6.8	1	411	2	149	12.2	8.3	2.1	5.6	13.84			
R4	6.07.90		5	15.0	19.70	5.3												
R4	6.07.90		10	13.2	24.50	4.3												
R4	6.07.90		15	13.0	24.90	4.4												
R4	6.07.90		20	10.0	26.90	2.9												
R4	6.07.90		30	9.1	28.30	2.7												
R4	6.07.90		40	8.1	30.10	2.6												

Hvaler/Singletfjorden

St. Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	Nc3-N	Sio2	TOC	DOC	Turb	TSM	Kl-a	P-Fe	P-Al	P-Ti
---	---	m	°C	ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
L1	22.07.90	1.5	0 17.2	.90		8		332		7.5	5.8	2.2	5.4	4.12				
L2	22.07.90	1.8	0 16.3	8.00		10		326		7.0	5.1	2.2	5.4	2.91			500	42.0
V14	22.07.90	2.0	0 16.6	5.90		9		308		4.9	4.9	2.2	4.0	1.82				
L6	22.07.90	2.3	0 14.8	14.60		13		284		2.6	4.3	1.9	3.5	.85			475	36.5
L8	22.07.90	4.0	0 15.6	16.70		11		254		3.0	3.6	1.1	1.5	1.64			170	15.0
L8	22.07.90		5 13.0	31.20														
L8	22.07.90		10 12.6	31.90														
L8	22.07.90		15 12.0	32.15														
L8	22.07.90		20 11.3	32.35														
L8	22.07.90		30 11.2	32.40														
L8	22.07.90		40 11.3	32.45														
L8	22.07.90		50 11.3	32.70														
L15	22.07.90	3.2	0 15.8	14.90		9		272		5.6	4.5	1.6	2.7	1.64		285	20.5	
S9	22.07.90	4.5	0 16.2	25.60		13		194		4.0	3.7	.8	1.7	2.79				
S5	22.07.90	5.0	0 14.2	29.30		15		284		7.1	8.0	1.1	2.5	6.30				
S6	22.07.90	4.0	0 14.5	25.60		17		272		10.6	8.1	1.7	4.2	8.79				
R4	22.07.90	1.5	0 14.5	12.00		3		320	170	4.0	3.2	1.8	4.0	2.23				
L1	31.07.90	2.0	0 17.4	1.10		4	2	320	157	3.8	3.5	1.8	3.5	1.60	250	355	28.5	
L2	31.07.90	2.0	0 17.0	4.70		7.6	3	320	157	3.8	3.5	1.8	3.5	1.60	250	355	28.5	
L2	31.07.90		5 16.4	20.50														
L2	31.07.90		10 14.6	31.40		7.6	3	216	159	51	3.8	2.0		1.82				
V14	31.07.90	2.0	0 17.3	5.00		11		320	133	7.7	3.8	1.8	2.8	1.22	230	315	23.0	
L6	31.07.90	2.4	0 17.0	9.60		7.6	11	297	133	760	5.1	3.7	1.6	3.4	1.27			
L6	31.07.90		5 17.8	25.60														
L6	31.07.90		10 14.7	31.00		7.1	4	186	7	39	2.4	1.3		3.36				
L6	31.07.90		20 12.9	32.55		5.4												
L6	31.07.90		30 12.3	33.15		5.0												
L6	31.07.90		40 11.3	33.70		4.7												
L6	31.07.90		50 7.9	34.35		3.1	17	431	175	528	2.9	1.3						
L8	31.07.90	3.0	0 18.0	10.50		7.0	3	291	121	704	5.7	2.4	1.1	3.4	1.58	233	287	28.0
L8	31.07.90		5 18.8	26.40		8.4												
L8	31.07.90		10 15.0	30.80		7.3												
L8	31.07.90		15 13.3	31.70		6.7												
L8	31.07.90		20 12.6	32.35		5.7	4	251	47	25	2.1	1.2		6.20				
L8	31.07.90		30 10.7	32.95		5.1												
L8	31.07.90		40 9.1	33.60		5.0	17	320	129	300	3.0	1.8						
L8	31.07.90		50 7.3	34.50		3.5												
L15	31.07.90	3.5	0 18.2	12.90		9		273	25	309	2.6	2.4	1.0	2.7	2.00	147	180	18.7
S9	31.07.90	3.5	0 19.4	18.20		7.2	4	338	25	309	5.2	5.1	1.2	3.3	9.27			
S9	31.07.90		5 18.9	27.60		8.2												
S9	31.07.90		10 17.9	30.50		7.8												
S9	31.07.90		15 16.4	31.80		8.4												
S9	31.07.90		20 15.8	31.80		8.2												
S9	31.07.90		30 13.6	32.10		6.8												
S9	31.07.90		40 11.5	32.55		5.5	15	267	95	104	1.2	1.0		1.76				
S9	31.07.90		50 10.1	32.75		5.6												
S9	31.07.90		60 8.9	33.25		5.5												
S9	31.07.90		70 8.1	34.10		5.6												
S9	31.07.90		80 7.9	34.40														
S5	31.07.90	3.0	0 20.2	18.40		30	12	308	158	233	1.3	1.2						
S6	31.07.90	2.7	0 20.0	18.10		13		314			5.0	3.9	1.2	3.3	6.75			

