



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Rapport 698/97

---

Oppdragsgivere      Statens forurensningstilsyn

---

Utførende institusjon      Norsk institutt for vannforskning

---

## Otra 1996

Tiltaksorientert over-  
våking og konsekvens-  
undersøkelse av industri-  
utslipp



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

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

Tittel Otra 1996. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp.	Løpenr. (for bestilling) 3683-97	Dato Mai 1997	
	Prosjektnr. O-800208/O-97034	Sider 39	Pris kr 75,-
Forfatter(e) Kaste, Ø., Lindstrøm, E.A., Skiple, A. og Aanes, K.J	Fagområde Vassdragsundersøk.	Distribusjon	
	Geografisk område Agder	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Hunsfoss fabrikker A/S, Norsk Wallboard A/S, Vassdragsrådet for Nedre Otra, Statens forurensningstilsyn.	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**

Otra er overvåket siden 1980. Hovedformålet med overvåkingen er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Industriutslippene fra Vennesla-området er kraftig redusert i de senere år, og i juni 1995 ble det etablert en avskjærende industriavløpsledning som fjernet alle sure utslipp og det meste av KOF-utslippene til Otra.

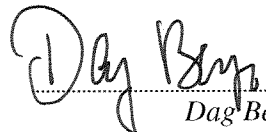
Det ble i 1996 registrert en ytterligere økning i gjennomsnitts-pH nedstrøms Vennesla, samt reduserte konsentrasjoner av organisk stoff og fosfor sammenlignet med tidligere år. Den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Vigeland dokumenterte imidlertid korte episoder med svært surt vann i elva (pH>5,0) og episoder med svakt basisk vann (pH>8,0). Seks av ti stasjoner i nedre del av Otra hadde i 1996 god badevannskvalitet, tre hadde mindre god-, og én hadde ikke akseptabel vannkvalitet for bading. Nedstrøms Vennesla har den tidligere meget markerte soppveksten av *Fusarium aqueductum* forsvunnet. Begroingsamfunnet er i ferd med å normaliseres og vanlige begroingsorganismer er under etablering. Bunndyrsamfunnets oppbygning på stasjonen nedstrøms Vennesla bærer imidlertid fortsatt preg av overgjødning og forsuring.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forurensningsovervåking</li> <li>2. Treforedlingsindustri</li> <li>3. Vannkraftutbygging</li> <li>4. Sur nedbør</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pollution monitoring</li> <li>2. Pulp and paper industry</li> <li>3. Hydro power development</li> <li>4. Acid precipitation</li> </ol>
---	---



Øyvind Kaste  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3248-6



Dag Berge  
Forskningsjef

## **OTRA 1996**

Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp

## Forord

Den rutinemessige overvåkingen av Otra er en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensnings-tilsyn (SFT). I forbindelse med en nedrappingsplan for utslipp av organiske stoffer fra Hunsfoss Fabrikker A/S, ble det dessuten i perioden 1992-1995 gjennomført en konsekvensundersøkelse av industriutslipp til Otra.

Overvåkingsundersøkelsen og konsekvensundersøkelsen har i perioden 1992-1996 vært samkjørt og finansiert med midler fra Hunsfos Fabrikker A/S, Norsk Wallboard A/S, SFT og Vassdragsrådet for Nedre Otra. Finansieringen av 1996-undersøkelsene har vært frivillig fra industriens side.

Den foreliggende rapporten omhandler i første rekke resultater fra 1992-1996. 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.

Gunnar Ose har tatt prøvene ved Ose og teknisk etat i Evje og Hornnes kommune har tatt prøvene ved Evje. Disse prøvene er analysert ved Agderforskning - Teknisk i Grimstad (KM-lab etter 1.9.96). Vannprøver fra nedre Otra er samlet inn av Kristiansand Ingeniørvesen og analysert på NIVA.

Karl Jan Aanes har gjennomført bunndyrundersøkelsene og skrevet kapittel 4 om bunndyr. Eli-Anne Lindstrøm har gjennomført begroingsundersøkelsene og skrevet kapittel 4 om begroing. Anja Skiple har bearbeidet og presentert de vannkjemiske dataene i rapporten.

Grimstad, 29. mai 1997

*Øyvind Kaste*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn og formål	7
1.2 Områdebeskrivelse	7
<b>2. Vannkjemi</b>	<b>10</b>
2.1 Program	10
2.2 Forsuring	10
2.3 Organisk stoff	13
2.4 Næringssalter	14
2.5 Tarmbakterier	16
<b>3. Bunndyr</b>	<b>18</b>
3.1 Innledning	18
3.2 Materiale og metode	18
3.3 Resultater	18
3.4 Materiale som ikke er bearbeidet	23
<b>4. Begroing</b>	<b>24</b>
4.1 Innledning	24
4.2 Materiale og metoder	24
4.3 Resultater	24
<b>5. REFERANSER</b>	<b>30</b>
<b>6. VEDLEGG</b>	<b>31</b>
6.1 Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1994.	31
6.2 Primærdata, vannkjemi og bakterier 1996.	32
6.3 Middelskonsentrasjoner 1980-1996.	35
6.4 Begroingsorganismer, 1993-1996 (juli)	36
6.5 Begroingsorganismer 1993- 1996 (september).	38
6.6 Kiselager i juli og september 1996.	39

