



Statlig program for  
forurensningsovervåking

# Rapport 576/94

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

## Otra 1993 Tiltaksorientert overvåking og konsekvens- undersøkelse av industriutslipp



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800208	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3109	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
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) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

<b>Rapportens tittel:</b>	<b>Dato:</b>	<b>Trykket:</b>
Otra 1993. Tiltaksorientert overvåkning og konsekvensundersøkelse av industriutslipp.	8. juli 1994	NIVA 1994
Overvåkingsrapportnr. 576/94. TAnr 1114/1994.	<b>Faggruppe:</b>	
	Vassdragsundersøkelser	
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Geografisk område:</b>	
Øyvind Kaste, Karl Jan Aanes, Eli-Anne Lindstrøm	Agder	
	<b>Antall sider:</b>	<b>Opplag:</b>
	44	100

<b>Oppdragsgiver:</b>	<b>Oppdragsg. ref.:</b>
Statens forurensningstilsyn	

**Ekstrakt:**

pH-målingene i Otra i 1993 kan tyde på at syreutslippene fra industrien i Vennesla-området er i ferd med å bli redusert. Den kontinuerlige pH-målingen ved Vigeland viste likevel fortsatt en tydelig pH-økning under utviklingen av fellesferien ved industribedriftene i området. Middelkonsentrasjonen av organisk stoff (målt som KOF) nedstrøms industribedriftene var ikke signifikant lavere i 1993 sammenlignet med året før, men det er en tydelig nedadgående trend dersom en ser flere år under ett. Transport-beregninger indikerer at det var en signifikant nedgang i industriens KOF-bidrag fra 1992 til 1993. Fosforkonsentrasjonen nedstrøms Venneslafjorden fortsatte å avta i 1993, med gjennomsnittlig 1 µg/l i forhold til året før.

Bunndyrundersøkelsene viser at det i 1993 var tegn til noe større variasjon i bunnfaunaen nedstrøms Vigeland. Sammen med en økende dominans av fjærmygglarver i forhold til fåbørstemark kan dette tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i de siste årene. Begroingsamfunnet i 1993 var i store trekk det samme som i 1992. Observasjoner i 1992-93 tilsier at det ikke har skjedd noen vesentlig reduksjon i forekomsten av soppen *Fusarium aquaeductum* siden 1981-82.

4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåkning
2. Treforedlingsindustri
3. Vannkraftutbygging
4. Sur nedbør

4 emneord, engelske

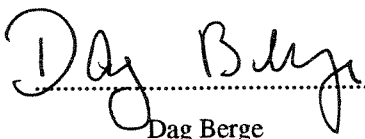
1. Pollution monitoring
2. Pulp and paper industry
3. Hydro power development
4. Acid precipitation

Prosjektleder



Øyvind Kaste

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN82-577-2577-3



Norsk institutt for vannforskning  
Sørlandsavdelingen

O-800208

**OTRA 1993**

Tiltaksorientert overvåking  
og konsekvensundersøkelse av industriutslipp

Grimstad

8. juli 1994

Saksbehandler:  
Medarbeidere:

Øyvind Kaste  
Eli Anne Lindstrøm  
Karl Jan Aanes  
Torleif Bækken  
Rolf Høgberget

## FORORD

Hunfos Fabrikker A/S er pålagt av Statens forurensningstilsyn (SFT) å foreta konsekvensundersøkelser av utslipp fra fabrikk. Undersøkelsen skal gjennomføres i perioden 1992-1995 i forbindelse med en nedtrapping av de organiske utslippene. Den rutinemessige overvåkingen av Otra, som administreres av Statens forurensningstilsyn, gjennomføres samtidig. Denne undersøkelsen er en del av Statlig program for forurensningsovervåking. Konsekvensundersøkelsen og overvåkingsundersøkelsen er i perioden samkjørt og finansieres med midler fra Hunfos Fabrikker A/S, Norsk Wallboard A/S, SFT og Vassdragsrådet for Nedre Otra.

Den foreliggende rapporten omhandler i første rekke resultater fra 1993. Programmet er konsentrert om den nedre delen av Otra og er rettet direkte mot effekter av industriutslipp og kloakktilførsler. Undersøkelser i OTRAS øvre del er bare i begrenset grad omtalt.

Teknisk etat i Evje og Hornnes kommune og Gunnar Ose har tatt prøvene i den øvre delen av Otra, fra Evje og oppover. Disse prøvene er analysert ved Agderforskning - Teknisk i Grimstad. Vannprøver fra nedre Otra er samlet inn av Kristiansand Ingeniørvesen og analysert på NIVA.

Karl Jan Aanes og Torleif Bækken ved NIVA i Oslo har gjennomført bunndyrundersøkelsene. Eli-Anne Lindstrøm har hatt ansvar for innsamling og analyser av begroing og vannvegetasjon i nedre del av Otra.

Grimstad 8. juli 1994

Øyvind Kaste

## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	3
1. SAMMENDRAG .....	4
2. INNLEDNING .....	7
2.1. Bakgrunn .....	7
2.2. Formål .....	7
2.3. Program .....	8
3. OMRÅDEBESKRIVELSE .....	9
3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi .....	9
3.2. Brukerinteresser .....	12
3.3. Forventet naturtilstand .....	13
3.4. Forurensninger .....	13
4. RESULTATER OG DISKUSJON .....	16
4.1. Fysisk/kjemiske forhold .....	16
4.2. Bunndyr .....	25
4.3. Begroing .....	29
5. REFERANSER .....	34
6. VEDLEGG .....	36
6.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1993 .....	36
6.2. Primærdata, vannkjemi 1993. ....	37
6.3. Middelkonsentrasjoner 1980-1993. ....	41
6.4. Begroingsorganismer i Otra i 1993 .....	43
6.5. Kiselalger i begroingsprøver fra Otra i 1993. ....	44

## 1. SAMMENDRAG

Hovedformålet med overvåkings- og konsekvensundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene på vannkvalitet og biologi fra de forskjellige forurensningskildene, spesielt fra industriutslipp, kan identifiseres og kvantifiseres. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst rekreasjonsverdien av vassdraget og forholdene for laks og aure i nedre del av Otra det tas sikte på å bedre ved å redusere forurensningsbelastningen.

Konsekvensundersøkelsen, som ble pålagt Hunsfos Fabrikker A/S av Statens forurensningstilsyn for perioden 1992-1995, skal dokumentere evt. endringer i Otra som resultat av den nedtrappingsplan for utslipp bedriften har fått pålegg om. Effektene av kloakksanering på strekningen Vennesla og til sjøen skal også undersøkes. Innenfor nåværende program er det spesielt endringer i konsentrasjonen av fosfor som vil gi svar på hvilken betydning kloakksaneringen har.

Årsmiddelverdien for **pH** oppstrøms Hunsfoss har holdt seg relativt konstant siden 1984, rundt 5,5-5,6. På stasjonene nedstrøms industribedriftene har det vært en klar stigning i pH-verdiene siden 1988. I 1993 var middel-pH ved Skråstad 5,37, en stigning på omlag 0,1 pH-enhet sammenlignet med året før. Dette er omlag 0,2 pH-enheter lavere enn verdiene som ble målt på stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1993. Det tilsvarende forholdstallet i 1992 var 0,3 pH-enheter, mens det før 1988 lå omkring 0,5. Tendensen er derfor at det bli mindre avstand mellom pH-verdiene målt oppstrøms og nedstrøms industribedriftene i Vennesla. Dette kan tyde på at syreutslippene fra industrien i Vennesla-området er i ferd med å bli redusert.

Resultatene fra den kontinuerlige målingen av pH ved Vigeland viser at det er betydelige variasjoner over året. Dette er variasjoner som den månedlige prøvetakingen i stor grad ikke gir informasjon om. Den kontinuerlige målingen av pH illustrerer i 1993 tydelig effekten av fellesferien ved industribedriftene i området. Fra omkring den 5. juli øker pH brått med over 0,5 pH-enheter. Vannkvaliteten i elva holder seg stabilt på samme nivå gjennom hele fellesferien til den 25 juli, da pH synker til samme nivå som før fellesferien.

Konsentrasjonen av **labilt aluminium** varierte endel over året i 1993, men var omkring 50 µg/l i årsmiddel både ved Evje og Skråstad. Det er den labile delen av aluminiumet som regnes som mest giftig for fisk. Konsentrasjonene av labilt aluminium i Otra er generelt noe høyere enn det som er anbefalt for fisk. Ved flommer i de midtre delene av nedbørfeltet (rundt Byglandsfjorden og Evje) er det fare for konsentrasjoner som kan være dødelige for fisk. Nedstrøms Vigeland er det gjennomgående for lav pH og høy aluminiumskonsentrasjon til at laks i noe omfang kan reproducere naturlig. Maksimalkonsentrasjonene av labilt aluminium ved Evje og Skråstad var hhv 100 og 85 µg/l.

Konsentrasjonen av **organisk stoff** målt som kjemisk oksygenforbruk ( $KOF_{Mn}$ ) varierte kraftig på de to nederste stasjonene i 1993. Det største spranget finner en ved Vigeland fra juli til august. Fra fellesferien i juli økte konsentrasjonen fra 0,5 mg O/l til over 5,5 mg/l i august måned. Maksimalkonsentrasjonene i 1993 var omlag på samme nivå som i 1992.

Middelkonsentrasjonen av KOF på stasjonene nedstrøms industribedriftene var i 1993 3,17-3,18 mg/l. Dette er ikke signifikant lavere enn middelverdiene som ble målt i 1992 (t-test,  $p=0,05$ ), men det er en tydelig nedadgående trend dersom en ser flere år under ett. Beregninger av KOF-tilførsel mellom stasjonen oppstrøms Hunsfoss og stasjonen ved Vigeland tyder imidlertid på at KOF-bidraget fra industrien var signifikant lavere i 1993 sammenlignet med i 1992 (t-test,  $p=0,05$ ). Siden 1988 har årsmiddelkonsentrasjonen av KOF ved Skråstad avtatt med nesten 50%. Middelverdiene ved Vigeland og Skråstad ligger imidlertid fortsatt omlag 80% høyere enn ved stasjonen oppstrøms industribedriftene.

Ved stasjonene nedstrøms Evje har det gjennomgående vært en nedgang i **fosforkonsentrasjonen** siden begynnelsen av 1980-tallet. Avtaket ved de tre nederste stasjonene har vært spesielt tydelig de tre siste årene, noe som har sammenheng med saneringstiltak og bygging av renseanlegg for kommunal kloakk. Etterhvert som også industribedriftene kopler sanitærutslippene sine til den kommunale kloakkledningen, minker også den innbyrdes forskjellen mellom de tre nederste stasjonene mhp. fosforkonsentrasjon. Konsentrasjonen oppstrøms Hunsfoss lå i 1993 på 2,3  $\mu\text{g/l}$  i årsmiddel, mens Vigeland og Skråstad hadde henholdsvis 4,2 og 3,8  $\mu\text{g/l}$ . I forhold til 1992 er årsmiddelkonsentrasjonen ved disse stasjonene redusert med omlag 1  $\mu\text{g/l}$ . Det er tidligere antatt at den naturlige bakgrunnsverdien for totalfosfor i elva ligger rundt 3  $\mu\text{g/l}$ .

Konsentrasjonen av **total nitrogen** har avtatt ved alle stasjoner i Otra siden 1980. Avtaket var størst fram til 1990, og siden har kurven flatet noe ut. Nitrat-konsentrasjonen har imidlertid holdt seg relativt konstant i vassdraget de siste 10 årene. Dette er sammenfallende med resultater fra andre Sørlandsvassdrag i samme tidsrom. Hovedkilden for nitrogentilførsel til vassdraget er langtransportert forurenset luft og nedbør. Konsentrasjonen av total nitrogen har vært relativt lik på alle stasjonene nedstrøms Byglandsfjorden i den undersøkte perioden. Dette viser at lokale kilder nedover langs elva som landbruk, boligkloakk og industri har relativt liten innvirkning på nitrogenkonsentrasjonen i hovedvassdraget.

Årsaken til avtaket i konsentrasjonen av totalnitrogen i vassdraget er foreløpig ikke klarlagt. Det kan ha sammenheng med nitrogentilførslene fra anleggsarbeid (sprengstein) i de øvre delene av Otra tidlig på 80-tallet, og at Byglandsfjorden gradvis har kommet i likevekt etter dette. Økt retensjon (biologisk opptak, sedimentasjon) av næringssalter i innsjøer og elveavsnitt er andre mulige forklaringer på nitrogen-avtaket i vassdraget gjennom 80-tallet.

I **bunndyrfaunaen** oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende gruppen i undersøkelsesperioden. Andre vanlige grupper har vært børstemark, vannmidd, steinfluer, vårfluer og rundmarker. I materialet fra 1992 manglet larver av døgn- og



steinfluer. I materialet fra 1993 var disse gruppene kommet tilbake i bunnfaunaen på stasjonen oppstrøms Hunsfoss. Antall individer i de enkelte bunndyrgruppene varierer noe fra år til år, men variasjonene ligger innenfor naturlige populasjonssvingninger. Vurderer man materialet i forhold til tidligere år (1983-86) var mengdene og fordelingen av gruppene i bunnfaunaen stort sett i samme størrelsesområde som tidligere. Samlet sett er bunndyrsamfunnet ved denne stasjonen typisk utløpspåvirket fauna, samtidig som materialet beskriver et bunndyrsamfunn som viser at vassdraget er forsuringsskadet.

Nedstrøms Vigeland har den totale mengden bunndyr i perioden 1987-93 stort sett vært den samme som oppstrøms Hunsfoss. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet er imidlertid forskjellig. Bunndyrsamfunnets sammensetning på denne lokaliteten synes først og fremst å være et resultat av organisk forurensning. Samfunnet er imidlertid i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forsuringen i vassdraget.

Forekomsten av fåbørstemark nedstrøms Vigeland har avtatt i de senere årene; fra å ha vært den klart dominerende bunndyrgruppen i 1989 til å utgjøre omlag 23% av samfunnet i 1993. I 1991 utgjorde fjærmygg 72% av hele bunndyrsamfunnet på denne stasjonen, mens tilsvarende andel i 1993 var 53%. Den samlede dominansen av fjærmygg og børstemark ser ut til å ha minket noe mellom 1991 til 1993, fra 93% til 75%. Verken døgnfluer eller vårfluer er tidligere registrert på stasjonen nedstrøms Vigeland. Steinfluer er bare sporadisk funnet i materialet fra denne stasjonen. I 1993 finner vi både steinfluer og vårfluer representert i materialet. At vi nå i materialet ser en noe større variasjon i bunnfaunaen, sammen med en økende dominans av fjærmyggglarver i forhold til børstemark kan tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i de siste årene.

**Begroingssamfunnet** var i store trekk det samme i 1993 som i 1992. Oppstrøms Vigeland består det av arter som trives i næringsfattig surt miljø. Nedstrøms Vigeland skjer det en betydelig endring i artsammensetning. Arter som trives i forurensningsbelastet surt vann preger begroingen her. Viktig i den sammenheng er soppen *Fusarium aquaeductum*, som trives særlig godt i surt vann med høyt innhold av lettredbrytbart organisk stoff. Mengden av *Fusarium* reduseres nedover vassdraget, men er fremdeles tilstede ved Skråstad. Det ser ut til å opptre svingninger i begroingssamfunnet fra år til år. Disse ser dels ut til å være resultat av varierende tilførsler av lettredbrytbart organisk stoff, og dels av sesongavhengige svingninger i organismenes forekomst. Observasjoner i 1992-93 tilsier at det ikke har skjedd noen vesentlig reduksjon i forekomsten av *Fusarium* siden 1981-82.

Stor forekomst av begroing og annen vegetasjon, da særlig krypsiv er vesentlig et resultat av regulering med stabile fysiske forhold (utjevnet vannføring, fravær av spyleflommer o.l.). Forsuring med lav stoffomsetning bidrar også til at det akkumuleres mye plantemateriale. Reguleringseffekter og forsuring er felles for hele det undersøkte vassdragsavsnittet.

## **2. INNLEDNING**

### **2.1. Bakgrunn**

Vannkvaliteten i Otravassdraget har vært overvåket siden begynnelsen av 1960-tallet. Med opprettelsen av det statlige overvåkingsprogrammet i 1980 ble overvåkingen av nedre og øvre deler av vassdraget slått sammen i et sammenhengende program. Oversikt over tidligere overvåkingsrapporter fra Otra er gitt i vedlegg 6.1.