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	No3-N	SiO2	TOC	DOC	Turb	TSM	Kl-a	P-Fe	P-Al	P-Ti		
	m	m	°C		ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
R4 31.07.90	1.5	0	21.5	10.70	7.5	24	1	489	3	166	9.5	6.8	2.5	8.3	16.30					
R4 31.07.90		5	16.0	22.60	6.1															
R4 31.07.90		10	14.3	26.50	4.1															
R4 31.07.90		15	12.3	27.70	5.0															
R4 31.07.90		20	14.0	29.30	5.6															
R4 31.07.90		30	12.9	30.30	5.0															
R4 31.07.90		40	13.0	31.50	4.2															
L2 7.08.90	1.8	0	17.3	4.10									1.8	3.8	2.15	367	427	86.7		
L6 7.08.90	2.0	0	18.0	8.30									1.4	2.8	1.60	253	347	30.7		
L8 7.08.90	2.5	0	18.3	10.40									1.2	2.6	5.93	140	173	17.3		
L15 7.08.90	2.3	0	17.9	9.30									1.6	2.9	6.18	220	280	20.0		
L1 15.08.90	2.0	0	16.8	1.00		7	1	348	205	3.3	3.2		.6	3.2	2.84					
L2 15.08.90	2.0	0	17.5	3.80	7.4	3	1	348	181	836	3.4	3.2	1.5	4.5	2.73	260	367	44.0		
L2 15.08.90		5	18.2	15.80																
L2 15.08.90		10	17.7	29.40	6.8	6	3	210	13	93	2.8	2.1			.80					
V14 15.08.90	2.0	0	17.4	5.10		9		332		3.4	3.3	1.2	2.7	1.53						
L6 15.08.90	2.3	0	17.8	7.30	7.0	3	2	320	152	732	3.0	2.9	1.1	3.0	2.62	220	307	34.7		
L6 15.08.90		5	19.0	22.50																
L6 15.08.90		10	19.1	27.00	6.3	3	1	221	13	887	2.5	2.5			2.07					
L6 15.08.90		20	16.0	30.90	6.6															
L6 15.08.90		30	13.3	32.15	6.4															
L6 15.08.90		40	11.0	33.25	3.9															
L6 15.08.90		50	8.5	33.85	2.1	15	11	704	240	810	2.0	1.9								
L8 15.08.90	3.0	0	18.5	9.10	7.0	3	1	308	112	996	3.3	2.9	.7	2.4	4.00	140	173	16.0		
L8 15.08.90		5	19.0	20.60	8.2															
L8 15.08.90		10	19.0	27.10	6.4															
L8 15.08.90		15	17.3	30.30	6.6															
L8 15.08.90		20	16.3	30.90	6.7	6	4	180	14	112	2.1	2.1			.44					
L8 15.08.90		30	13.5	32.00	5.8															
L8 15.08.90		40	10.6	33.15	5.3	20	19	261	135	281	1.4	1.2								
L8 15.08.90		50	7.5	34.85	1.8															
L15 15.08.90	2.5	0	18.8	11.90		13		285			3.0	2.7	.9	3.1	5.10	100	120	13.3		
S9 15.08.90	3.0	0	18.4	11.60	7.5	4	2	267	43	382	3.2	3.0	.7	2.4	5.50					
S9 15.08.90		5	19.0	22.00	7.2															
S9 15.08.90		10	19.0	27.50	7.2															
S9 15.08.90		15	17.6	30.40	7.4															
S9 15.08.90		20	16.9	31.00	7.0															
S9 15.08.90		30	16.2	31.60	7.1	7	4	192	16	84	2.0	1.6			.30					
S9 15.08.90		40	14.0	32.25	7.1															
S9 15.08.90		50	11.6	32.75	6.0															
S9 15.08.90		60	9.2	33.55	5.7															
S9 15.08.90		70	8.7	34.10	5.5															
S5 15.08.90		80	8.2	34.60		27	26	261	151	612	1.1	1.0								
S5 15.08.90	3.0	0	19.2	12.60		16		273			3.6	3.0	.8	2.8	9.90					
S6 15.08.90	2.5	0	19.2	14.00																

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt m	Dyp m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	Nc3-N µg/l	Sio2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Kl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l
S9 12.12.90	10.0	0	7.5	30.20		24	19	267	133	295	2.7	2.5	.4	1.5				
S9 12.12.90		5	7.6	30.40														
S9 12.12.90		10	9.2	32.80														
S9 12.12.90		15	11.4	34.20														
S9 12.12.90		20	11.7	34.40														
S9 12.12.90		30	11.2	34.60														
S9 12.12.90		40	11.1	34.65		26	21	218	114	199	2.0	2.4						
S9 12.12.90		50	11.0	34.70														
S9 12.12.90		60	10.8	34.75														
S9 12.12.90		70	10.6	34.80		33	27	242	121	255	2.0	1.9						
S9 12.12.90		80	10.4	34.80														
S5 12.12.90	10.0	0	6.5	30.60														
S6 12.12.90	7.5	0	8.8	27.60		17		549			5.5	5.8	.8	2.0				
R4 12.12.90	2.5	0	2.3	4.00		15	2	774	430	937	8.6	8.0	1.3	2.2				
R4 12.12.90		5	10.8	25.60														
R4 12.12.90		10	11.0	28.40														
R4 12.12.90		15	9.6	30.10														
R4 12.12.90		20	9.8	30.80														
R4 12.12.90		30	9.7	31.20														
R4 12.12.90		40	9.7															
L1 13.12.90	2.5	0	.9	.70		8	2	524	330		5.8	5.3	1.2	2.0				
L2 13.12.90	2.0	0	2.8	7.90		13	5	468	295	960	5.1	3.8	1.2	2.8		220	275	40.0
L2 13.12.90		5	8.9	31.90														
L2 13.12.90		10	11.7	33.90		30	22	249	114	261	3.0	1.9						
V14 13.12.90	4.5	0	2.1	7.30		15		462			4.8	4.2	1.5	3.3				
L6 13.12.90	4.5	0	3.1	13.90		17	11	401	230	884	3.8	3.7	.7	1.9		210	255	38.5
L6 13.12.90		5	9.0	32.60														
L6 13.12.90		10	10.5	33.30		26	21	212	105	239	2.5	2.4						
L6 13.12.90		20	11.8	34.20														
L6 13.12.90		30	11.8	34.30														
L6 13.12.90		40	11.5	34.25														
L6 13.12.90		50	11.2	34.40		29	23	212	110	208	1.7	1.3						
L8 13.12.90	5.5	0	4.2	21.60		20	12	309	167	544	3.2	2.7	.6	1.3		120	150	18.0
L8 13.12.90		5	8.7	31.60														
L8 13.12.90		10	10.0	33.05														
L8 13.12.90		15	11.1	33.80														
L8 13.12.90		20	11.8	34.20		28	23	218	104	230	2.1	2.1						
L8 13.12.90		30	11.8	34.30														
L8 13.12.90		40	11.5	34.35		30	24	236	105	272	2.0	2.1						
L8 13.12.90		50	11.2	34.40														
L15 13.12.90	5.5	0	4.2	18.90		16		345			4.1	3.1	1.2	1.7		155	165	27.5
L1 7.01.91	.2	0	1.3	.90		44		1230			5.5		16.0	26.8				
L2 7.01.91	.8	0	2.0	6.90		28		795			4.7	5.2	6.0	10.0		992	1915	97.7
V14 7.01.91	.4	0	1.5	1.20		44		1230			6.2		16.0	25.1				
L6 7.01.91	.7	0	1.9	6.10		26		821			4.6	2.6	7.5	10.6		1021	1957	81.4