Den nedre delen av Otra er preget av organisk belastning og syreutslipp fra industrien ved Vennesla, samt forsurening på grunn av langtransporterte forurensninger. Utslippene fra industrien i Venneslaområdet er blitt redusert i de senere år, og i løpet av 1994 skal prosessen ved Hunsfos Fabrikker legges om slik at en ikke lenger skal få sure utslipp fra fabrikken. Sommeren 1995 skal en avskjærende industriavløpsledning settes i drift, noe som vil medføre en betydelig reduksjon av de organiske utslippene til elva. I tillegg til reduksjoner i industriutslippene er det i de senere år foretatt saneringstiltak på kloakkledningsnettet og bygget renseanlegg. Det er også lagt ned en betydelig innsats for å tilrettelegge for friluftsliv langs elva.

Målet med tiltakene i Otra er først og fremst å få forurensningsbelastningen ned, øke vassdragets rekreasjonsverdi og gjøre elva levelig for laks og aure. Fisken skal også ha en tilfredsstillende kvalitet. Samtidig er det nødvendig å få etablert en variert bunndyrfauna som kan danne næringsgrunlaget for disse fiskebestandene. Otra har et stort rekreasjonspotensiale som i liten grad har blitt utnyttet tidligere pga forurensningsforholdene i de nedre delene av elva. Den positive vannkvalitetsutviklingen i de senere år gjør det aktuelt å se på om også den generelle vannkvaliteten i elva kan bedres. Det er nylig utarbeidet en kalkingplan for elva som har som mål å sikre vannkvaliteten for laks inntil tilførselene av sur nedbør er redusert tilstrekkelig (Kaste og Hindar 1994).

### **2.2. Formål**

Hovedformålet med overvåkings- og konsekvensundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene på vannkvalitet og biologi fra de forskjellige forurensningskildene, spesielt fra industriutslipp, kan identifiseres og kvantifiseres. Tiltak mot forurensning skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst rekreasjonsverdien av vassdraget og forholdene for laks og aure i nedre del av Otra det tas sikte på å bedre ved å redusere forurensningsbelastningen.

Konsekvensundersøkelsen, som ble pålagt Hunsfos Fabrikker A/S av Statens forurensningstilsyn for perioden 1992-1995, skal dokumentere evt. endringer i Otra som resultat av den nedtrappingsplan for utslipp bedriften har fått pålegg om. Effektene av kloakksanering på strekningen Vennesla og til sjøen skal også undersøkes. Innenfor nåværende program er det spesielt endringer i konsentrasjonen av fosfor som vil gi svar på hvilken betydning kloakksaneringen har.

## 2.3. Program

### *Vannkjemisk overvåking*

I tabell 1 a og b er stasjonsvalg og parametervalg vist. Lokalitetsnummer refererer seg til kilometer nord-sør på UTM- nettet i kartserien M 711. Prøvetakingsfrekvensen er månedlig på samtlige stasjoner. Stasjonen for kontinuerlig måling av pH er plassert på dammen ved Vigeland.

**Tabell 1a. Målestasjonene for vannkjemi.**

EDB-nr	Målestasjon	Parametergruppe
535	Ose	I + II
492	Evje	I + II
460	Oppstr. Hunsfoss	I
458	Hallandsfoss	pH
457	Vigeland	I
450	Skråstad	I + II

**Tabell 1b. Parametergrupper.**

I	II
pH	alkalitet
konduktivitet	Na og K
Ca, Mg	nitrat
total fosfor	sulfat
total nitrogen	klorid
organisk stoff (KMnO <sub>4</sub> )	reaktivt Al
TOC	ikke-labil Al

### *Bunnfauna*

Det samles inn bunndyrprøver oppstrøms Hunsfoss, nedstrøms Vigeland, nedstrøms Skråstad og lengst nede i Otra ved Haus (tilsammen fire stasjoner). Bunndyrene som her er bearbeidet, ble tatt ved de to førstnevnte stasjonene. Stasjonen oppstrøms Hunsfoss (UTM 593 396) ligger langs vestre elvebredd nedenfor utløpet av Venneslafjorden. Stasjonen har vært prøvetakingssted for bunndyr siden 1983. Elva går her over et bunns substrat av stein, grus og sand, med endel innslag av krypsiv og mose. Stasjonen nedstrøms Vigeland (UTM 573 386) ligger langs østre elvebredd og har også tidligere vært brukt til prøvetaking av bunndyr. Bunns substratet består hovedsakelig av stein, grus og noe sand, samt endel mose. Stedet har endel fiberrester og en betydelig begroing av soppen Fusarium sp.

Bunndyrprøvene som er bearbeidet og vurdert i denne rapporten ble samlet inn den 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92 og 11.07.93. Det ble brukt en elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt (Norsk Standard 4719). I tillegg til dette er det samlet inn både kvalitative og kvantitative prøver fra våren i perioden 1991-1993. Dette materialet er foreløpig ikke bearbeidet.

### *Begroing*

Det samles prøver av begroing på fire stasjoner, 1 oppstrøms og 3 nedstrøms industribedriftene. Prøvene samles inn 2 ganger pr. år for finne evt. årstidsvariasjoner i begroing av bl.a. sopp. Det legges vekt på å studere utviklingen av soppen Fusarium aquaeductum. Det ble samlet begroingsprøver ved to befaringer i 1993, 7. juli og 5. september. Prøvetakingsforholdene var tilfredsstillende ved begge befaringer. Hovedprøvene ble tatt på samme måte som i 1992. I tillegg ble det tatt separate kiselalgeprøver ved å børste av begroingen på 5x5 cm av 10 stein. Prøven ble blandet i et kar og en delprøve tatt ut. Bortsett fra stasjon 3 (Haga) som ble samlet noen meter lenger opp i vassdraget, ble prøvene samlet på samme sted som i 1992.

### 3. OMRÅDEBESKRIVELSE

#### 3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi

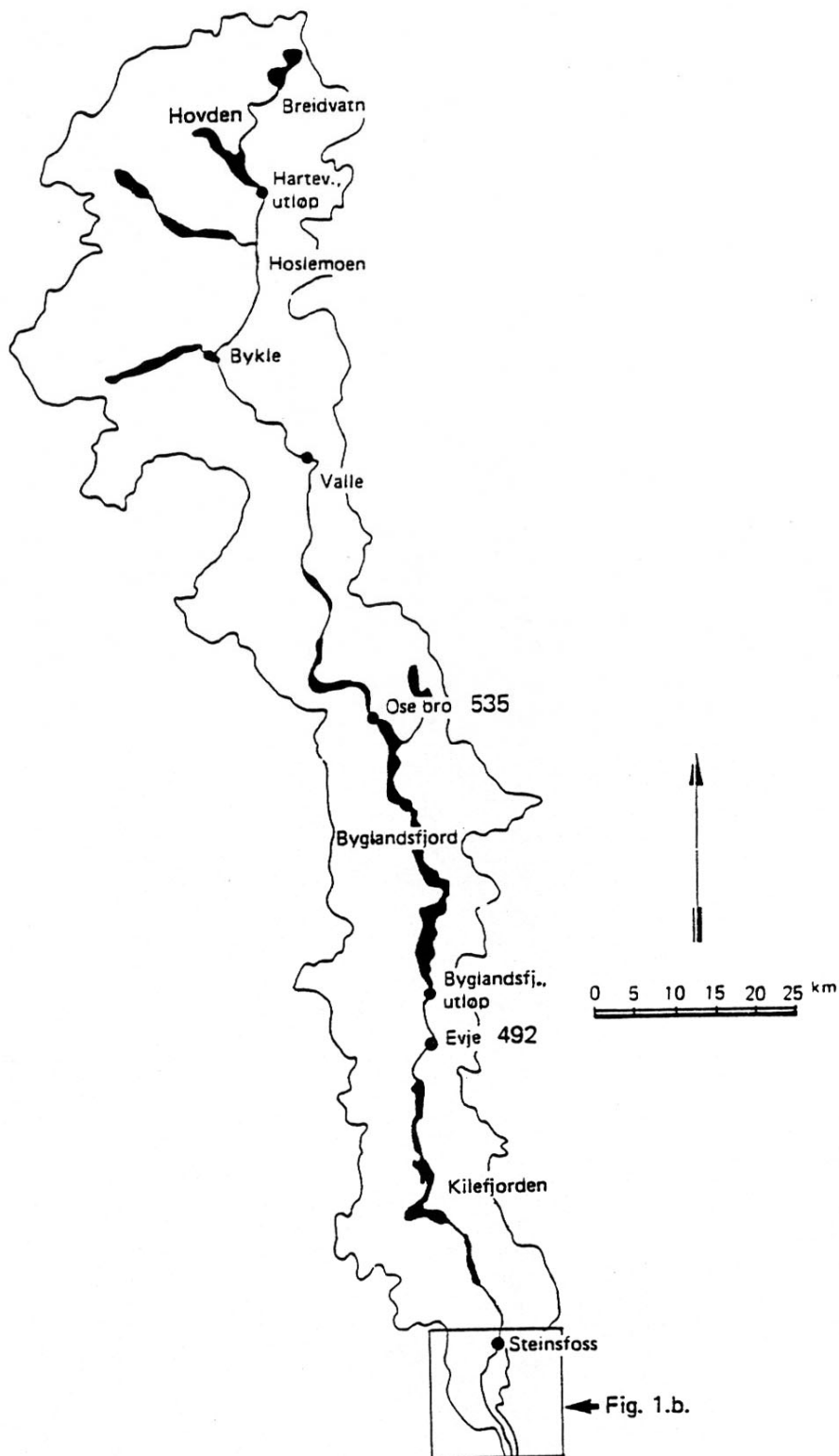
Otravassdraget har et naturlig nedbørfelt på 3738 km<sup>2</sup> og er Sørlandets mest vannrike vassdrag. Fra kildeområdet nord for Hovden i Setesdalen og til utløpet i Kristiansandsfjorden er det en strekning på 240 km. Byglandsfjord er største innsjø i hovedvassdraget. Den er ca. 35 km lang. Middelvannføringen er 117 m<sup>3</sup>/s ved utløpet av Byglandsfjorden og 155 m<sup>3</sup>/s ved utløpet i Kristiansandsfjorden. Figur 1, a og b viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i perioden 1991-1992.

Det går en geologisk grense gjennom Vatnedalen mellom Bykle og Hovden. Bergartene i nedbørfeltet sør for Vatnedalen består vesentlig av gneis og granitt, som gir saltfattig avrenningsvann og lav motstandsevne mot forsuring. Nord for Vatnedalen finnes metamorfe og sedimentære bergarter. Videre finnes det metamorfe bergarter øst for Valle. Disse bergartene er noe mer kalkholdige. I tillegg kommer at øvre deler av nedbørfeltet mottar vesentlig mindre forurenset luft og nedbør enn nedre deler. Avrenningsvannet fra dette området er derfor mindre surt enn i resten av vassdraget.

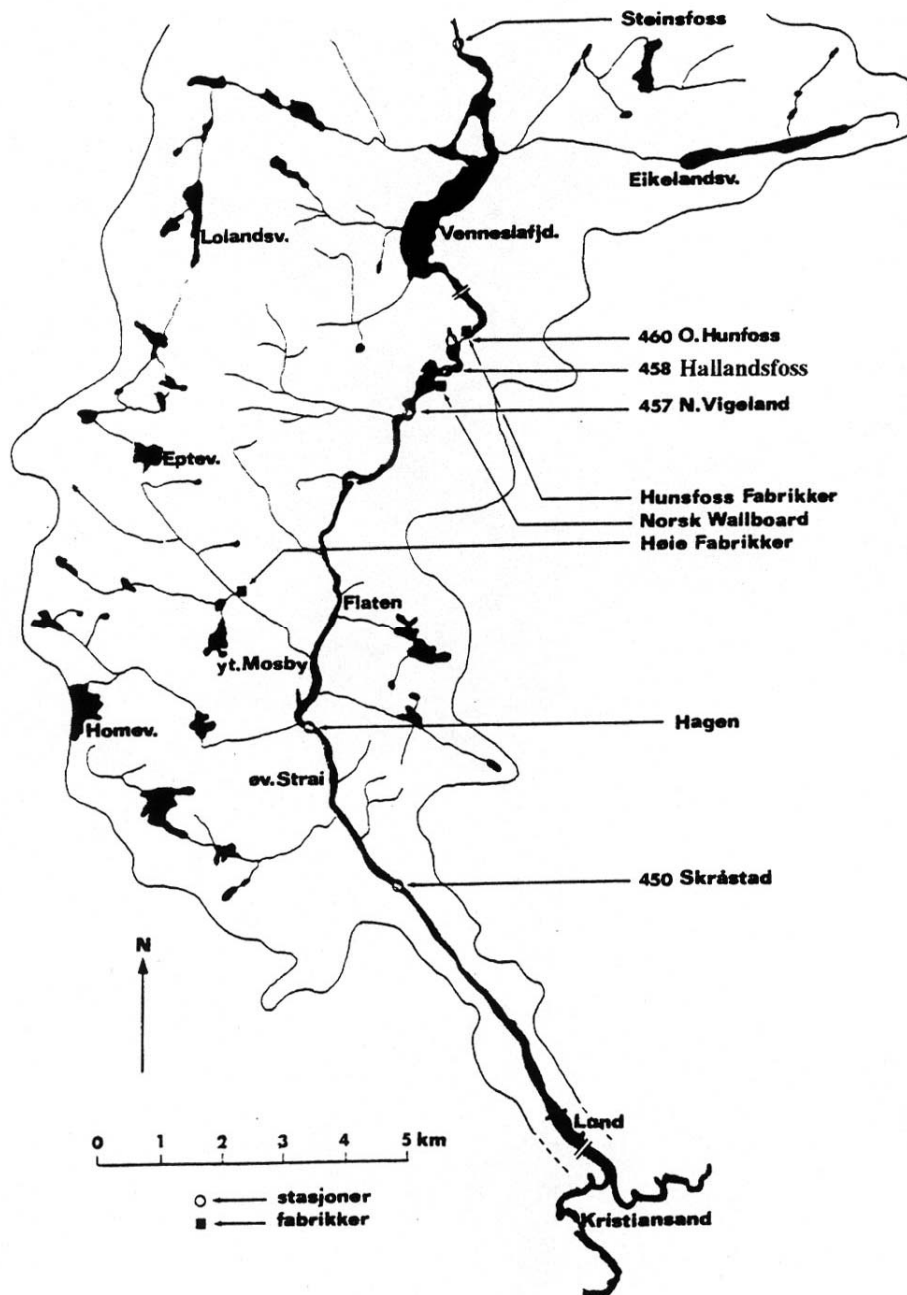
Otravassdraget ligger i grensesonen mellom områder som mottar mye nedbør og områder som ligger i regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til knapt 700 mm i øst. Det er store forskjeller i gjennomsnittstemperatur fra nord til sør i nedbørfeltet. Mens Kristiansand bare har to måneder i året med gjennomsnittstemperatur under 0 °C, har Bjåen ved Hovden seks.

De høyereliggende delene av vassdragets nedbørfelt er delvis dominert av bjørkeskog. Tregrensa ligger på ca. 1000 moh, men også store deler av de lavereliggende heiområdene ned til 4-500 moh er skogfattige. I de nedre deler dominerer lauv- og barskog. De mektigste løsavsetningene finnes langs hovedvassdraget, spesielt i forbindelse med innsjøbassengene. Store deler av heiområdene i nedbørfeltet er karakterisert av fjell i dagen og tynt morenedekke. De sørligste delene av Otra, fra Mosby og sørover, ligger under den marine grense, mens resten av nedbørfeltet ligger i sin helhet over den marine grense, dvs. over ca. 40 moh. Påvirkninger av marine avsetninger betyr derfor minimalt for vannkvaliteten i Otra. Vassdraget skjærer gjennom raet ved utløpet av Venneslafjorden.

Regulering av vassdraget til kraftproduksjon fører til endret vannføring i hele Otra. Vintervannføringen er økt, flommene er dempet og sommervannføringen er lav på flere elveavsnitt. Minstevannføringen på enkelte strekninger oppstrøms Venneslafjorden er 0 m<sup>3</sup>/s. Det vil si at elva i perioder er helt tørrlagt på disse strekningene. Det gjelder spesielt oppstrøms Steinsfoss og Iveland kraftverk. Minstevannføringen ved Vigeland i nedre del er 50 m<sup>3</sup>/s både sommer og vinter. Hvis Otra var uregulert ville midlere lavvannføring ved utløpet være omkring 13 m<sup>3</sup>/s (Hindar m.fl. 1991).