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt m	Dyb m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	Nc3-N µg/l	SiO2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Kl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l				
L8 23.01.91	2.0	0	.8	11.80	7.8	19	8	569	360	382	2.3	3.3	5.2	4.7		500	887	43.3				
L8 23.01.91		5	3.9	28.00	6.5																	
L8 23.01.91		10	4.5	29.40	6.3																	
L8 23.01.91		15	6.0	30.90	5.9																	
L8 23.01.91		20	7.0	31.60	5.6	32	24	276	132	227	1.7	1.5										
L8 23.01.91		30	8.0	32.65	5.2																	
L8 23.01.91		40	8.4	33.10	5.3	34	27	258	124	421	1.3	2.4										
L8 23.01.91		50	8.7		5.0																	
L15 23.01.91	1.0	0	1.8	11.60		25		657	77	227	4.1	3.1	.5	1.5	.65		750	1300	70.0			
R4 9.03.91	1.5	0	2.8	6.80	7.6	25	2	740	430	466	14.3	13.2	2.7	5.1								
R4 9.03.91		5	4.0	24.40	7.1																	
R4 9.03.91		10	4.7	26.20	6.0																	
R4 9.03.91		15	5.8	27.20	4.9																	
R4 9.03.91		20	7.0	28.90	4.7																	
R4 9.03.91		30	7.0	30.80	5.3																	
R4 9.03.91		40	6.6	31.70	5.0																	
S9 10.03.91	8.5	0	2.2	21.30	7.6	15	6	275	77	227	4.1	3.1	.5	1.5	.65							
S9 10.03.91		5	1.5	23.40	8.3																	
S9 10.03.91		10	1.6	24.40	8.5																	
S9 10.03.91		15	1.9	25.40	8.5																	
S9 10.03.91		20	2.6	27.70	8.1																	
S9 10.03.91		30	7.4	34.00	6.4																	
S9 10.03.91		40	7.5	34.30	6.4	28	22	222	122	180	1.4	1.4			.78							
S9 10.03.91		50	7.5	34.65	6.4																	
S9 10.03.91		60	7.6	34.95	6.4																	
S9 10.03.91		70	7.6	35.00																		
S9 10.03.91		80	7.6	35.00		34	22	252	131	205	1.8	1.3										
S5 10.03.91	9.0	0	2.2	22.50																		
S6 10.03.91	10.5	0	2.3	21.70		15		293			4.7	4.1	.6	2.0	.68							
L1 12.03.91	.8	0	4.4	2.30		15	3	567	350		5.3	4.1	6.5	7.9	.78							
L2 12.03.91	.8	0	4.7	5.80		19	3	543	310	1128	4.7	4.7	3.9	8.3	.60	809	1591	69.1				
L2 12.03.91		5	4.7	6.60																		
L2 12.03.91		10	5.3	22.60	8.3	13	4	240	32	90	3.2	2.2			.36							
L6 12.03.91	1.3	0	5.9	6.90		31		599			4.5	3.5	9.5	15.7	.60							
L6 12.03.91	1.0	0	2.0	9.00	8.5	18	4	482	250	836	5.1	4.6	3.4	6.8	.34	673	1273	60.0				
L6 12.03.91		5	3.0	22.00																		
L6 12.03.91		10	3.0	23.00	8.2	12	4	206	23	76	3.2	2.4			.44							
L6 12.03.91		20	5.0	24.00	7.5																	
L6 12.03.91		30	8.0	33.35	5.6																	
L6 12.03.91		40	8.0	33.95	5.6																	
L6 12.03.91		50	9.0		5.3	39	30	263	154	261	1.9	2.3										
L8 12.03.91	3.0	0	5.3	10.80	8.8	10	< 1	434	230	822	4.4	3.6	2.7	4.0	.23	355	627	32.7				
L8 12.03.91		5	6.6	23.60	8.4																	
L8 12.03.91		10	6.7	25.00	8.4																	
L8 12.03.91		15	7.0	26.70	8.3																	
L8 12.03.91		20	6.0	30.10	7.9	15	4	246	50	59	2.8	2.5			2.13							
L8 12.03.91		30	8.4	34.00	5.9																	
L8 12.03.91		40	8.5	34.50	5.6	30	21	240	128	208	2.1	1.6										
L8 12.03.91		50	7.3		5.2																	
L15 12.03.91	1.5	0	6.5	10.80		16		440			6.5	5.6	3.6	5.6	.29	591	1127	54.5				