*Figur 1a. Otrå med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking er inntegnet. Tallene er valgt etter stasjonenes plassering i nord-sør-retning i UTM-nettet.*



*Figur 1b. Nedre Otra med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking er inntegnet. Tallene er valgt etter stasjonenes plassering i nord-sør-retning i UTM-nettet.*

### 3.2. Brukerinteresser

#### *Rekreasjon / friluftsliv*

Det bor omlag 40.000 mennesker innenfor Otras nedbørfelt (Hindar m.fl. 1993). Elva er derfor et viktig rekreasjonsmessig element for mange mennesker. Over 90% av de som bor innenfor nedbørfeltet hører hjemme i vassdragets nedre del.

#### *Fiske*

Nedre Otra var tidligere en god lakseelv. Laksestatistikk fra 1876 til 1979 viser at rapporterte fangster har vært oppe i over 5 tonn pr. år. Fra 1955 har fangstene vært ubetydelige, og den gamle laksebestanden er nå utryddet på grunn av sur nedbør og industriforurensninger. Tilfeldig laks som går opp i Otra er vill laks fra andre elver, laks som er satt ut i Otra som smolt eller rømt oppdrettslaks (Brabrand 1989). I 1939 ble det påvist stor tetthet av lakseunger og aure nedstrøms Hunsfoss. Ved diverse undersøkelser i perioden 1957-1988 er det ikke blitt påvist laks- eller aureunger (Brabrand 1989). Nederst i vassdraget forekommer også ål, trepigget stingsild, og elve- og havniøye.

I hele vassdraget ovenfor Vennesla foregår det fritidsfiske etter aure. Brabrand (1989) fant tette bestander av aure og abbor på strekningen Vennesla-Kilefjorden. Bekkerøye etter tidligere utsetninger ble også påvist. Bleka ("dverglaksen") i Byglandsfjorden har også vært populær som sportsfisk og er bevaringsverdig i nasjonal og internasjonal sammenheng. I de seinere år er bestanden redusert. Eksistensen er avhengig av regelmessige utsetninger fra fiskeanlegget til I/S Øvre Otra. Første utsetning skjedde høsten 1979. Resultater fra utsetninger og prøvefiske finnes i årsrapporter og årsmeldinger fra Bygland Fiskeanlegg.

Interessen for tiltak mot forurensning er økende, men det antas at kalkingsaktiviteten i Otras nedbørfelt foreløpig ikke har hatt noen betydning for vannkvaliteten i Nedre Otra. Det er nylig utarbeidet en kalkingplan for elva som har som mål å sikre vannkvaliteten for bleka i Byglandsfjorden og laksen nedstrøms Vigeland (Kaste og Hindar 1994).

#### *Kraftproduksjon*

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden ca. 1900. Hindar og Grande (1987) og Hindar m.fl. (1991) gir en oversikt over reguleringsinngrep, krav til minstevannsføringer i hele Otra og en oversikt over utbygde kraftverk i nedre del av Otra.

#### *Vannforsyning*

I Byglandsfjorden er det drikkevannsuttak for ca. 400 personer. En del boliger i spredt bebyggelse har også direkte vannuttak i hovedvassdraget. Forurensning har gjort vannet i Otras nedre deler uegnet til drikkevann. Vennesla kommune har drikkevannsforsyning fra grunnvannsbrønn på Drivenesøya nord i Venneslafjorden. Elva nyttes i noen grad til jordbruksvanning og til prosessvann for industrien.

### Resipientbruk

Otra blir brukt som resipient for avløpsvann fra industri og husholdninger. Utslippene fra begge disse kildene er redusert vesentlig i de senere år.

### 3.3. Forventet naturtilstand

Hindar m.fl. (1993) benyttet følgende bakgrunnsverdier for organisk stoff (KOF) og totalfosfor (Tot-P) i elva:

KOF <sub>Mn</sub>	2 mg O/l
Tot-P	3 µg/l

### 3.4. Forurensninger

De viktigste kildene for forurensning av Otra er industriutslipp, kommunal kloakk og langtransportert forurenset luft og nedbør.

#### Industriutslipp

På tross av betydelige utslippsreduksjoner i de senere år er utslipp av industrielt avløpsvann fra treforedlingsindustrien i Vennesla fortsatt et problem for vannkvaliteten i Otra. Utslipp av organisk stoff og syre, spesielt fra Hunsfos Fabrikker, påvirker flora og fauna i de nedre delene av vassdraget i betydelig grad. De viktigste konsekvensene av utslippene har vært begroing langs elvebunnen, endret bunndyrfauna og redusert kvalitet på fiskebestandene. Tabell 2 viser egenrapporter over produksjon og utslipp fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard i 1993.

Tabell 2. Produksjon og utslipp fra de to største industribedriftene i nedre Otra. Tall basert på egenrapporter for 1993.

Bedrift	Produkt	Maks. tillatt prod. (tonn/år)	Utslipp fra konsesjon	
			KOF (tonn O/år)	Susp. mat.(tonn/år)
Hunsfos Fabrikker	Cellulose	70000	13925	467
	Tremasse	48000		
	Papir	150000		
Norsk Wall- board	Trefiber- plater	50000	1052	57

Utslippene av organisk stoff (KOF) og suspendert materiale fra Hunsfos Fabrikker er vesentlig redusert siden midten av 1970-tallet, men det er fortsatt et stykke igjen til utslippsmålene er nådd. Det arbeides derfor med ytterligere utslippsreduksjoner etter en tidsplan fastsatt av SFT. Utslippene av klororganiske forbindelser, AOX, er faset ut i løpet av 1993. Hunsfos Fabrikker har i henhold til utslippstillatelse fra SFT utarbeidet en plan for nøytralisering av sure utslipp til Otra. Tiltakene skal være gjennomført innen 31.12.95.



Det er satt i gang arbeider med å legge en avskjærende ledning som vil føre industriavløpsvann fra Hunsfos Fabrikker direkte til fjorden. Tilkopling til ledningen er planlagt sommeren 1995.

#### *Kommunal kloakk*

Bosettingen i den øvre delen av nedbørfeltet utgjør ca. 7 500 personer, vesentlig konsentrert til tettstedene Hovden, Bykle, Valle, Rysstad, Bygland, Byglandsfjord og Evje. Bortsett fra Bygland har disse tettstedene kommunale renseanlegg (Hindar m.fl. 1993). I nedre del av Otra bor det omlag 11 500 personer knyttet til tettstedene Vennesla, Mosby og Strai. De fleste boliger her er tilknyttet offentlig ledningsnett. Hindar m.fl. (1991) gir en oversikt over kommunale kloakkrenseanlegg i Otras midtre og nedre nedbørfelt.

Tilførsel av næringsalter fra husholdningskloakk er nå vesentlig redusert i nedre del av Otra. Saneringsprogrammet for nedre del av Otra ble på det nærmeste avsluttet i 1993. Sanitæranlegget ved Vigeland Metal Refinery A/S og prosessavløpet fra Høie Fabrikker er koplet inn på det kommunale kloakknettet. Avløpet herfra gikk tidligere til Otra via slamavskiller. Sanitærutslippene fra Hunsfos Fabrikker skal etterhvert inn på den kommunale kloakkledningen, og noe av tilknytningen vil skje i 1994. Nitrogenkonsentrasjonene i elva er i liten grad påvirket av husholdningskloakk, men domineres av andre kilder som langtransporterte forurensninger og naturlig arealavrenning.

Den totale forurensningsproduksjonen fra befolkningen i nedre del av Otra (fra Venneslafjorden til Strai) ble i 1982 beregnet til 5 tonn fosfor og 25 tonn nitrogen (Grande et al. 1982). Fram til 1993 er en stadig økende andel av dette tatt hånd om. I løpet av 1993-1994 vil det alt vesentligste av kloakkutslippene fra Vennesla-Mosbyområdet være lagt inn på den kommunale ledningen til Tangen i Kristiansand.

#### *Landbruksavrenning*

Nedenfor Steinsfoss er noe over halvparten av Otras nedbørfeltareal skogdekket. Bare ca. to prosent er dyrket. Jordbruksavrenning fra dette lokalfeltet er en relativt liten kilde til næringsalttilførsler til Otra.

#### *Langtransportert forurenset luft og nedbør*

Gunstige geologiske forhold og relativt liten belastning av forsurende forbindelser med nedbør har ikke ført til alvorlig forsuring øverst i vassdraget (Hindar og Grande 1987). Midtre og nedre deler av nedbørfeltet til Otra ligger i sonen for maksimal belastning av forurenset luft og nedbør. I midtre og nedre deler er berggrunnen tungt nedbrytbar og har liten evne til å nøytralisere sur nedbør. Vassdraget er derfor markert forsuret fra Valle og nedover. Terskelområdene ved Valle har sterkt redusert vannføring pga regulering og er spesielt utsatt for forsuring under nedbørepisoder.

I Otras nedre deler er belastningen av forurenset nedbør størst, men her er nedbørfeltet relativt lite slik at tilførselen til vassdraget blir beskjedne. Et unntak er elvestrekninger med fastsatt minstevannføring pga regulering. Her kan lokal tilrenning forsure vannet slik at det sannsynligvis ikke gir levelige vilkår for fisk. Våtdeposisjonen av sulfat og nitrat er

flere ganger større ved Birkenes enn ved Vatnedalen øverst i Setesdal. Deposisjonen av sulfat har avtatt i løpet av 80-årene, mens nedfallet av nitrogenforbindelser har økt. Nitrogenforbindelser betyr stadig mer for forsureningssituasjonen i Sør-Norge.

#### *Vassdragsreguleringer - innvirkning på resipientforholdene*

Reguleringen av vassdraget påvirker forurensningseffektene ved at vannføringen (fortynningsvolumet) i ulike vassdragsavsnitt endres. Relativt høy minstevannføring (50 m<sup>3</sup>/s) om sommeren reduserer effektene av industriutslippene betydelig i de nedre delene av vassdraget. Økning i minstevannføringen kan bedre situasjonen ytterligere, men ikke løse forurensningsproblemet i nedre Otra. På strekninger med lav minstevannføring, f.eks mellom Kilefjorden og Steinsfoss er resipientkapasiteten betydelig redusert (Hindar 1994).

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

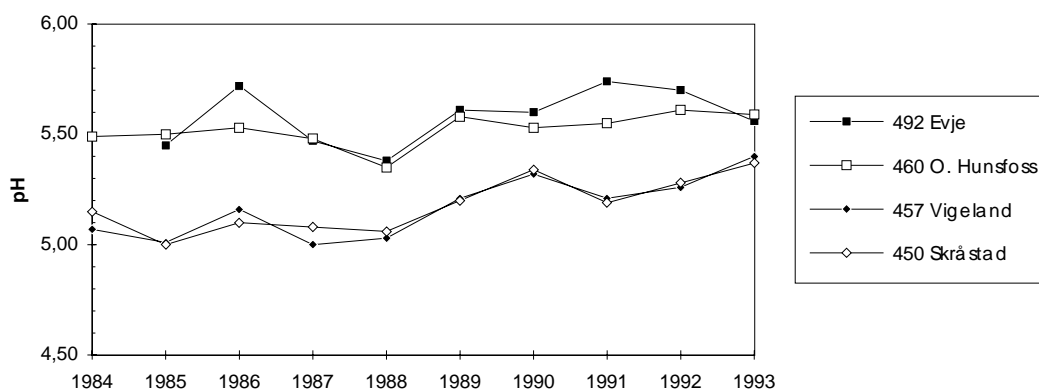
### 4.1. Fysisk/kjemiske forhold

#### *Forsuring.*

Det ble i 1993 målt lavere konsentrasjoner av sulfat enn i 1992 på den øverste stasjonen ved Ose bru (vedlegg 6.3). Nedgangen fra 1992 til 1993 var på rundt 0,6 mg SO<sub>4</sub>/l, fra 2,17 til 1,6 mg SO<sub>4</sub>/l. Sulfatkonsentrasjonen er en indikator på tilførselene av sterke syrer fra langtransporterte forurensninger. På grunn av store årsvariasjoner er det imidlertid vanskelig å si om det er et resultat av en generell nedgang i tilførselen av forsurende stoffer til landsdelen.

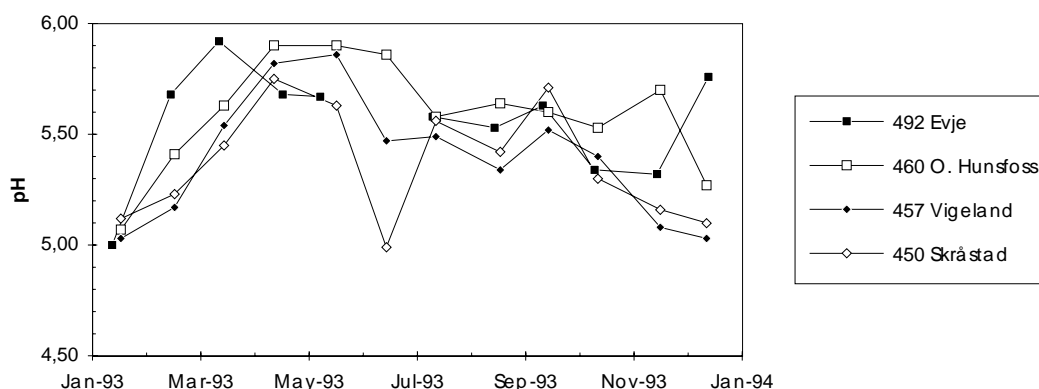
Lengre ned i vassdraget var sulfatkonsentrasjonene i 1993 ikke signifikant forskjellige fra målingene i 1992. Konsentrasjonen økte imidlertid nedover i elva til 2,1 mg/l ved Evje og til 3,3 mg/l ved Skråstad. Økningen mellom Ose bru og Evje skyldes tilrenning fra lokalfeltet omkring Byglandsfjorden, som har det sureste avrenningsvannet i hele Otravassdraget (Traaen og Johannessen 1987). Sulfatøkningen mellom Evje og Skråstad skyldes dels tilførsler fra sure sidevassdrag og dels tilførsler fra industrien nedstrøms Venneslafjorden. En pekepinn på industriens bidrag kan være at det under avviklingen av fellesferien i juli ble målt de laveste konsentrasjonene av sulfat ved Skråstad (2,2 mg/l). Variasjonen i sulfatkonsentrasjonen var også klart større ved Skråstad enn ved stasjonene oppstrøms.

Årsmiddelverdien for pH oppstrøms Hunsfoss har holdt seg relativt konstant siden 1984, rundt 5,5-5,6 (figur 2). Svingningene har vært større ved Evje enn på stasjonen oppstrøms Hunsfoss. På stasjonene nedstrøms industribedriftene har det vært en klar stigning i pH-verdiene siden 1988. I 1993 var middel-pH ved Skråstad 5,37, en stigning på omlag 0,1 pH-enhet sammenlignet med året før. Dette er omlag 0,2 pH-enheter lavere enn verdiene som ble målt på stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1993. Det tilsvarende forholdstallet i 1992 var 0,3 pH-enheter, mens det før 1988 lå omkring 0,5. Tendensen er derfor at det bli mindre avstand mellom pH-verdiene målt oppstrøms og nedstrøms industribedriftene i Vennesla. Dette kan tyde på at syreutslippene fra industrien i Vennesla-området er i ferd med å bli redusert.