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	NO3-N	SiO2	TOC	DOC	Turb	TSM	KL-a	P-Fe	P-Al	P-Ti
	m	m	°C		ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
L1 7.06.91	2.4	0	12.6	.80		12	< 1	393	187	6.1	5.0	1.6	3.9	2.40				
L2 7.06.91	2.0	5	11.0	4.00	6.1	12	1	375	177	839	5.2	4.6	2.3	4.0	1.92	285	423	24.6
L2 7.06.91		10	11.8	25.50	6.0	12	< 1	216	14	31	3.5	3.5	2.3	4.7	2.44			
V14 7.06.91	2.4	0	13.3	5.60		15		381			6.2	6.6	2.0	3.8	1.48			
L6 7.06.91	3.0	0	12.9	8.00	6.9	10	1	341	148	696	4.8	5.3	2.0	3.8	.96	315	423	36.9
L6 7.06.91		5	11.6	25.90		19	< 1	198	6	11	4.3	2.8			2.48			
L6 7.06.91		10	9.9	28.70	7.1													
L6 7.06.91		20	8.3	32.00	6.6													
L6 7.06.91		30	8.1	32.50	6.4													
L6 7.06.91		40	8.0	33.00	6.7													
L6 7.06.91		50	7.9	33.10	6.6	43	31	341	188	314	2.8	2.1			1.56	146	177	15.4
L8 7.06.91	7.5	0	12.3	18.70	7.2	11	< 1	257	62	359	4.1	4.4	.6	2.0	1.56	146	177	15.4
L8 7.06.91		5	11.1	25.60	7.3													
L8 7.06.91		10	10.6	27.70	7.3													
L8 7.06.91		15	10.2	28.70	7.4													
L8 7.06.91		20	9.0	30.20	7.3	13	2	216	32	3	3.6	3.9			1.68			
L8 7.06.91		30	7.0	32.60	6.0													
L8 7.06.91		40	6.2	33.50	5.7	33	27	299	169	264	2.7	2.9			2.90			
L8 7.06.91		50	6.0	34.20	5.9													
L15 7.06.91	4.5	0	13.9	11.60		14		329			3.1	4.4	1.4	2.7	.92	254	315	25.4
S9 7.06.91	8.0	0	12.0	20.80	6.8	10	< 1	251	45	233	4.4	4.9	.2	1.2	2.08			
S9 7.06.91		5	10.8	27.30	6.9													
S9 7.06.91		10	10.8	28.60	6.7													
S9 7.06.91		15	9.7	29.40	7.0													
S9 7.06.91		20	7.8	31.50	7.2													
S9 7.06.91		30	7.3	32.25	7.0													
S9 7.06.91		40	6.2	33.20	6.5	25	16	305	122	112	2.6	2.4			.92			
S9 7.06.91		50	6.1	33.95	6.2													
S9 7.06.91		60	6.1	34.20	6.4													
S9 7.06.91		70	6.0	34.40														
S9 7.06.91		80	6.0	34.50		34	27	293	157	247	2.0	2.6						
S5 7.06.91	6.5	0	12.6	22.50														
S6 7.06.91	4.0	0	12.2	20.60		22	2	363	37	398	7.9	7.9	1.3	3.1	3.96			
R4 7.06.91	1.2	0	15.5	7.60	4.0	49	2	575	37	398	21.0	18.3	3.9	8.2	5.72			
R4 7.06.91		5	9.5	24.90	4.8													
R4 7.06.91		10	9.1	27.00	5.5													
R4 7.06.91		15	8.8	27.70	5.9													
R4 7.06.91		20	7.8	29.00	4.5													
R4 7.06.91		30	7.2	29.80	4.8													
R4 7.06.91		40	7.0	31.50	3.9													
L1 23.06.91	1.1	0	12.0	.10		17		578			5.0	3.8	4.5	13.1	1.99			
L2 23.06.91	1.1	0	12.2	5.60		22		572			3.7	3.4	6.4	11.6	1.18	862	1308	****
V14 23.06.91	1.1	0	12.2	2.10		17		596			4.0	4.0	4.6	12.3	1.43			
L6 23.06.91	1.5	0	12.2	6.00		16		584			3.1	3.5	3.6	4.7	1.06	323	500	35.4

Hvaler/Singletfjorden

St. Dato	Sikt m	Dyp m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	No3-N µg/l	Sio2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Kl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l
R4 9.07.91	1.6	0	23.2	8.60	5.8	27	< 1	518	39	123	8.3	7.8	2.6	5.1	8.95			
R4 9.07.91		5	15.8	19.90	5.5													
R4 9.07.91		10	13.0	24.40	5.0													
R4 9.07.91		15	11.4	26.00	4.3													
R4 9.07.91		20	11.0	26.50	4.1													
R4 9.07.91		30	8.6	28.20	3.6													
R4 9.07.91		40	8.2	29.00	2.3													
L1 18.07.91	1.7	0	17.0	10		13		417			5.2	3.9	3.1	4.9	3.82			
L2 18.07.91	2.0	0	17.0	2.50		14		393			3.9	3.1	3.2	6.0	3.35	415	615	69.2
V14 18.07.91	1.8	0	17.3	3.00		17		389			3.9	4.1	3.5	5.4	2.47			
L6 18.07.91	2.8	0	17.0	2.50		13		330			2.5	2.7	2.1	3.5	1.64	213	280	28.7
L8 18.07.91	2.8	0	19.2	6.50		11		314			4.3	4.4	1.8		1.67	238	354	24.6
L8 18.07.91		5	17.6	24.80														
L8 18.07.91		10	17.2	25.90														
L8 18.07.91		15	15.8	27.20														
L8 18.07.91		20	11.8	29.00														
L8 18.07.91		30	9.4	31.40														
L8 18.07.91		40	7.6	32.90														
L8 18.07.91		50	7.1	34.00														
L15 18.07.91	4.5	0	17.0	8.40		12		320			4.2	3.9	1.8	2.6	1.42	213	273	24.0
S9 18.07.91	3.3	0	19.6	8.90		16		290			4.6	4.3	1.5	2.3	4.22			
S5 18.07.91	2.8	0	20.6	9.60				429			5.7	6.7	2.6	7.8	24.70			
S6 18.07.91	2.3	0	19.7	10.50		31		936			14.6	9.3	9.0	13.9	15.40			
R4 18.07.91	1.0	0	20.0	7.90		55												
L1 25.07.91	2.0	0	18.6	7.70														
L2 25.07.91	2.4	0	17.4	5.95														
V14 25.07.91	2.1	0	18.1	5.50														
L6 25.07.91	2.9	0	17.7	8.50														
L8 25.07.91	3.1	0	21.2	8.90														
L8 25.07.91		5	16.4	26.60														
L8 25.07.91		10	12.3	30.50														
L8 25.07.91		15	12.4	31.30														
L8 25.07.91		20	12.0	31.50														
L8 25.07.91		30	10.2	31.90														
L8 25.07.91		40	10.0															
L15 25.07.91	3.4	0	17.4	9.00														
S9 25.07.91	2.7	0	20.8	14.30														
S5 25.07.91	2.5	0	20.6	14.20														
S6 25.07.91	2.4	0	21.2	15.60														
R4 25.07.91	1.6	0	22.6	6.80														
L6 3.08.91	3.6	0	20.6	9.10														
L8 3.08.91	4.6	0	21.4	9.20														
S9 3.08.91	6.0	0	22.0	14.10														
S6 3.08.91	3.5	0	22.0	13.40														
L1 13.08.91	2.4	0	17.7	8.80		10	3	381	215		3.1	3.0	2.5	3.4	3.71	371	557	50.7
L2 13.08.91	1.9	0	17.8	4.30	6.0	13	1	335	160	634	3.9	2.8	4.3	4.3	1.51			
L2 13.08.91		5	18.6	12.50				318	22	126	3.2	2.7			1.64			
L2 13.08.91		10	19.0	17.40	5.6	16	2	365			3.7	3.3	2.0	4.6	1.61			
V14 13.08.91	2.6	0	18.2	5.00		14												

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt m	Dyp m	Temp °C	PSU	Oks ml/l	Tot-P µg/l	Po4-P µg/l	TotN µg/l	No3-N µg/l	Sio2 µg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	Turb FTU	TSM mg/l	Kl-a µg/l	P-Fe µg/l	P-Al µg/l	P-Ti µg/l		
L6 25.08.91		0	18.6	10.20	5.7															
L6 25.08.91		5	18.6	21.20																
L6 25.08.91		10	17.0	27.90	4.6	9	< 1	185	10	112	2.4	1.9			1.22					
L6 25.08.91		20	16.3	29.70	4.1															
L6 25.08.91		30	13.5	30.60	4.5															
L6 25.08.91		40	11.4	31.20	4.4															
L6 25.08.91		50	8.5	32.30	3.7	26	18	281	146	325	2.2	1.5								
L8 25.08.91		0	18.6	11.50	6.3															
L8 25.08.91		5	18.7	20.40	5.4															
L8 25.08.91		10	17.7	27.00	4.5															
L8 25.08.91		15	16.8	28.90	4.6															
L8 25.08.91		20	16.4	29.70	4.6	10	1	162	7	59	2.4	2.0			.70					
L8 25.08.91		30	14.8	30.60	4.6															
L8 25.08.91		40	12.8	31.00	4.4	16	3	188	12	87	2.3	1.9								
L8 25.08.91		50	12.0	31.00	4.3															
S9 25.08.91		0	19.0	16.00	6.7															
S9 25.08.91		5	18.6	23.00	6.5															
S9 25.08.91		10	18.3	26.00	6.3															
S9 25.08.91		15	18.2	26.90	6.2															
S9 25.08.91		20	18.0	27.50	6.0															
S9 25.08.91		30	17.6	29.00	5.4															
S9 25.08.91		40	15.0	30.50	5.3	9	2	162	18	79	1.8	1.9			.81					
S9 25.08.91		50	14.4	30.60	5.1															
S9 25.08.91		70	10.6	31.50																
S9 25.08.91		80	9.2	32.30	6.7	25	19	252	17	213	1.9	1.6								
R4 25.08.91		0	19.7	10.50																
R4 25.08.91		5	17.9	18.10	4.8															
R4 25.08.91		10	16.1	22.10	3.9															
R4 25.08.91		15	15.1	24.40	3.6															
R4 25.08.91		20	13.4	25.50	2.7															
R4 25.08.91		30	9.1	27.70	1.1															
R4 25.08.91		40	9.3	27.70	.8															
L2 26.08.91	4.0	0	16.9	5.40							3.6	2.6	1.2	2.9	2.03					
L6 26.08.91	4.7	0	16.9	10.00							3.6	4.1	1.2	1.9	1.30					
L8 26.08.91	5.0	0	17.6	13.50							4.3	3.9	.8	1.8	2.73					
S9 26.08.91	6.5	0	17.8	16.70							4.4	3.9	.7	1.7	4.00					
S6 26.08.91	4.0	0	18.5	17.50							5.8	5.5	1.0	3.5	7.82					
L1 21.09.91	3.0	0	13.6	1.20							7.3	4.3	.7	3.1	3.22					
L2 21.09.91	4.0	0	13.8	3.50	7.3	9	< 1	363	200	595	3.4	1.8	1.2	2.5	2.99	200	267	20.0		
L2 21.09.91		5	15.3	22.50																
L2 21.09.91		10	15.6	31.20	6.3	12	< 1	231	12	79	3.1	3.0			4.05					
V14 21.09.91	4.0	0	14.2	7.00		13		341			4.6	4.3	.8	2.8	1.84					
L6 21.09.91	3.8	0	14.4	12.30	6.3	10	< 1	291	113	325	4.2	3.1	.8	3.9	2.42	400	41.3			
L6 21.09.91		5	15.8	26.20																
L6 21.09.91		10	16.6	28.00	4.9	10	2	171	8	106	2.9	2.3			1.84					
L6 21.09.91		20	14.8	30.80	4.6															
L6 21.09.91		30	12.3	31.70	3.9															
L6 21.09.91		40	10.4	32.70	3.9															
L6 21.09.91		50	10.8	32.80	4.1	28	26	302	161	398	1.9	1.5								