*Figur 2. Årsmiddel-pH på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1993.*

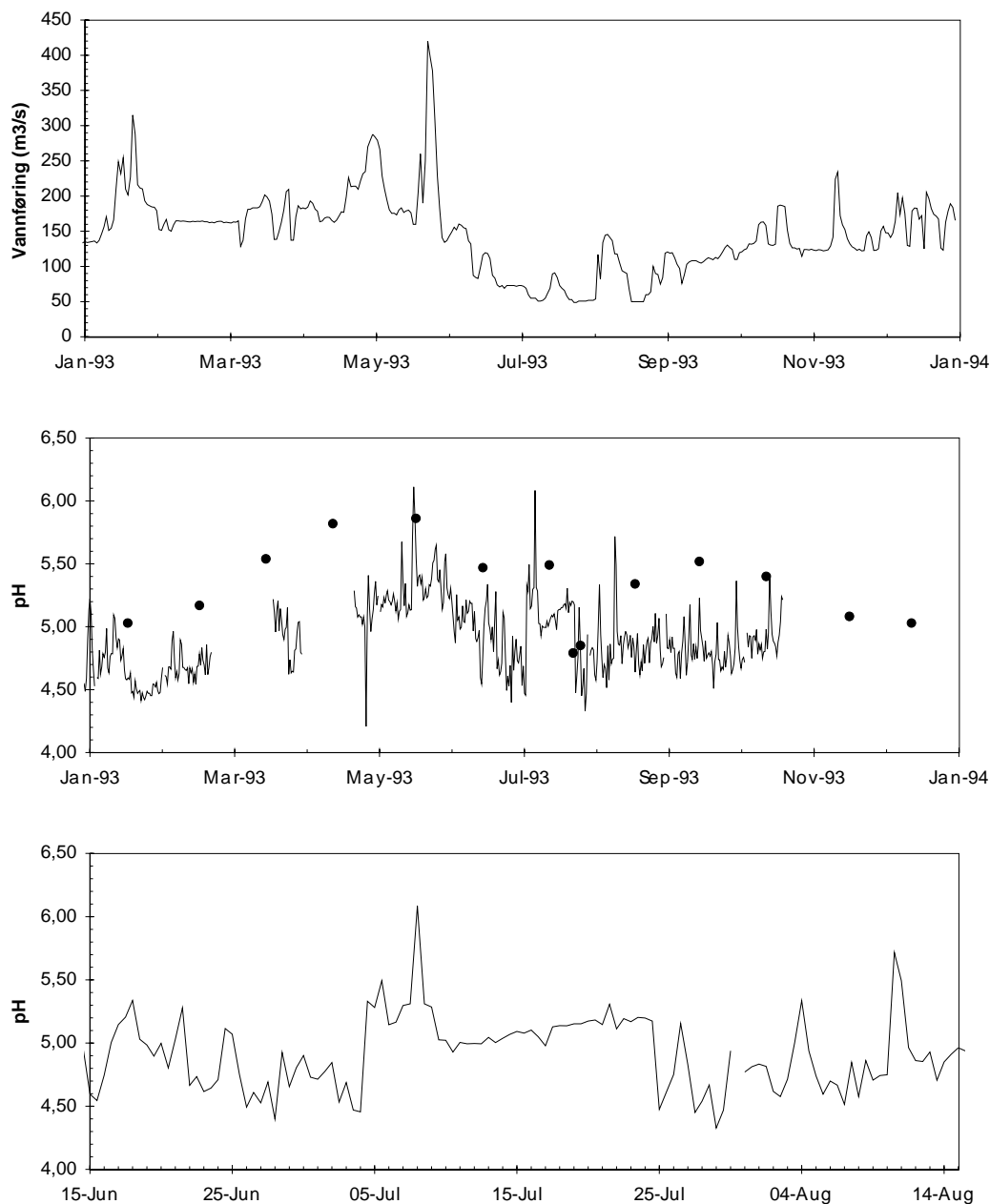
De første månedene i 1993 var preget av svært surt vann på alle stasjoner (figur 3). Dette kan ha sammenheng med en sjøsaltepisode som opptrådte langs kysten av Sørlandet og Vestlandet i januar 1993 (Hindar m.fl. 1993). En kombinasjon av sterk vind og store nedbørmengder førte til at det ble transportert store mengder sjøsalter (NaCl) med nedbøren inn over land. Ionebyttemekanismer i det sure jordsmonnet førte til at natriumdelen av sjøsaltet ble byttet ut med hydrogenioner og aluminiumsioner, slik at en fikk en transport av surt vann med mye aluminium ut i vassdragene. Først i mars måned stabiliserte pH-verdiene i elva seg på et nivå omlag som i 1992.



*Figur 3. pH på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1993.*

Et generelt trekk er at elva blir surere på strekningen mellom stasjonen oppstrøms Hunsfoss og Skråstad. I juni ble det målt svært lave pH-verdier nedstrøms industribedriftene i forhold til stasjonen oppstrøms. På denne tiden var vannet dessuten betydelig surere ved Skråstad enn ved Vigeland. Forskjellen mellom vannkvaliteten på de to nederste stasjonene er vanskelig å forklare, men resultatene fra den kontinuerlige pH-målingen viser at surheten endret seg raskt denne dagen, fra pH 4,88 til 5,20. I løpet av sommeren var det forholdsvis liten pH-forskjell mellom stasjonene. De to siste månedene i 1993 sank imidlertid pH nedstrøms industribedriftene i forhold til stasjonene oppstrøms.

Resultatene fra den kontinuerlige målingen av pH ved Vigeland viser at det er betydelige variasjoner over året (figur 4). Dette er variasjoner som den månedlige prøvetakingen i stor grad ikke gir informasjon om. Målingene i 1993 ser ut til å ligge noe lavt sammenlignet med de manuelle prøvene som er tatt ved Vigeland (punkter på kurven). Dette har sammenheng med en elektrodefeil som ble oppdaget i oktober. Målingene mellom mars og oktober kan derfor være inntil 0,5 pH-enheter lavere enn de reelle verdiene. På tross av dette er de relative variasjonene i pH-verdi reelle. I likhet med i 1992 var det i 1993 store pH-variasjoner over kort tid i vassdraget. pH-verdien kan variere med opptil 1 enhet i løpet av et døgn. Hindar m.fl. (1993) fant at pH-verdiene i oktober og desember 1992 endret seg med over 0,7 pH-enhet på under ett døgn.



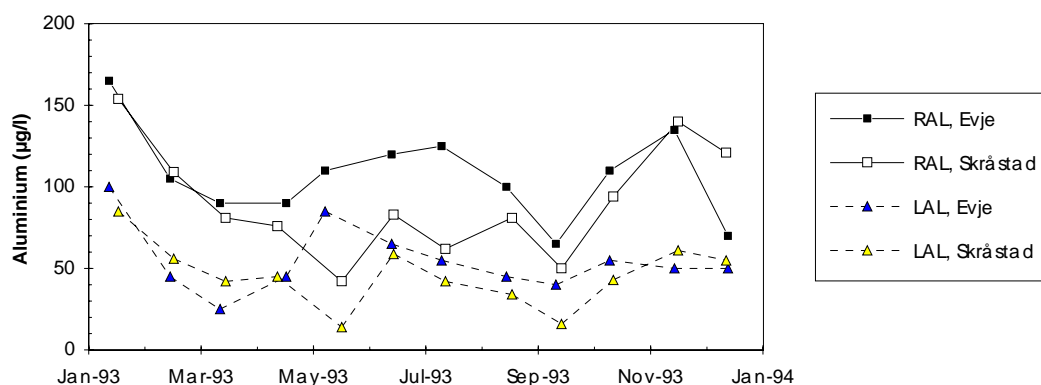
**Figur 4.** Øverst: Vannføring ved NVE's målestasjon ved Vigeland i 1993.  
 Midten: Kontinuerlig måling av pH ved Vigeland 1993 (manuelle målinger inntegnet).  
 Nederst: Kontinuerlig måling av pH sommeren 1993.

I figur 4 er pH-målingene ved Vigeland sammenlignet med vannføringsdata fra samme sted i vassdraget. Under sjøsaltepisoden i januar kan det observeres stor vannføring og lave pH-verdier i elva. Det er ellers dårlig sammenheng mellom vannføring og observerte pH-verdier i vassdraget. Dette har trolig sammenheng med reguleringen av vassdraget og at

det tappes fra reguleringsmagasiner med ulik surhet til ulike tider av året. Vannføringsmønsteret over året er også endret av reguleringene.

Den nederste kurven på figur 4 viser pH-verdiene ved Vigeland mellom 15. juni og 15. august 1993. Figuren illustrerer effekten av fellesferien ved industribedriftene i området på pH-verdiene i elva. Fra omkring den 5. juli øker pH brått med over 0,5 pH-enheter. Vannkvaliteten i elva holder seg stabilt på samme nivå gjennom hele fellesferien til den 25 juli, da pH synker til samme nivå som før fellesferien. Det er i hovedsak syreutslipp fra Hunsfos Fabrikker som bidrar til å forsure elva mellom Venneslafjorden og Vigeland. Bidraget fra Norsk Wallboard ble i 1992 estimert til omlag 3% av de samlede syreutslippene fra de to bedriftene (Hindar m.fl. 1993).

Middelkonsentrasjonen av reaktivt aluminium på stasjonen ved Evje var omlag 20  $\mu\text{g/l}$  høyere i 1993 enn de to foregående år. Årsaken til dette er sannsynligvis sjøsaltepisoden i januar som førte til surt vann og høye aluminiumskonsentrasjoner i vassdraget på begynnelsen av året (figur 5). Også på stasjonen ved Skråstad ble det målt forhøyede konsentrasjoner av aluminium i januar, men relativt lave verdier i løpet av sommeren førte til at årsmiddelverdien ikke ble signifikant høyere enn i 1991 og 1992. Aluminiumskonsentrasjonen ved Skråstad var opp mot 50  $\mu\text{g/l}$  lavere enn ved Evje i sommermånedene. Ellers i året var de to stasjonene relativt like mht aluminiumskonsentrasjon. Dette viser at syretilførselene fra industrien ikke inneholder aluminium på samme måte som avrenning fra forsurede nedbørfelt.



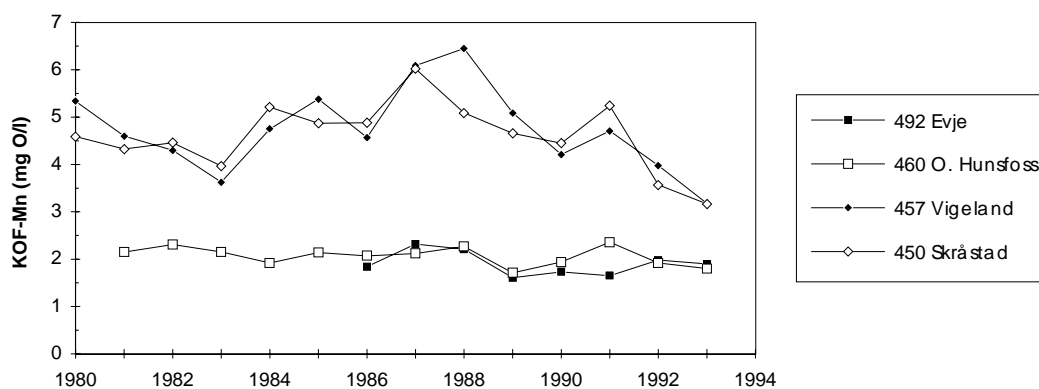
Figur 5. Variasjoner i reaktivt (RAL) og labilt (LAL) aluminium ved Evje og Skråstad i 1993.

Den uorganiske delen av det reaktive aluminiumet kalles labilt aluminium og er regnet som den giftige fraksjonen for fisk. Konsentrasjonen gikk opp mot 100  $\mu\text{g/l}$  i januar 1993, både ved Evje og Skråstad (figur 5). Ellers i 1993 varierte konsentrasjonen av labilt aluminium endel fra prøve til prøve, men lå stort sett under 50  $\mu\text{g/l}$ . Verdiene ved Evje lå generelt noe over det som ble registrert på Skråstad. Konsentrasjonene av labilt aluminium i Otra er generelt noe høyere enn det som er anbefalt for fisk. Ved flommer i de midtre delene av nedbørfeltet (rundt Byglandsfjorden og Evje) er det fare for konsentrasjoner som kan være dødelige for fisk. Nedstrøms Vigeland er vannkvaliteten gjennomgående for dårlig (lav

pH, høy aluminiumskonsentrasjon) til at laks i noe omfang kan reproducere naturlig (Rosseland m.fl. 1986, Jensen og Leivestad 1989, Kroglund m.fl. 1993).

### Organisk stoff

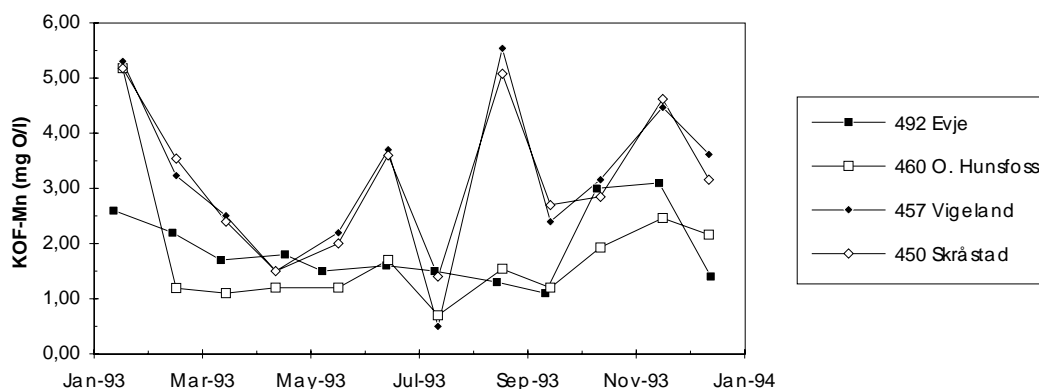
Konsentrasjonen av organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk ( $KOF_{Mn}$ ) har siden begynnelsen av 1980-tallet holdt seg relativt stabilt rundt 2 mg/l på stasjonene oppstrøms Hunsfoss. Denne verdien er tidligere brukt som et omtrentlig mål på den naturlige bakgrunnskonsentrasjonen i vassdraget (Hindar m.fl. 1993). Nedstrøms industribedriftene i Vennesla har konsentrasjonene i det samme tidsrommet ligget betydelig over bakgrunnskonsentrasjonen. De høyeste årsmiddelkonsentrasjonene på 80-tallet ble registrert i 1987 ved Vigeland og i 1988 ved Skråstad (figur 6). Siden 1988 har årsmiddelkonsentrasjonen ved Skråstad avtatt med nesten 50%.



Figur 6. Årsmiddelkonsentrasjoner av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1984-1993.

KOF-konsentrasjonen varierte kraftig i 1993, spesielt ved stasjonene nedstrøms industribedriftene (figur 7). Det største spranget finner en ved Vigeland fra juli til august. Den lave verdien i juli (0,5 mg/l) har trolig sammenheng med avvikling av fellesferie ved industribedriftene. I august var KOF-konsentrasjonen oppe i over 5,5 mg O/l. Maksimal-konsentrasjonene i 1993 var omlag på samme nivå som i 1992.

Middelkonsentrasjonene av KOF ved Vigeland og Skråstad var i 1993 omlag identiske, rundt 3,17-3,18 mg/l. Middelerdiene for 1993 var ikke signifikant forskjellige fra 1992 på de to stasjonene (t-test,  $p=0,05$ ), men det er en tydelig nedadgående trend dersom en ser flere år under ett (figur 6). I tabell 3 er det forsøkt beregnet transport av KOF mellom utløpet av Venneslafjorden og Vigeland ved å veie alle KOF-målingene mot vannføringen den aktuelle dagen. Dersom en trekker transporten ut av Venneslafjorden fra transporten ved Vigeland får en et omtrentlig mål på bidraget fra industribedriftene i området på det tidspunktet prøvene ble tatt.



**Figur 7.** Konsentrasjon av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1993

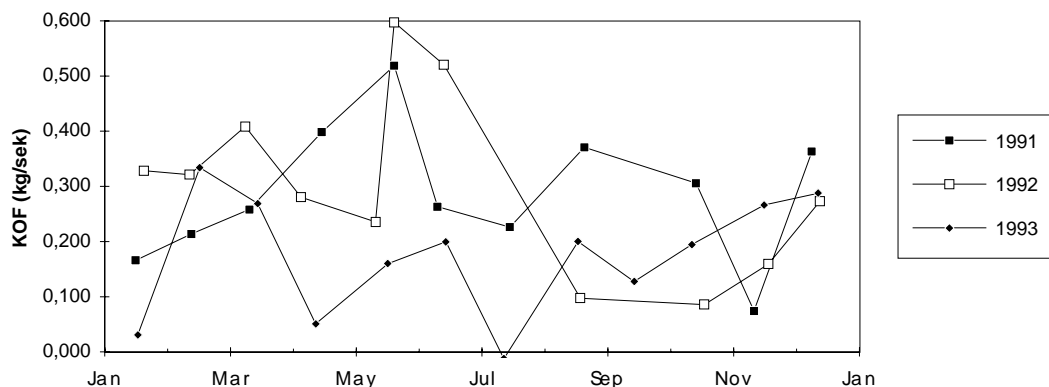
Basert på denne beregningsmåten var KOF-bidraget fra industrien signifikant lavere i 1993 sammenlignet med i 1992 (t-test,  $p=0,05$ ). Det ble imidlertid ikke målt KOF ved Vigeland under fellesferien i juli 1992, og dersom en trekker ut juli-prøven fra 1993 er avtaket mindre signifikant. Figur 8 kan illustrere den store variasjonen i industriens bidrag KOF-transporten i vassdraget i perioden 1991-1993.

**Tabell 3.** Transport av KOF oppstrøms Hunsfoss og ved Vigeland. Vannføringsmålinger fra Vigeland er benyttet til beregninger.

	1991	1992	1993
KOF-konsentrasjon, Oppstr. Hunsfoss ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	2,30	1,86	1,80
KOF-konsentrasjon, Vigeland ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	4,71	3,98	3,18
Middelvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	140,0	145,3	145,5
KOF-transport, Oppstr. Hunsfoss ( $\text{kg}/\text{s}$ )	0,281	0,270	0,300
KOF-transport, Vigeland ( $\text{kg}/\text{s}$ )	0,568	0,571	0,475
Bidrag fra industri ( $\text{kg}/\text{s}$ )	0,287	0,301	0,176
Estimert årsbidrag (tonn/år) *	9055	9483	5540

\* Beregningene er svært usikre på grunn av få prøver og stor varians i datamaterialet (se figur 8).

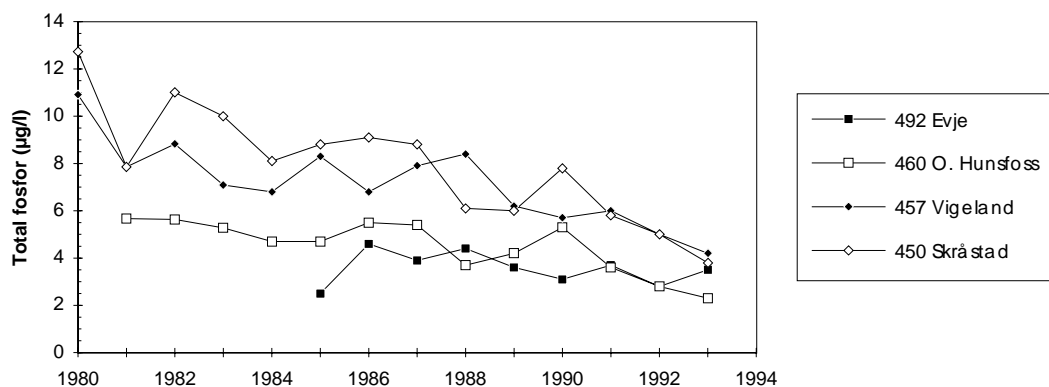




**Figur 8.** Estimert KOF-bidrag fra industrien mellom utløpet av Venneslaffjorden og Vigeland. Basert på KOF-konsentrasjon i vannprøver og vannføringsdata fra NVEs målestasjon ved Vigeland (se også tabell 3).

### Næringssalter

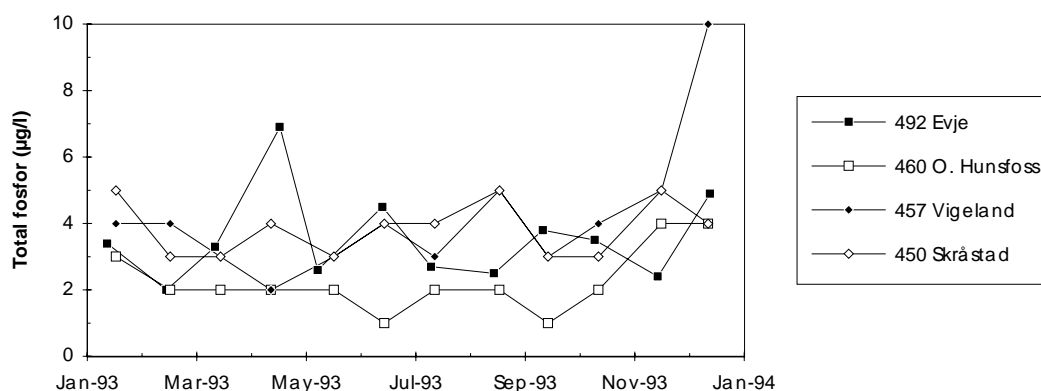
Ved Evje har årsmiddelkonsentrasjonen av totalfosfor vært relativt stabil siden 1986 (figur 9). Ved de øvrige stasjonene nedstrøms har det gjennomgående vært en nedgang i fosforkonsentrasjonen siden begynnelsen av 1980-tallet. Avtaket ved de tre nederste stasjonene har vært spesielt tydelig de tre siste årene, noe som har sammenheng med saneringstiltak og bygging av rensesanlegg for kommunal kloakk. Etterhvert som også industribedriftene har koplet sanitærutslippene sine til den kommunale kloakkledningen, minker også den innbyrdes forskjellen mellom de tre nederste stasjonene mhp. fosforkonsentrasjon. Det er tidligere antatt at den naturlige bakgrunnsverdien for totalfosfor i elva ligger rundt  $3 \mu\text{g/l}$  (Hindar m.fl. 1993). Konsentrasjonen oppstrøms Hunsfoss lå i 1993 på  $2,3 \mu\text{g/l}$  i årsmiddel, mens Vigeland og Skråstad hadde henholdsvis  $4,2$  og  $3,8 \mu\text{g/l}$ . I forhold til 1992 er årsmiddelkonsentrasjonen ved disse stasjonene redusert med omlag  $1 \mu\text{g/l}$ .



**Figur 9.** Årsmiddel-konsentrasjoner av total fosfor på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1984-1993.

I 1993 var variasjonen i fosforkonsentrasjon størst ved Evje og ved Vigeland (figur 10). En stor del av variasjonen ved Evje kan skyldes vannføringsforhold, dvs. at det i perioder med lite vann ut av Byglandsfjorden vil være nedsatt resipientkapasitet i Otra. Et annet forhold er at det kun måles på totalfraksjoner av fosfor, slik at variasjoner i mengden av tilgjengelig fosfor er ukjent. Det er tidligere kjent at det i perioder med mye nedbør eller mye humus i vannet kan forekomme forhøyede konsentrasjoner av fosfor som er bundet til partikler eller organisk materiale.

Den høye fosforkonsentrasjonen ved Vigeland i desember er vanskeligere å forklare med vannføringsforhold i elva, da en minstevannføring på 50 m<sup>3</sup>/s bør sikre en relativt god resipientkapasitet i elva. Overløp fra kloakkledningsnett eller utslipp fra industrien i området kan være en mulig forklaring på de høye fosforkonsentrasjonen i desemberprøven. Det er som tidligere nevnt ikke mulig å fastslå hvor stor del av fosforet som var tilgjengelig for plantevekst på denne tiden.

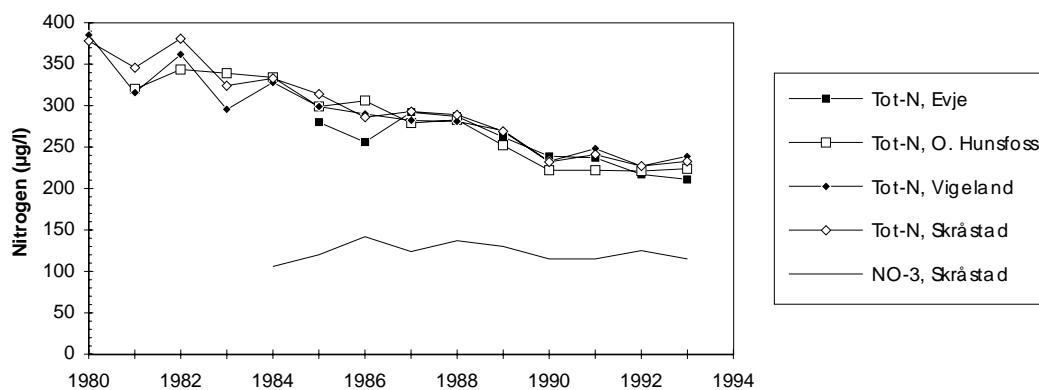


*Figur 10. Konsentrasjon av total fosfor på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i 1993.*

Tilførsler av nitrogen via langtransportert forurenset luft og nedbør har ført til av nitratkonsentrasjonen i Sørlandelvene er høyere enn naturlig (SFT 1993). I områder som er lite påvirket av lokale menneskeskapt nitrogenkilder kan dette bidraget ha stor relativ betydning for den totale nitrogenkonsentrasjonen i vassdragene. Konsentrasjonen av nitrat har holdt seg på samme høye nivå i Sørlandsvassdragene de siste ti årene (SFT 1993). Dette har også vært tilfelle i Otra. Figur 11 viser nitratkonsentrasjonen ved Skråstad i perioden 1984-1993. Samme figur viser imidlertid at konsentrasjonen av total-nitrogen har avtatt ved alle stasjoner siden 1980. Avtaket var størst fram til 1990, og siden har kurven flatet noe ut.

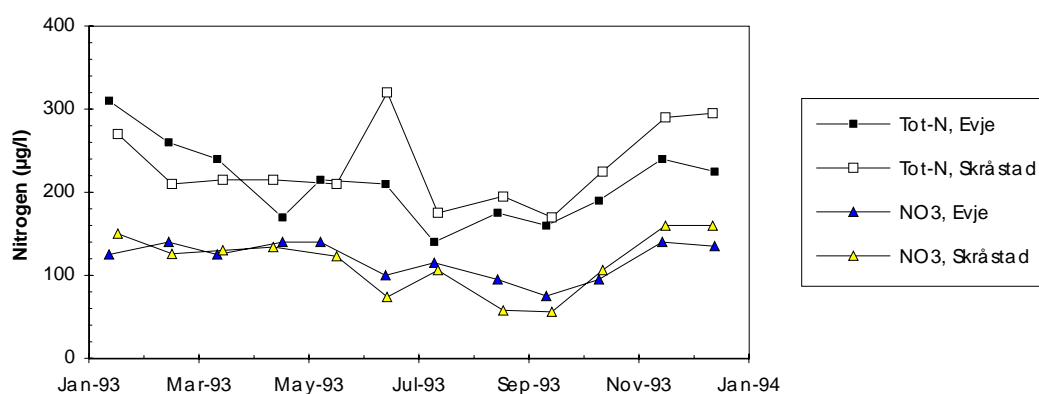
Konsentrasjonen av total nitrogen har vært relativt lik på alle stasjonene nedstrøms Byglandsfjorden i den undersøkte perioden. Dette viser at lokale kilder nedover langs elva som landbruk, boligkloakk og industri har relativt liten innvirkning på nitrogenkonsentrasjonen i hovedvassdraget. Den store vannføringen sammen med retensjon

(tilbakeholdelse) av næringssalter nedover i vassdraget fører til at konsentrasjonen forandres lite, selv om det er en viss nitrogentilførsel fra kildene nevnt ovenfor.



*Figur 11.* Årsmiddelkonsentrasjon av total nitrogen på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1984-1993. Middelkonsentrasjonen av nitrat er vist for stasjonen Skråstad

Total nitrogen består av både organiske og uorganiske forbindelser, enten bundet til partikler eller løst i vannet. Nitrat og ammonium utgjør den løste uorganiske delen av nitrogenet. Figur 11 viser at en stor del av totalnitrogenet ved Skråstad må bestå av andre nitrogenforbindelser enn nitrat. Dette kan derfor være ammonium, partikulært nitrogen eller nitrogen som er bundet til organiske stoffer som finnes oppløst eller svevende i vannet. Opprinnelsen til dette bundne nitrogenet kan være erosjonsmateriale fra land, plante- og dyrerester eller partikler fra sprengningsarbeider i de øvre delene av vassdraget. Nitrogentilførsler fra sprengstein i forbindelse med anleggsarbeider i Øvre Otra er tidligere omtalt av Lande (1986) og Hindar og Grande (1987).



*Figur 12.* Konsentrasjoner av total nitrogen ved Evje og Skråstad i 1993.

Avtaket av totalnitrogen i vassdraget på 80-tallet kan ha sammenheng med anleggsarbeidene tidlig på 80-tallet og at Byglandsfjorden gradvis har kommet i likevekt etter dette. Økt retensjon (biologisk opptak, sedimentasjon) av næringsalter i innsjøer og elveavsnitt i den øvre delen av Otra er andre mulige forklaringer på avtaket av totalnitrogen i vassdraget gjennom 80-tallet. Den store bestanden av krypsiv i deler av vassdraget kan f.eks. bidra til større biologisk opptak av næringsalter enn tidligere. Figur 12 viser at konsentrasjonen av både nitrat og totalnitrogen er høyest i vinterhalvåret og lavest i sommerhalvåret. Denne sesongvariasjonen har trolig sammenheng med at næringsalter tas opp av vannlevende organismer og terrestriske vegetasjonssystemer i produksjonssesongen.

#### 4.2. Bunndyr

Bunndyr er en gruppe organismer som omfatter arter med svært forskjellige egenskaper. Det finnes ekstreme rentvannsarter og det er arter som er meget tolerante overfor forurensninger. Dette er en nødvendig forutsetning for å kunne bruke dem i overvåkning og klassifisering av forurensede resipienter. Bunndyrsamfunnene er viktige for omsetningen av organisk materiale i vassdragene og derved for vassdragenes selvrensningsevne. Bunndyrene har også en viktig funksjon som næring for fisken i vassdragene.

Sammensetningen av et dyresamfunn på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange populasjonene i et samfunn har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil også bunndyrsamfunnet endres. Ved å analysere bunndyrsamfunnets sammensetning vil det derfor være mulig å få fram informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten (Aanes og Bækken 1989). Bunndyrene gir gjennom sitt livsløp et integrert bilde av forholdene, altså summen av alle miljøfaktorene som påvirker vannkvaliteten på prøvetakingsstedet i vassdraget over lengre tid.

Oversikt over metoder og prøvetakingssteder er gitt i avsnitt 2.3.

##### *Oppstrøms Hunsfoss*

Oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende bunndyrgruppen i materialet i undersøkelsesperioden (tabell 4). Andre vanlige grupper var børstemarker, vannmidd, steinfluer, vårfluer og rundmarker. I materialet fra 1992 manglet larver av døgn- og steinfluer. I materialet fra 1993 var disse gruppene kommet tilbake i bunnfaunaen på stasjonen oppstrøms Hunsfoss med en tallrik populasjon av steinfluen *Leuctra fusca*. Disse gruppene er tidligere registrert ved sommerprøvetakingen (tabell 4), men bare i små mengder. Antall individer i de enkelte bunndyrgruppene varierer noe fra år til år, men variasjonene ligger innenfor naturlige populasjonssvingninger. Vurderer man materialet i forhold til tidligere år (1983-86) var mengdene og fordelingen av gruppene i bunnfaunaen stort sett i samme størrelsesområde som tidligere (Hindar og Grande 1987).

Døgnfluefaunaen besto i perioden 1987-1991 utelukkende av arten *Leptophlebia vespertina* (tabell 5). At denne arten var borte fra materialet 1992 kan være knyttet til



nedstrøms innsjøer. Den er også en av de få døgnflueartene som er meget tolerant overfor surt vann (Bækken og Aanes 1990). I forsurede elver ser en ofte at mengden av Leptophlebia vespertina øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner.

Blant steinflueartene var Leuctra fusca den vanligste (tabell 5). Arten var tilstede i bunndyrmaterialet fra 1991, men ikke i 1992, og er nå ved prøvetakingen i 1993 tilbake i bunndyrsamfunnet. Denne arten er tolerant overfor forsuring. Ellers ble det registrert en ny steinflue art på denne st. i materialet fra 1993, nemlig Taeniopteryx nebulosa. Den tredje registrerte steinfluearten er Siponoperla burmeisteri. Den ble bare funnet i 1990. Arten er forholdsvis forsuringstolerant.

Vårfluefaunaen besto av arter som alle har toleranse overfor surt vann. Med unntak av Oxyethira sp. som ble funnet i materialet fra årene 1987 og 1989 er alle de registrerte artene nettspinnende. De lager nett som filtrerer næringspartikler ut av vannmassene. Artene er spesielt vanlige ved utløp av innsjøer der de filtrer partikler som driver ut av sjøen. I 1991 ble det registrert en ny vårflueart i materialet, nemlig Neuroclipsis bimaculata. Denne ble sammen med Plectrocnemia conspersa og Polycentropus flavomaculatus funnet i materialet fra 1993.

Samlet sett er bunndyrsamfunnet ved denne stasjonen typisk for utløpet av en innsjø, samtidig som materialet beskriver et bunndyrsamfunn som viser at vassdraget er forsuringsskadet.

#### *Nedstrøms Vigeland*

Ved undersøkelsen i 1975 (Laake 1976) fant vi at det fra perioden 1960-1961 hadde skjedd en forandring i bunndyrsamfunnet nedstrøms Hunsfoss i retning av økt dominans av børstemark (Oligochaetae). Tidligere var fjærmygglarver (Chironomidae) det mest typiske faunaelement. Døgnfluer var også til stede tidligere, men ble overhodet ikke påvist i perioden 1983-1986, eller i perioden 1987-1993.