Hvaler/Singlefjorden

St. Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	Nc3-N	Sio2	TOC	DOC	Turb	TSM	Kl-a	P-Fe	P-Al	P-Ti
-----	m	m	°C		ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
L8 21.09.91	4.0	0	13.7	13.45	6.7	10	1	264	85	295	4.3	3.8	.8	2.0	2.60	140	127	13.3
L8 21.09.91		5	15.2	16.30	6.1													
L8 21.09.91		10	16.0	28.50	5.0													
L8 21.09.91		15	15.8	29.40	5.0													
L8 21.09.91		20	15.0	30.90	4.2	16	10	209	53	212	2.5	1.8		.73				
L8 21.09.91		30	12.6	32.00	4.8													
L8 21.09.91		40	11.0	32.80	4.9	29	22	242	106	323	2.3	2.3						
L8 21.09.91		50	11.2	32.80	4.9													
L15 21.09.91	4.0	0	14.4	13.20	7.6	9	< 1	275	2	67	3.7	3.0	.7	2.0	2.91	127	127	15.3
S9 21.09.91	4.5	0	13.3	19.80	7.6	9		204			3.8	2.8	.6	2.2	4.52			
S9 21.09.91		5	15.5	27.30	5.4													
S9 21.09.91		10	16.0	28.70	4.9													
S9 21.09.91		15	15.5	29.50	4.8													
S9 21.09.91		20	15.0	30.60	4.3													
S9 21.09.91		30	13.6	31.50	4.7													
S9 21.09.91		40	12.2	32.00	5.3	20	14	231	76	158	4.2	2.8		.49				
S9 21.09.91		50	10.8	32.60	5.9													
S9 21.09.91		60	8.4	33.40	6.4													
S9 21.09.91		70	7.2	34.40														
S9 21.09.91		80	7.0	34.60		32	27	258	142	265	2.0	1.4		.6	2.1	5.58		
S5 21.09.91	4.0	0	14.3	19.40		12		248			4.8	2.7						
S6 21.09.91	4.0	0	14.4	21.40														
R4 21.09.91	3.0	0	13.6	14.50	7.7	18	2	423	61	258	8.4	7.4	1.3	3.2	5.66			
R4 21.09.91		5	14.8	22.50	5.7													
R4 21.09.91		10	14.7	25.00	5.5													
R4 21.09.91		15	13.8	26.00	4.2													
R4 21.09.91		20	11.4	27.00	4.1													
R4 21.09.91		30	9.7	27.80	2.1													
R4 21.09.91		40	8.8	28.30	2.1													
L1 15.12.91	.7	0	1.6	1.40		17	2	572	420		5.2	5.0	4.8	6.8		581	952	54.3
L2 15.12.91	1.0	0	2.6	4.90	7.8	17	2	620	385	1661	5.2	4.8	4.2	6.5				
L2 15.12.91		5	5.8	25.30														
L2 15.12.91		10	7.0	27.56	6.6	37	23	341	125	230	2.9	3.0						
V14 15.12.91	1.0	0	2.2	4.66		17		602			5.0	5.0	4.5	6.0		413	600	42.0
L6 15.12.91	2.0	0	4.1	12.98	6.7	20	4	501	310	976	3.9	3.8	3.0	4.5				
L6 15.12.91		5	6.3	25.40														
L6 15.12.91		10	7.0	28.18	6.4	34	23	351	100	188	2.5	2.3						
L6 15.12.91		20	6.7	29.60	6.4													
L6 15.12.91		30	7.7	30.10	4.8													
L6 15.12.91		40	10.3	33.05	5.7													
L6 15.12.91		50	10.3	33.40	5.6	50	38	542	110	199	1.9	1.8						
L8 15.12.91	2.5	0	3.9	12.23	8.8	17	4	512	290	993	3.8	3.9	2.4	2.6		360	600	29.6
L8 15.12.91		5	6.0	27.80	7.5													
L8 15.12.91		10	6.4	29.00	7.8													
L8 15.12.91		15	6.5	29.40	8.2													
L8 15.12.91		20	6.9	28.31	8.2	26	15	500	96	160	2.3	2.2						
L8 15.12.91		30	9.3	32.40	7.6													
L8 15.12.91		40	10.2	32.24	6.5	37	23	296	120	281	2.1	2.1						
L8 15.12.91		50	10.1	34.85	7.1													
L15 15.12.91	2.0	0	3.4	11.39		16		500			3.9	3.7	2.4	2.4		392	592	30.4