Nedstrøms Vigeland var den totale mengden bunndyr i perioden 1987-93 stort sett den samme som oppstrøms Hunsfoss. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet var imidlertid forskjellig. Børstemark utgjorde en betydelig andel av faunaen nedstrøms Vigeland (tabell 4). I 1989 var børstemark den klart dominerende bunndyrgruppen. Dette er en sterk indikasjon på organiske forurensninger i resipienten. Tilsvarende forhold ble også registrert i perioden 1983-86 (Hindar og Grande 1987). I perioden 1987-1992 har den andre store gruppen, nemlig fjærmygglarver, stor tetthet. I 1991 utgjorde denne dyregruppen 72% av hele bunndyrsamfunnet på denne stasjonen mens tilsvarende forhold i 1993 var 53%. Tilsvarende var børstemarkenes prosentvise andel av bunndyrsamfunnet på denne stasjonen i 1993 23%. Dominansen av disse to dyregruppene ser ut til å ha minket i denne tidsperioden fra 93 % i 1991 til 75 % i 1993.

Hverken døgnfluer eller vårfluer er tidligere registrert på stasjonen nedstrøms Vigeland. Steinfluer er bare sporadisk funnet i materialet fra denne stasjonen (tabell 5). I 1993 finner vi både steinfluer med arten Leuctra fusca og vårfluer med artene Polycentropus

flavomaculatus og ubestemte Limnephilidae representert i materialet (tabell 5). Den reduserte rentvanns-bunnfaunaen som registreres på stasjonen nedstrøms Vigeland er samlet sett et resultat av den organiske belastningen i elva fra aktivitetene oppstrøms Vigeland. Lav pH har også en begrensende effekt på bunnfaunaen i denne delen av vassdraget. At vi nå i materialet ser en noe større variasjon i bunnfaunaen, sammen med en økende dominans av fjærmygglarver i forhold til børstemark kan tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i den siste del undersøkelsesperioden (tabell 4 og 5).

Ved tilførsler av organisk stoff til en resipient vil bunndyrsamfunnets respons være avhengig av den mengden som tilføres, typen av stoff og hvilke egenskaper det har. Lett nedbrytbare stoffer vil føre til rask vekst av mikroorganismer med stort forbruk av oksygen. Særlig i sakteflytende elver vil dette medføre oksygenmangel og totalt endre faunaen. Tungt nedbrytbare stoffer vil også gi grobunn for mikroorganismer, men i mye mindre grad. I det fiberrike bunnsusstratet nedstrøms Vigeland vises dette ved en tett bestand av soppen Fusarium sp. Tilførsler av organiske stoffer vil også medføre økt partikkelinnhold og en tilslamming av bunnsusstratet. Tilslammingen medfører at små hulrom mellom steiner, grus og sand tettes til. Dette er viktige tilholdssteder for den vanlige bunnfaunaen i elvene. Også den delen av faunaen som lever dypere nede i bunnsusstratet vil bli vesentlig redusert.

De endrede forholdene som følger av forurensningene reduserer den normale bunnfaunaen, men kan favorisere enkelte andre arter/grupper. Dette vil i særlig grad være arter/grupper som kan nyttiggjøre seg det organiske slammet med mikroorganismer som næring og skjul og samtidig tåle redusert oksygeninnhold i vannet. Børstemark er en gruppe som kan blomstre opp under slike forhold, men også enkelte arter av fjærmygg vil favoriseres. Noen arter av steinfluer, døgnfluer og vårfluer kan også tolerere en viss grad av organisk forurensning, men de fleste forsvinner. Ved stasjonen nedstrøms Vigeland, synes bunndyrsamfunnets sammensetning først og fremst å være et resultat av organisk forurensning. Bunndyrsamfunnet er imidlertid i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forurensningen i vassdraget.

Ved undersøkelser i 1988 (Brabrand 1989) ble det ikke påvist laks- eller aureunger på denne strekningen i Otra. Det er derfor ubetydelig beitetrykk på bunndyrene her. Den relativt rike forekomsten av bl.a. fjærmygglarver nedenfor industribedriftene i Vennesla tyder på at det burde være tilstrekkelig næring for produksjon av noe laksefisk i området. Det gjelder iallfall deler av året. Den raske veksten vi registrerte av utsatt bekkerye tidlig på 1980-tallet (Boman og Grande 1985) tyder på dette.

#### *Materiale som ikke er bearbeidet*

I tillegg til det materiale som er beskrevet og vurdert i denne rapporten er det også innsamlet et tilsvarende materiale i juli fra to stasjoner lengre nede i Otra nemlig ved Haus og mellom Tunga og Skråstad. Det er også om våren i årene 1991, 1992 og 1993 hentet inn et materiale fra bunndyrsamfunnene i vassdraget som beskriver vannkvaliteten på disse 4 stasjonene i Otra. Dette er gjort fordi våren er et viktig prøvetakingstidspunkt både ut fra

vannkvalitets vurderingshensyn (beskriver vintersituasjonen) og fordi bunndyrssamfunnet da normalt har sin største variasjon og mangfold.

Ved innsamlingen av bunndyrprøver fra bunndyrssamfunnet i Otra våren 1991, 1992 og 1993 er det i tillegg til den tradisjonelle innsamlingsmetoden også brukt en kvantitativ innsamlingsmetode på de 4 st. som er nevnt ovenfor. Prøvetakeren som er brukt er en NIVA - modifisert Surber - prøvetaker, maskevidden har vært 250µm. Det er hentet inn 5 prøver pr stasjon. Dette siste materiale er spesielt verdifullt da det tallmessig gir med relativt stor nøyaktighet et bilde av bunnfaunaen uttrykt som antall dyr pr. kvadratmeter elvebunn samt forholdet mellom de forskjellige dyregruppene og artene på prøvetakingslokaliteten. Materialet som er samlet inn på en slik måte har en bedre utsagnskraft enn de mere kvalitative metodene som brukes, men er mere ressurskrevende både i felt og senere ved bearbeidelsen av materialet.

Bunndyrmaterialet som er hentet inn om våren i Otra er arkivert på NIVA, og bør bearbeides for å få en status av vassdragstilstanden før større tiltak settes i verk for å redusere forurensingstilførslene til vassdraget. Dette fordi en da vil ha en mulighet til mere eksakt å kunne dokumentere bedringen i vannkvalitet i en kost - nytte vurdering. En vil da få frem et mål for størrelsen på en slik bedring i vannkvaliteten, og hvor langt nedover / utstrekningen av en slik bedring i vassdragstilstanden har hatt en effekt. Videre vil en få frem data om det nedstrøms Venneslafjorden er andre utslipp i Otra som hittil har vært dekket av de store forurensingstilførslene vi idag har oppstrøms Vigeland, noe som gir oss et bedre og mere helhetlig bilde av vassdragstilstanden. Samtidig gir dette materialet viktig informasjon om næringsdyrene og næringsgrunnlaget for fisken i vassdraget.

#### 4.3. Begroing.

Begroing er en fellesbetegnelse for organismesamfunn festet til elvebunnen eller annet substrat- eller med naturlig tilholdssted nær elvebunnen, f.eks. blant andre begroingsorganismer.

Funksjonelt er det tre ulike typer begroing:

Primærprodusenter:	Alger Moser (Høyere planter regnes ikke med)
Nedbrytere:	Bakterier Sopp
Konsumenter:	Enkle fastsittende grupper, f.eks. ciliater, fargeløse flagellater, svamp.

I lite til moderat forurensningsbelastet vann dominerer *primærprodusentene*. Mineralske salter er viktigste næringskilde for primærprodusentene som øker i mengde ved økt tilførsel av næringssalter. Ved økt tilførsel av løst, lett nedbrytbart organisk stoff øker mengden av *nedbrytere*. Partikulært organisk stoff medfører oftest økt forekomst av *konsumenter*. I norske elver utgjør vanligvis primærprodusentene det meste av



begroingsssamfunnet. Kun i betydelig forurensede elver dominerer nedbrytere og konsumenter.

På grunn av raske vekslinger i miljøforholdene kan det være vanskelig å få et godt bilde av tilstanden i rennende vann. Fysisk/kjemiske målinger gir bare et øyeblikksbilde og det kreves hyppige målinger for å få et representativt bilde av vannkvaliteten. *Begroingssamfunnet derimot vil, ved å være bundet til et voksested, avspeile miljøfaktorene på voksestedet og integrere denne påvirkningen over tid.*

Resultatene av begroingsobservasjonene i 1993 er vist i vedlegg 6.4. Analyseresultatene av kiselalgeprøvene er vist i vedlegg 6.5. Begroingsobservasjonene i 1993 ga i hovedtrekk samme resultat som i 1992 (Hindar et al. 1993). Det var store forskjeller mellom stasjonene hva gjelder begroingssamfunnets arts sammensetning, mangfold og de ulike komponentenes mengdemessige betydning.

*Artssammensetning og mengdemessig forekomst av noen viktige organismer.*

Begroingssamfunnet i Otra nedstrøms Venneslafjorden kan grovt sett deles i to:

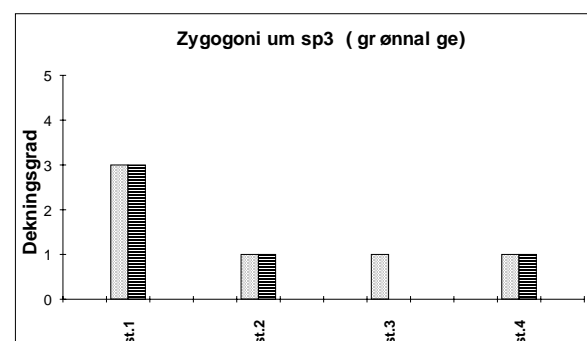
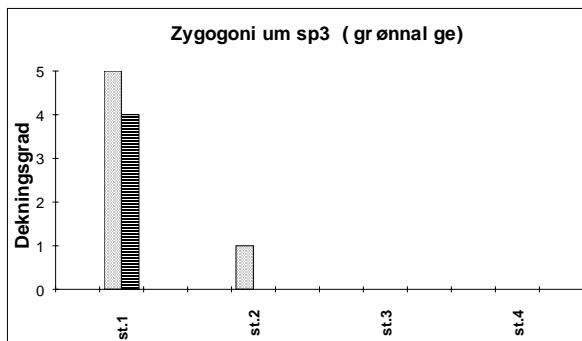
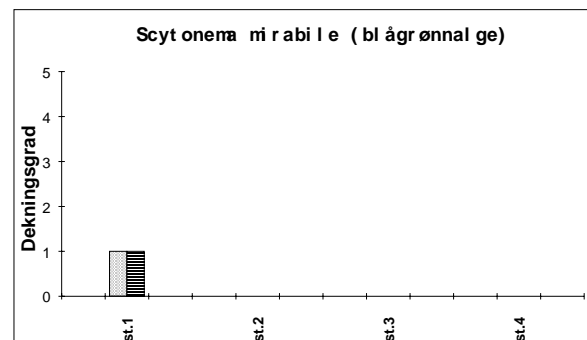
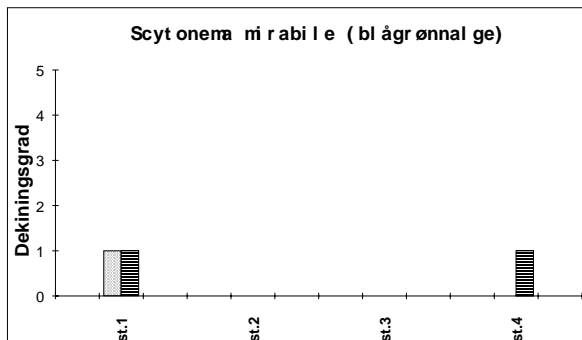
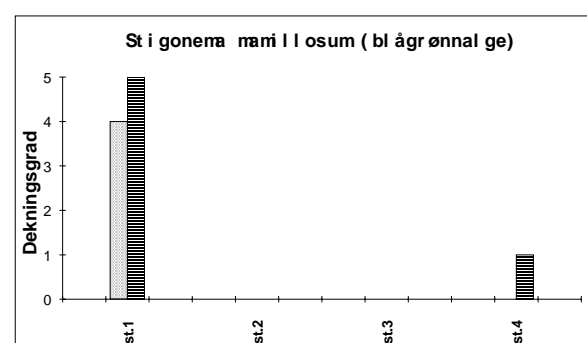
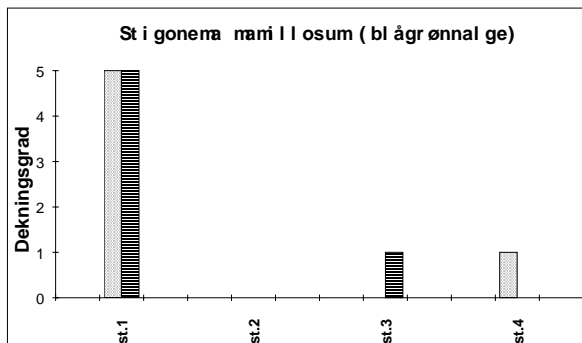
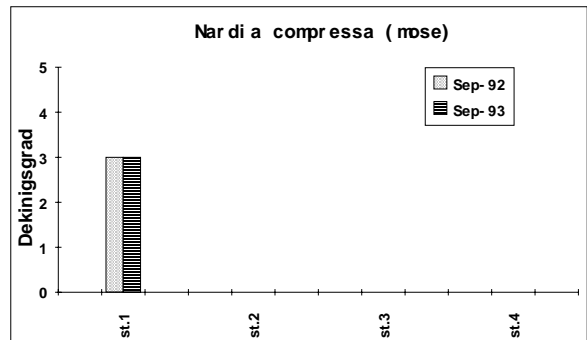
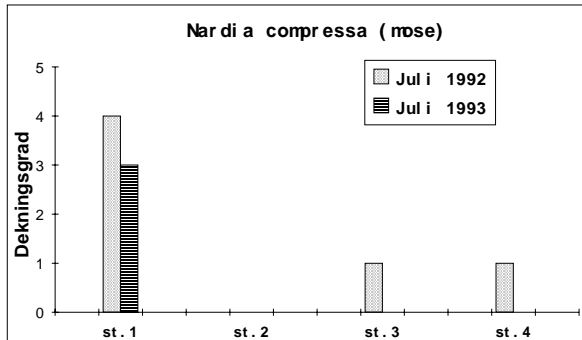
- \* St.1 (utløp Venneslafjorden)
- \* St.2, 3 og 4 (alle nedstrøms Vigeland).

Begroingssamfunnet i utløpet av Venneslafjorden i 1993 var i store trekk det samme som i 1992. Det var preget av blågrønnalger, trådformede grønnalger og moser. Noen få arter hadde stor forekomst; disse trives i surt næringsfattig vann. Organismer som trives i denne type vannkvalitet ser ut til å forsvinne fra vassdraget nedstrøms Vigeland. Figur 13 viser noen vanlige arter som hadde denne utbredelsen i vassdraget. Blågrønnalgen *Stigonema mamillosum* og den trådformede forsuringsbegunstigede grønnalgen *Zygonium* sp3 (17-19u) dekket sammen med mosen *Nardia compressa*, store deler av elveleiet i utløpet av Venneslafjorden. *Zygonium* sp3 dannet som i 1992 et rødlig "slør" over den øvrige begroingen. I likhet med de øvrige organismene som er framstilt i figur 13, forsvant blågrønnalgen *Scytonema mirabile* mer eller mindre fra vassdraget nedstrøms Vigeland.

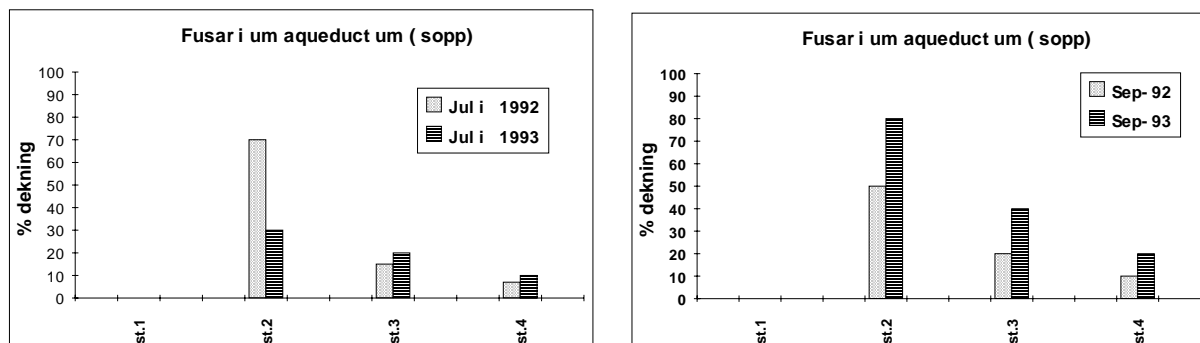
Nedstrøms Vigeland hadde nedbrytere stor forekomst både i 1992 og 1993. Størst forekomst hadde soppen *Fusarium aquaeductum*, figur 14. Denne har hatt stor forekomst i denne del av vassdraget i mange år (Wright et al. 1983). Forekomsten kan variere i løpet av året. Det skyldes at *Fusarium* er avhengig av jevn tilgang på lett nedbrytbart organisk stoff. Midlertidig reduksjon/stans i utslippene av organisk stoff vil raskt merkes på redusert forekomst av *Fusarium*. I juli 1993 var eksempelvis forekomsten forholdsvis liten. Elveleiet hadde imidlertid et markert belegg av fibre og sopprester som tilsier at forekomsten hadde vært større tidligere på sommeren. I september 1993 var *Fusarium* igjen "frisk og sunn" og dekket det meste av elveleiet nedstrøms Vigeland. Dessuten, i motsetning til i 1992, var den makroskopisk synlig helt ned til st.4, Skråstad. Det tilsier at tilførselen av lett nedbrytbart organisk stoff på dette tidspunkt var betydelig.

I 1992 hadde grønnalgen *Hormidiopsis* sp. stor forekomst sammen med kiselalgen *Eunotia pectinalis* (se nedenfor om kiselalger). I 1993 ble *Hormidiopsis* knapt registrert. Det skyldes trolig at den har kort vekstperiode og bare opptrer i vassdraget i en kort periode.

Små forskyvninger i observasjonstidspunkt/utviklingsstadium kan derfor resultere i at *Hormidiopsis* ikke blir observert.



Figur 13. Dekningsgrad av en mose og tre alger i Otra i 1992 og 1993. Juli (venstre) - September (høyre).



Figur 14. Prosent av elveleiet dekket av soppen *Fusarium aquaeductum* i Otra.

### Kiselalgesamfunnet

Resultatene av kiselalgeanalysene er gitt i vedlegg 6.5. På alle undersøkte lokaliteter hadde kiselalgesamfunnet liten forekomst og var artsfattig. Det er vanlig i sure, elektrolyttfattede vannforekomster. Representanter for slekten *Eunotia* hadde størst forekomst sammen med *Tabellaria flocculosa*. Bortsett fra økt forekomst av to *Eunotia*-arter og redusert artsmangfold nedstrøms Vigeland, ble det ikke registrert systematiske endringer i kiselalgesamfunnet på den undersøkte elvestrekningen.

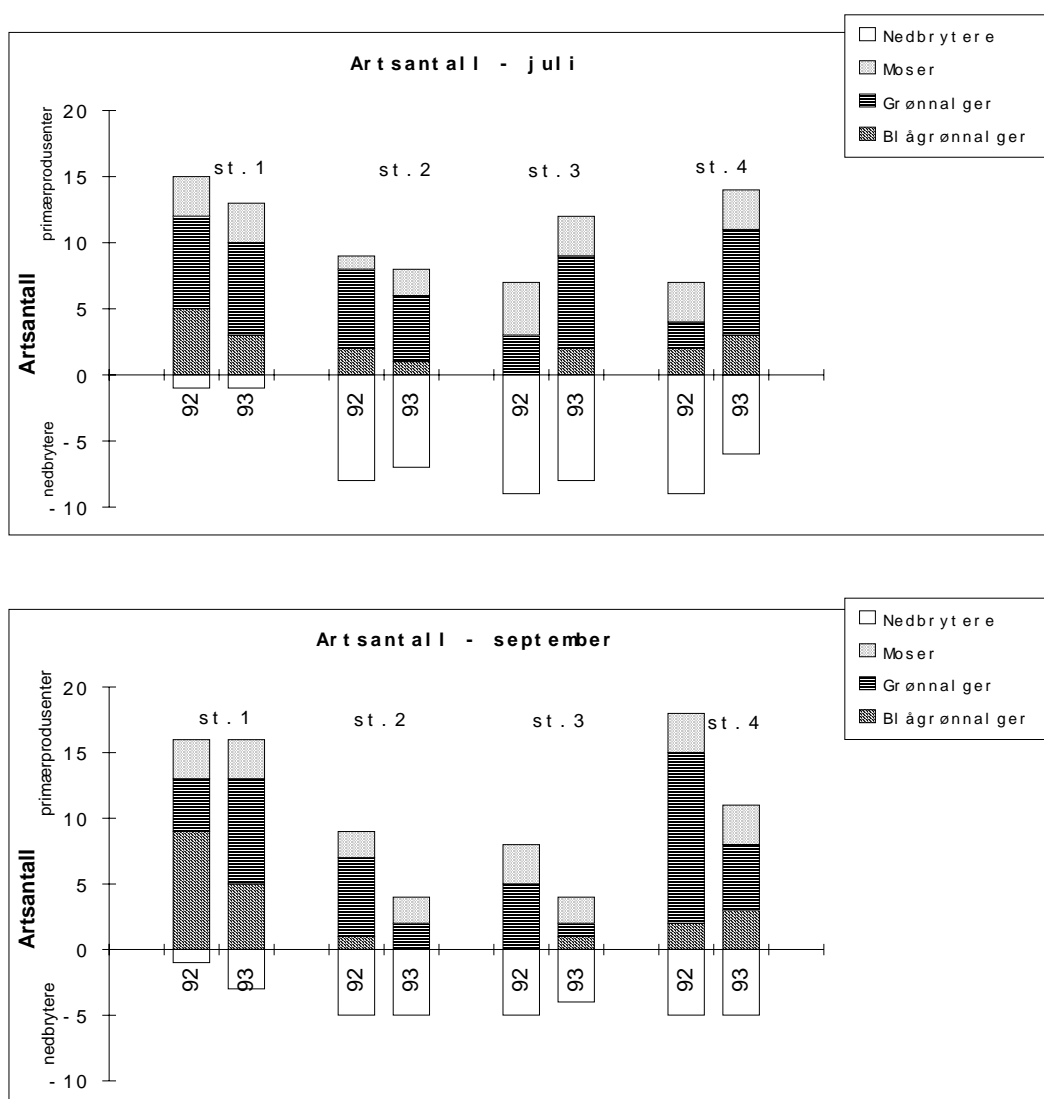
I 1992 hadde kiselalgen *Eunotia pectinalis* stor forekomst nedstrøms Vigeland. *Eunotia* ble også registrert i 1993, men forekomsten var betydelig mindre. Om dette skyldes reelle endringer i vannkvalitet, eksempelvis i vannets surhetsgrad, eller variasjoner i løpet av vekstperioden er vanskelig å si. *Eunotia pectinalis* hører ikke med til gruppen av organismer som får stor forekomst når nøytrale til svakt sure vassdrag tilføres generelle forurensninger.

### Artsmangfold av primærprodusenter og nedbrytere/konsumenter.

Figur 15 viser artsantall av primærprodusenter i 1992 og 1993 (bare blågrønnalger, grønnalger, moser og nedbrytere/konsumenter er vist i figuren). Det var noe forskjell på prøver samlet på samme tidspunkt i 1992 og 1993. Forskjellen er ikke større enn man kan vente i et vassdrag med såvidt store variasjoner i vannføring og utslipp fra industri i området. Begreingssamfunnet endres fra vesentlig å bestå av primærprodusenter ved utløpet av Venneslafjorden (st.1) til å preges av nedbrytere nedstrøms Vigeland (st.2). Antall primærprodusenter reduseres også, men endringen er ikke like påfallende, det skjer forøvrig en viss økning i antall primærprodusenter ved Skråstad (st.4).

### Mengdemessig forekomst

Til tross for at forurensningen oppstrøms Vigeland er liten/moderat, bidrar reguleringen av elva til en fysisk stabilisering av vassdraget. Derved legges forholdene tilrette for etablering av langsomtvoksende og flerårige organismer, i tillegg til de hurtigvoksende. Den sure vannkvaliteten bidrar dessuten til at omsetningen av biologisk materiale går langsomt. Totalt foregår det en akkumulering av krypsiv, moser og alger som gjør elva overgrodd og lite tiltalende å se på. Regulering med stabiliserte fysiske forhold samt forsurening bidrar også nedstrøms Vigeland til stor vekst av krypsiv, alger og moser. I tillegg kommer den organiske belastningen som bidrar til at innslaget av nedbrytere er betydelig.



**Figur 15.** Artsantall av blågrønnalger, grønnalger og moser i Otra. Juli (øverst) - September (nederst).

## 5. REFERANSER

- Aanes, K.J. og Bækken, T. (1989). Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 1. Generell del. SFT/NIVA-rapport 2278.
- Boman, E. og Grande, M. (1985). Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Brabrand, Å. (1989). Fiskeribiologiske undersøkelser i nedre Otra med Kilefjorden, Gåseflåfjorden og Vennesslafjorden. Rapport 114/89, LFI, Oslo. 24 s.
- Bækken, T. og Aanes, K.J. (1990). Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 2A. Forsuring. SFT/NIVA-rapport 2491.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. (1982). Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Hindar, A. (1994). Drift av vassdrag - Otra. Betydningen av vannføring og forurensningstilførsler for vannkvaliteten, Rapport innenfor NTNF-programmet "Bedre bruk av vannressursene", NIVA-løpenr. 3065, 36 s.
- Hindar, A. og Grande, M. (1987). Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.
- Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. (1991). Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 472/91. 68 s.
- Hindar, A., Aanes, K.J., Bækken, T. og Lindstrøm, E.A. (1993). Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 535/93, NIVA-løpenr. 2951, 43 s.
- Jensen, E.A. og Leivestad, H. (1989). Surt vann og smoltproduksjon. Sluttrapport fra vannbehandlingsprosjektet Salar/Bp, 82 s.
- Kaste, Ø. og Hindar, A. (1994). Tiltak mot forsuring av Otra. Kalkingsplan. NIVA-rapport, løpenr. 3052, 37 s.
- Kroglund, F., Berntssen, M., Åtland, Å. og Rosseland, B.O. (1993). Er laksen truet selv ved moderat forsuring ? Eksempler fra Vosso. NIVA-rapport, løpenr. 2947, 34 s.
- Laake, M. (1976). Undersøkelser av forurensningsvirkninger i nedre Otra. Utført for vassdragsrådet for Nedre Otra, NIVA-rapport, O-12/73, 155 s.
- Lande, A. (1986). Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurdering av vannkvalitesendringer i forbindelse med anleggsvirksomheten. NIVA-rapport, løpenr. 1905, 39 s.

- Rosseland, B.O., Skogheim, O.K., Kroglund, F. og Hoell, E. (1986). Mortality and physiological stress of year-classes of landlocked and migratory Atlantic salmon, brown trout and brook trout in acidic aluminum-rich soft water. *Water, Air and Soil Pollution* 30, 751-756.
- Skogheim, O.K., Rosseland, B.O., Hoell, E. og Kroglund, F (1986). Base additions to flowing acidic water: Effects on smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Water, Air and Soil Pollution* 30, 587-592.
- Traaen, T.S. og Johannessen, M. (1987) Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 301/88, NIVA-løpenr. 2069, 29 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. (1983). Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.

## 6. VEDLEGG

### 6.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1993.

Wright, R.F. og Grande, M. (1981). Otra 1980. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 6/81, NIVA-løpener. 1298, Oslo. 55 s.

Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. (1982). Otra 1981. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 55/82, NIVA-løpenr. 1426, 74 s.

Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. (1983). Otra 1982. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 89/83, NIVA-løpenr. 1500. 66 s.

Grande, M. og Wright, R.F. (1984). Otra 1983. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 145/84, NIVA-løpenr.1655. 45 s.

Boman, E. og Grande, M. (1985). Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. SFT-overvåkingsrapport 199/85, NIVA-løpenr. 1775. 49 s.

Lande, A. og Grande, M. (1986). Otra 1985. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 249/86, NIVA-løpenr. 1912. 40 s.

Hindar, A. og Grande, M. (1987). Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 292/87, NIVA-løpenr. 2056, 106 s.

Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. (1991). Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 472/91, NIVA-løpenr. 2657, 68 s.

Hindar, A., Aanes, K.J., Bækken, T. og Lindstrøm, E.A. (1993). Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT-overvåkingsrapport 535/93, NIVA-løpenr. 2951, 43 s.

Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. (1994). Otra 1993. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 576/94, 44 s.

-----

Boman, E. og Grande, M. (1985). Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.

- Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. (1984). Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 46 s.
- Grande, M. og Wright, R.F. (1984). Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 45 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. (1982). Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Hindar, A. og Grande, M. (1987). Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.
- Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. (1991). Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 472/91. 68 s.
- Hindar, A., Aanes, K.J., Bækken, T. og Lindstrøm, E.A. (1993). Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 535/93, NIVA-løpenr. 2951, 43 s.
- Lande, A. og Grande, M. (1986). Otra 1985. Tiltaksorientert overvåking. Overvåkingsrapport 249/86. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 40 s.
- Traaen, T.S. og Johannessen, M. (1988). Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 301/88. NIVA O-800208- 08.
- Tryland, Ø. (1981). Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/81. O-80002085, SFT/NIVA, Oslo. 27 s.
- Wright, R. F. (1983). Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 23 s.
- Wright, R.F. og Grande, M. (1981). Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/81. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 55 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. (1983). Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.



## 6.2. Primærdata, vannkjemi 1993.

Forklaring til tabellene:

<u>Tabellforkortelse:</u>		<u>Enhet:</u>
pH		- log [H <sup>+</sup> ]
ALK-E	alkalitet	µekv/l, titr. til pH 4.5 og korrigert til ekv.pkt.
K25	konduktivitet	mS/m, ved 25°C
Ca	kalsium	mg/l Ca
Mg	magnesium	mg/l Mg
Na	natrium	mg/l Na
K	kalium	mg/l K
SO4	sulfat	mg/l SO <sub>4</sub>
Cl	klorid	mg/l Cl
TOTN	tot. nitrogen	µg/l N
NO3N	nitrat	µg/l N
TOTP	tot. fosfor	µg/l P
PERM	org. stoff (KOF <sub>Mn</sub> )	mg/l O
RAL	reaktivt aluminium	µg/l Al
ILAL	ikke-labilt Al	µg/l Al
LAL	labilt Al	µg/l Al
Turb	turbiditet	FTU
TOC	tot. organisk karbon	mg/l C