Hvaler/Singlefjorden

St.	Dato	Sikt	Dyp	Temp	PSU	Oks	Tot-P	Po4-P	TotN	No3-N	SiO2	TOC	DOC	Turb	TSM	Kl-a	P-Pe	P-Al	P-Ti	
		m	m	°C		ml/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	FTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
S9	16.12.91	4.5	0	4.8	18.29	7.7	17	8	459	250	746	3.8	3.3	.7	1.2					
S9	16.12.91		5	5.8		7.6														
S9	16.12.91		10	6.7		7.6														
S9	16.12.91		15	6.7		7.4														
S9	16.12.91		20	7.0		6.9														
S9	16.12.91		30	9.2		6.1														
S9	16.12.91		40	10.6	33.69	5.5	39	23	218	106	222	1.6	1.7							
S9	16.12.91		50	10.5		5.3														
S9	16.12.91		60	10.5		5.5														
S9	16.12.91		70	10.5																
S9	16.12.91		80	10.5	34.05		38	27	230	105	222	1.5	1.4							
S5	16.12.91	4.0	0	9.0	22.00															
S6	16.12.91	4.5	0	5.2	10.72		18		644			5.4	4.9	1.4	1.5					
R4	16.12.91	2.0	0	4.6	1.74		16	2	830	560	805	7.0	6.4	2.0	2.6					
R4	16.12.91		5	6.8	19.90		8.5													
R4	16.12.91		10	10.2	25.90		6.2													
R4	16.12.91		15	9.0	28.00		5.0													
R4	16.12.91		20	9.3	30.00		5.4													
R4	16.12.91		30	9.8	30.00		4.9													
R4	16.12.91		40	10.1	30.10		5.1													
R4	16.12.91		40	10.1	30.10		4.8													
S9	21.12.91	4.0	0	3.7	19.35															
S9	21.12.91		5	4.6	22.10															
S9	21.12.91		10	5.6	27.00															
S9	21.12.91		15	6.2	28.40															
S9	21.12.91		20	6.8	29.45															
S9	21.12.91		30	7.6	31.60															
S9	21.12.91		40	8.0	32.27															
S9	21.12.91		50	9.4	33.42															
S9	21.12.91		60	9.8	33.90															
S9	21.12.91		70	9.7	34.23															
S9	21.12.91		80	9.7	34.30															

Vedlegg 2.

Kontroll av salinoterm.

Vedlegg 3

Kontroll av oksygenmeter.

Tabell ... Kontrolldata og skifte av YSI-okygenmeter								
Tøkt		Test-	Kontroll	Oksygenverdier				
Nr	dato	dato	temp.	Sann	Målt	Avvik	Byttet	Merknader
1	26.4.90						Nytt	
2	12.5.90							
3	26.5.90							
4	4.6.90							
5	21.6.90							
6	6.7.90							
7	22.7.90	22.7.91	16,9	10,4	9,8	-0,6		Sam.lig. nytt (=sann) m/ gml. i felt
			14,0	10,3	10	-0,3		
			13,4	9	8,7	-0,3		
			12,8	7,8	7,9	0,1		
			12,8	7,6	8	0,4		Skala 0-10
8	31.7.90						Nytt	
9	7.8.90							
10	15.8.90							
11	11.9.90							Antar at instr. er OK t.o.m. dette tøkt
12	12.12.90							Feil pga. frosset instrument
13	7.1.91							Oksygen ikke målt på dette tøkt
		10.1.91		11.2	13.3	2.1		Sammenlignet ny med gammel
14	21.1.91						Nytt	
15	9.3.91							
16	28.3.91							
17	13.4.91							
18	22.5.91							
19	7.6.91							
		16.6.91	17,5	9,7	9,65	-0,05		Ny = gammel i felt
		17.6.91	5	12,51	11,8	-0,7		Nr 415 kontroll av gml instr. i lab.
			20	8,9	8,65	-0,25		Nr 415 kontroll av gml instr. i lab.
20	23.6.91						Nytt	
21	9.7.91							
22	18.7.91							
23	13.8.91							
24	24.8.91							
		27.8.91	20	9	8,55	-0,45		Kontroll av gamle instr. i lab.
			5	12,65	12,3	-0,4		
25	21.9.91						Nytt	
26	15.12.91							

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2339-8