## Vannkjemi Otra, 1993

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/l	K25 mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	TOTN µg/l	NO3N µg/l	TOTP µg/l	PERM mg/l	RAL µg/l	ILAL µg/l	LAL µg/l	TOC mg/l
535	13/01/93	6,15	21	1,41	0,85	0,18	1,00	0,12	2,1	1,7	280	115	5	1,00	40	25	15	1,6
535	15/02/93	6,09	17	2,03	1,04	0,26	1,66	0,15	1,0	3,3	180	140	4	1,20	50	45	5	1,5
535	16/03/93	6,05	14	1,94	0,99	0,24	1,49	0,17	1,7	3,1	190	125	6	1,40	60	45	15	1,0
535	15/04/93	6,18	17	1,67	0,94	0,22	1,25	0,15	1,4	2,3	125	125	1	1,00	30	20	10	1,2
535	13/05/93	5,05	2	2,33	0,56	0,25	2,10	0,12	2,1	4,0	165	85	5	3,80	225	70	155	3,0
535	15/06/93	5,60	2	2,04	0,55	0,23	1,73	0,11	1,7	3,3	100	85	2	1,20	95	40	55	1,2
535	26/07/93	5,78	6	1,37	0,54	0,22	1,23	0,14	1,5	1,9	125	55	3	1,00	70	50	20	1,0
535	12/08/93	5,64	3	1,39	0,60	0,18	1,26	0,15	1,5	2,1	170	65	3	2,90	125	80	45	2,2
535	12/09/93	5,99	11	1,79	0,79	0,22	1,53	0,15	1,5	3,0	170	100	2	1,00	30	20	10	1,5
535	11/10/93	5,56	5	2,40	0,68	0,23	1,29	0,09	2,0	2,4	155	80	3	3,50	110	70	40	2,4
535	16/11/93	6,15	18	2,29	0,93	0,25	1,70	0,15	1,5	3,2	205	120	2	1,30	40	30	10	1,3
535	14/12/93	6,08	17	1,93	0,91	0,24	1,57	0,14	1,5	2,9	160	115	2	1,00	35	20	15	1,1
<b>Arsmiddel</b>		<b>5,86</b>	<b>11</b>	<b>1,88</b>	<b>0,78</b>	<b>0,23</b>	<b>1,48</b>	<b>0,14</b>	<b>1,6</b>	<b>2,8</b>	<b>169</b>	<b>101</b>	<b>3</b>	<b>1,69</b>	<b>76</b>	<b>43</b>	<b>33</b>	<b>1,6</b>
<b>Maks</b>		<b>6,18</b>	<b>21</b>	<b>2,40</b>	<b>1,04</b>	<b>0,26</b>	<b>2,10</b>	<b>0,17</b>	<b>2,1</b>	<b>4,0</b>	<b>280</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>3,80</b>	<b>225</b>	<b>80</b>	<b>155</b>	<b>3,0</b>
<b>Min</b>		<b>5,05</b>	<b>2</b>	<b>1,37</b>	<b>0,54</b>	<b>0,18</b>	<b>1,00</b>	<b>0,09</b>	<b>1,0</b>	<b>1,7</b>	<b>100</b>	<b>55</b>	<b>1</b>	<b>1,00</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>1,0</b>
<b>St.avvik</b>		<b>0,34</b>	<b>7</b>	<b>0,37</b>	<b>0,19</b>	<b>0,03</b>	<b>0,30</b>	<b>0,02</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>46</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>1,06</b>	<b>57</b>	<b>21</b>	<b>42</b>	<b>0,6</b>
492	13/01/93	5,00	-10	2,77	0,91	0,32	2,03	0,20	3,0	4,5	310	125	3	2,60	165	65	100	3,0
492	15/02/93	5,68	6	1,92	0,83	0,22	1,40	0,17	1,0	2,4	260	140	2	2,20	105	60	45	2,1
492	14/03/93	5,92	9	2,04	0,93	0,25	1,56	0,20	2,5	3,0	240	125	3	1,70	90	65	25	1,2
492	19/04/93	5,68	8	1,76	0,91	0,26	1,42	0,20	1,8	2,8	170	140	7	1,80	90	45	45	1,9
492	10/05/93	5,67	6	1,76	0,85	0,23	1,33	0,21	2,3	2,4	215	140	3	1,50	110	25	85	1,9
492	15/06/93		8	2,03	0,88	0,26	1,30	0,18	2,5	3,6	210	100	5	1,60	120	55	65	1,8
492	12/07/93	5,58	3	2,08	0,82	0,27	1,92	0,18	2,0	4,2	140	115	3	1,50	125	70	55	1,8
492	16/08/93	5,53	2	2,00	0,69	0,25	1,87	0,18	1,5	3,6	175	95	3	1,30	100	55	45	1,2
492	12/09/93	5,63	2	1,86	0,66	0,21	1,62	0,14	1,5	3,3	160	75	4	1,10	65	25	40	2,0
492	11/10/93	5,34	2	1,91	0,76	0,26	1,52	0,13	2,2	3,1	190	95	4	3,00	110	55	55	1,8
492	15/11/93	5,32	2	1,93	0,88	0,25	1,73	0,17	2,5	3,2	240	140	2	3,10	135	85	50	2,8
492	14/12/93	5,76	6	2,22	0,86	0,24	1,45	0,18	2,2	2,7	225	135	5	1,40	70	20	50	1,6
<b>Arsmiddel</b>		<b>5,56</b>	<b>4</b>	<b>2,02</b>	<b>0,83</b>	<b>0,25</b>	<b>1,60</b>	<b>0,18</b>	<b>2,1</b>	<b>3,2</b>	<b>211</b>	<b>119</b>	<b>4</b>	<b>1,90</b>	<b>107</b>	<b>52</b>	<b>55</b>	<b>1,9</b>
<b>Maks</b>		<b>5,92</b>	<b>9</b>	<b>2,77</b>	<b>0,93</b>	<b>0,32</b>	<b>2,03</b>	<b>0,21</b>	<b>3,0</b>	<b>4,5</b>	<b>310</b>	<b>140</b>	<b>7</b>	<b>3,10</b>	<b>165</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>3,0</b>
<b>Min</b>		<b>5,00</b>	<b>-10</b>	<b>1,76</b>	<b>0,66</b>	<b>0,21</b>	<b>1,30</b>	<b>0,13</b>	<b>1,0</b>	<b>2,4</b>	<b>140</b>	<b>75</b>	<b>2</b>	<b>1,10</b>	<b>65</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>1,2</b>
<b>St.avvik</b>		<b>0,25</b>	<b>5</b>	<b>0,27</b>	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>0,24</b>	<b>0,02</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>48</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>0,67</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0,5</b>



## Vannkjemi Otra, 1993

LOK	Dato	pH	ALK-E µekv/l	K25 ms/m	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	TOTN µg/l	NO3N µg/l	TOTP µg/l	PERM mg/l	RAL µg/l	ILAL µg/l	LAL µg/l	TOC mg/l
457	18/01/93	5,03	-11	3,08	1,18	0,44	2,53	0,23	3,3	4,9	290	150	4	5,30	162	66	96	2,6
457	17/02/93	5,17	-7	2,60	1,12	0,43	1,98	0,21	3,2	3,5	210	126	4	3,23	109	53	56	2,8
457	17/03/93	5,54	2	2,28	1,12	0,39	1,83	0,22	2,5	3,3	215	130	3	2,50	83	42	41	
457	14/04/93	5,82	8	1,79	1,09	0,31	1,85	0,20	2,2	3,5	210	129	2	1,50	73	31	42	1,5
457	19/05/93	5,86	2	1,99	0,98	0,30	1,61	0,17	2,5	2,5	225	126	3	2,20	40	28	12	1,7
457	16/06/93	5,47		2,56	1,11	0,55					220		4	3,70				2,8
457	14/07/93	5,49	0	2,23	0,79	0,29	2,02	0,15	2,2	3,8	175	88	3	0,50	66	20	46	1,1
457	19/08/93	5,34		3,20	1,08	0,63					245		5	5,54				4,7
457	15/09/93	5,52		2,32	0,90	0,49					225	200	3	2,40				1,7
457	13/10/93	5,40	6	2,49	1,02	0,46					290		4	3,16				2,9
457	17/11/93	5,08		2,99	1,26	0,47					325		5	4,47				4,1
457	13/12/93	5,03		2,89	1,22	0,40	2,14				325		10	3,62				2,9
	<b>Arsmiddel</b>	<b>5,40</b>		<b>2,54</b>	<b>1,07</b>	<b>0,43</b>					<b>239</b>		<b>4</b>	<b>3,18</b>				<b>2,6</b>
	<b>Maks</b>	<b>5,86</b>		<b>3,20</b>	<b>1,26</b>	<b>0,63</b>					<b>325</b>		<b>10</b>	<b>5,54</b>				<b>4,7</b>
	<b>Min</b>	<b>5,03</b>		<b>1,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,29</b>					<b>175</b>		<b>2</b>	<b>0,50</b>				<b>1,1</b>
	<b>St.avvik</b>	<b>0,28</b>		<b>0,44</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>					<b>44</b>		<b>2</b>	<b>1,48</b>				<b>1,1</b>
450	18/01/93	5,12	-8	3,02	1,17	0,43	2,65	0,23	3,2	5,1	270	150	5	5,18	154	69	85	2,4
450	17/02/93	5,23	-7	2,56	1,24	0,41	2,24	0,21	3,1	3,6	210	126	3	3,54	109	53	56	2,6
450	17/03/93	5,45	-3	2,28	1,13	0,32	1,92	0,24	2,5	3,4	215	130	3	2,40	81	39	42	
450	14/04/93	5,75	8	2,18	1,12	0,31	1,90	0,21	2,6	3,7	215	134	4	1,50	76	31	45	1,4
450	19/05/93	5,63	0	2,06	1,01	0,32	1,63	0,17	2,6	2,7	210	123	3	2,00	42	28	14	1,8
450	16/06/93	4,99	-6	3,23	1,18	0,73	2,07	0,21	5,4	3,2	320	74	4	3,60	83	24	59	2,8
450	14/07/93	5,56	2	2,27	0,85	0,31	2,08	0,18	2,2	3,9	175	106	4	1,40	62	20	42	1,2
450	19/08/93	5,42	-1	3,21	1,10	0,67	2,73	0,23	4,4	4,0	195	58	5	5,08	81	47	34	4,1
450	15/09/93	5,71	9	2,25	0,93	0,45	2,28	0,20	2,9	3,8	170	56	3	2,70	50	34	16	2,0
450	13/10/93	5,30	11	2,69	1,04	0,41	2,45	0,27	3,5	4,0	225	106	3	2,85	94	51	43	2,7
450	17/11/93	5,16	2	3,14	1,34	0,47	2,91	0,28	3,8	4,4	290	160	5	4,62	140	79	61	4,4
450	13/12/93	5,10	-1	2,83	1,18	0,39	2,33	0,25	3,7	3,4	295	160	4	3,16	121	66	55	3,3
	<b>Arsmiddel</b>	<b>5,37</b>	<b>0</b>	<b>2,64</b>	<b>1,11</b>	<b>0,44</b>	<b>2,27</b>	<b>0,22</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>233</b>	<b>115</b>	<b>4</b>	<b>3,17</b>	<b>91</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>2,6</b>
	<b>Maks</b>	<b>5,75</b>	<b>11</b>	<b>3,23</b>	<b>1,34</b>	<b>0,73</b>	<b>2,91</b>	<b>0,28</b>	<b>5,4</b>	<b>5,1</b>	<b>320</b>	<b>160</b>	<b>5</b>	<b>5,18</b>	<b>154</b>	<b>79</b>	<b>85</b>	<b>4,4</b>
	<b>Min</b>	<b>4,99</b>	<b>-8</b>	<b>2,06</b>	<b>0,85</b>	<b>0,31</b>	<b>1,63</b>	<b>0,17</b>	<b>2,2</b>	<b>2,7</b>	<b>170</b>	<b>56</b>	<b>3</b>	<b>1,40</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>1,2</b>
	<b>St.avvik</b>	<b>0,26</b>	<b>6</b>	<b>0,43</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>	<b>0,38</b>	<b>0,03</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>49</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>1,29</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>1,0</b>

## 6.3. Middeldkonsentrasjoner 1980-1993

	pH					KOF-Mn, mg/L O				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980									5,34	4,59
1981								2,15	4,60	4,33
1982								2,31	4,30	4,46
1983								2,15	3,63	3,97
1984	5,63		5,49	5,07	5,15	1,56		1,92	4,75	5,21
1985	5,78	5,45	5,50	5,01	5,00	2,28		2,14	5,38	4,87
1986	5,84	5,72	5,53	5,16	5,10	1,79	1,84	2,07	4,57	4,88
1987	5,58	5,47	5,48	5,00	5,08	2,29	2,32	2,12	6,09	6,02
1988	5,72	5,38	5,35	5,03	5,06	2,26	2,21	2,27	6,45	5,09
1989	5,62	5,61	5,58	5,21	5,20	2,89	1,61	1,71	5,09	4,66
1990	5,74	5,60	5,53	5,32	5,34	2,61	1,73	1,94	4,21	4,45
1991	5,79	5,74	5,55	5,21	5,19	2,57	1,65	2,36	4,71	5,24
1992	5,83	5,70	5,61	5,26	5,28	2,30	1,98	1,92	3,98	3,57
1993	5,86	5,56	5,59	5,40	5,37	1,69	1,90	1,80	3,18	3,17
	NO3-N, µg/L					Ca, mg/L				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980										
1981										
1982										
1983										
1984	115		137	126	106	0,87		0,97	1,04	1,05
1985	108				120	0,88		0,93	1,01	1,05
1986	135		153	114	142	0,87		0,94	1,02	1,06
1987	115		137	83	124	0,79		0,98	1,07	1,17
1988	158		152	154	137	0,91		0,87	0,94	0,97
1989	157				130	0,92		0,85	0,93	0,96
1990	140				115	0,79		0,76	0,89	1,02
1991	194				115	0,90		0,86	0,98	1,01
1992	105	130	112	109	125	0,81	0,79	0,90	1,01	1,05
1993	101	119			115	0,78	0,83	0,96	1,07	1,11
	Tot N, µg/L					SO4, mg/L				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980				385	378					
1981			320	316	346					
1982			344	362	381					
1983			339	295	324					
1984	291		334	328	333	1,21		3,20		4,19
1985	227	280	299	299	314	1,64				5,05
1986	226	256	306	290	286	1,98		2,30		4,45
1987	255	292	279	282	293	2,82		2,80		9,43
1988	362	287	283	281	289	2,43		2,80		4,16
1989	391	262	252	270	269	2,25				4,10
1990	417	239	222	233	232	2,11				3,78
1991	369	237	222	248	241	2,34				4,33
1992	226	217	221	227	227	2,17	2,40	2,40	3,40	3,60
1993	169	211	224	239	233	1,6	2,1			3,3

**Middelkonsentrasjoner 1980-1993 (forts.)**

	Tot P, µg/L				
	<b>535</b>	<b>492</b>	<b>460</b>	<b>457</b>	<b>450</b>
1980				11	13
1981			6	8	8
1982			6	9	11
1983			5	7	10
1984	4		5	7	8
1985	3	3	5	8	9
1986	4	5	6	7	9
1987	6	4	5	8	9
1988	9	4	4	8	6
1989	8	4	4	6	6
1990	5	3	5	6	8
1991	5	4	4	6	6
1992	4	3	3	5	5
1993	3	4	2	4	4

#### 6.4. Begroingsorganismer i Otra i 1993.

	7. juli 1993				5. september 1993			
	st.1	st.2	st.3	st.4	st.1	st.2	st.3	st.4
<b>Blågrønnalger (Cyanophyceae) - kode</b>								
Scyt mir	1			1	1			
Scyt sta	1			1	1		1	x
Stigo mam	5		1		5			1
Uidecyacoc			1			1		xx
Uidecyatri				1		1		
<b>Grønnalger (Chlolophyceae) - kode</b>								
Binu tec	xx		x	1	1			1
Bulbochz				xx				
Cosmariz	xx	xx	x		xx			
Hormidiz		1						
Micr pal	1	3	1	2	1	1	1	1
Mi pa;mi	1	1	1	x				
Moug a	x		x	x				
Moug a/b (15u)				x	xx			
Oedo a				x				1
Peniumz	xx	x	x	xx	x			
Uide coc			xx		xx			
Zygn a					30			
Zygo sp3	4				3	1		1
<b>Euglenophyceer (Euglenophyceae) -kode</b>								
Trachelz		x	x					
<b>Gulgrønnalger (Xanthophyceae) - kode</b>								
Xant sp1	x	xxx	xx	xx				
<b>Moser (Bryophyta) - kode</b>								
Blin acu			1					
Font dal		2	3	2		2	3	1
Hygr och				1		1		1
Marsupez	3				3			
Nard com	3				3			
Scapanz	2		4	1	2		4	1
Uide lev		2		2		2		2
<b>Nedbrytere/konsumneter- kode</b>								
Bakt agg		1	1	xxx				2
Bakt sta		1	1	xxx				
Bakt trå		xx	xx	xx				
Jern agg			1					
Fusa aqu % dekning		30	20	10		80	40	20
Sopp hyf		1	1		x	x	xx	xxx
Sopp spo						x		
Flag far		xx	xx		xx			
Cili uid	x	xx	xx		x			
<b>Diverse - Fibre</b>	xx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xxx	xxx

### 6.5. Kiselalger i begroingsprøver fra Otra i 1993.

Kiselalge-kode	7. juli 1993				5. september 1993			
	st.1	st.2	st.3	st.4	st.1	st.2	st.3	st.4
Amph hem	x							
Anom bra	x		x	xx	xx	x	x	x
Cylo cos	x				x			
Cymbelz						x	x	x
Euno bil	x		x	xx	x			x
Euno exi	xxx	xxx	xx	xx		x	xx	xx
Euno mei	xx			x				
Euno pec		x	xxx	xx		x	xxx	xxx
Euno ven	x	xxxx	xxxx	xxxx	xxx	xxxxx	xxxxx	xxxx
Eunotiaz	xx			xx	xx		x	xx
Frus rho			x			x		
Fr rh;sa	x	x	xxx	xxx	xx	x	xx	xx
Navi kra			x		x			
Navi sub	x							
Naviculz	x	x	x					xx
Nitzschz					x			
Peroniaz	xx	x			xx			
Pinn hil		x		xxx				
Pinnulaz	xx	xxx					x	xx
Sten int	x							
Tabe flo	xxxx	xx	xxxx	xxx	xxx	x	xxx	xxxx
Tabe qua	x			x	x		x	x
Uide pen	xx			x				

#### Tegnforklaring, vedlegg 6.4:

Tall angir % av elveleiet dekket av begroing (*dekningsgrad*).

**1:** >5%,      **2:** 5-10%,      **3:** 10-20%,      **4:** 20-50%,      **5:** 50-100%

Organismer som vokser blant/på større organismer er angitt med følgende mengdeangivelse:

x: sjelden      xx: sparsom      xxx: vanlig      xxxx: hyppig

#### Tegnforklaring, vedlegg 6.5:

Frekvens i kiselalgeprøvene:

x      sjelden  
 xx      sparsom  
 xx      vanlig  
 xxxx      hyppig  
 xxxxx      dominerende