## Sammendrag

Hovedformålet med overvåkingen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Undersøkelsene nedenfor Vennesla er spesielt rettet inn mot å dokumentere vannkjemiske og biologiske endringer i Otra som resultat av reduserte industri- og kloakkutslipp. Med etableringen av en avskjærende industriavløpsledning i juni 1995 ble alle sure utslipp og det meste av KOF-utslippene fra industrien i Vennesla ført direkte til Kristiansandsfjorden. Etter planen skal alt prosessvann kunne gå i ledningen i løpet av 1997. Dette tiltaket representerer en umiddelbar avlastning av Otra som resipient, noe som har hatt stor betydning for de biologiske og trivselsmessige forholdene i nedre Otra.

Ved Vigeland og Skråstad, som begge ligger nedenfor industribedriftene i Vennesla, har **årsmiddel-pH** i løpet av perioden 1992-1996 økt fra omkring 5,3 til rundt 5,8. pH-verdiene i denne delen av vassdraget har med dette kommet opp på samme nivå som referansestasjonen rett oppstrøms industribedriftene, som også hadde 5,8 som årsmiddel i 1996. Resultatene fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Vigeland viser at pH-verdiene i elva generelt lå mellom 5,5 og 6,0 i 1996. Det ble imidlertid i løpet av året registrert 5 episoder med pH-verdier under 5,0 og to episoder med pH opp mot 8,0. Det er uklart om de sure episodene skyldes støtutslipp fra industrien eller om andre forhold har spilt inn. De episodisk høye pH-verdiene kan imidlertid vanskelig forklares med naturlige forhold.

I 1996 var de midlere **KOF-konsentrasjonene** ved Vigeland og Skråstad hhv. 2,6 og 2,7 mg/l, mens referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss hadde 2,1 mg/l. Den organiske belastningen på de nedre delene av Otra blir derfor stadig mindre. Det var gjennomgående lave **fosforkonsentrasjoner** (< 5 µg/l) på de tre nederste stasjonene i vassdraget i 1996. Høyeste målte konsentrasjon var 7 µg/l. Dette er betydelig bedre enn i 1994 og 1995, da det tidvis ble registrert fosforkonsentrasjoner over 10 µg/l ved Vigeland og Skråstad. Færre overløp/lekkasjer fra det kommunale ledningsnett er sannsynlig årsak til den forbedrede vannkvaliteten. Etter at konsentrasjonene av **total nitrogen** gradvis sank på samtlige stasjoner i perioden 1980-1990, kan det synes å være en økende tendens igjen de 2-3 siste årene. Den nye trenden understrekes også av økende nitratverdier. Økningen i total nitrogen og nitrat de senere årene kan ha sammenheng med de høye nitrogenkonsentrasjonene i nedbøren, og en mulig økende nitrogen-lekkasje i nedbørfeltet.

10 stasjoner i Otra nedstrøms Steinsfossen ble undersøkt mht. **termostabile koliforme bakterier** (tarmbakterier) i 1996. Seks av ti undersøkte stasjoner kvalifiserte til betegnelsen "godt badevann". På stasjonene Kvarstein bro og Påskeberget må vannkvaliteten karakteriseres som "mindre god" for bading. Dårligst hygienisk vannkvalitet var det på stasjonene Vigeland og Otra ved Tordenskjoldgate, som hadde hhv. "mindre god" og "ikke akseptabel" vannkvalitet for bading.

**Bunndyrsamfunnets** oppbygning på stasjonen nedstrøms Vigeland er fortsatt atypisk i forhold til det en forventer å finne i et upåvirket vassdrag. Diversiteten i bunndyrsamfunnet er i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forsureningen i vassdraget, men samfunnet bærer fortsatt preg av betydelig overgjødning (næringsalter, organisk stoff). Tettheten av bunndyr nedstrøms Vigeland var betydelig høyere i 1996 enn året før, en god del høyere enn på referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss. Artssammensetningen på de to stasjonene er imidlertid forskjellig, og særlig den betydelige økningen i tettheten av fjærmygglarver ved Vigeland bidrar til at bunndyrtettheten nær firedobles på denne stasjonen i forhold til referansestasjonen.

I bunndyrfaunaen oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende dyregruppen i undersøkelsesperioden. Andre vanlige grupper har vært børstemarker, vannmidd, vårfluer og rundmarker. I bunndyrmaterialet som ble samlet inn i 1995 og 1996 ble døgnfluer igjen registrert i materialet, riktignok bare med noen få individer. Steinfluefaunaen var under prøvetakingen i 1996 langt mindre tallrik enn årene før, og i 1996 representert bare med en art, *Leuctra fusca*. Tettheten av bunndyr på stasjonen oppstrøms Hunsfoss var i 1996 omtrent som normalt. Sammensetningen av

bunnfaunaen på stasjonen oppstrøms Hunsfoss viser en typisk utløpspåvirket bunndyrsamfunn, samtidig som materialet beskriver et samfunn som viser at vassdraget her er forsuret.

Nedstrøms industribedriftene har den tidligere meget markerte **soppveksten** av *Fusarium aqueductum* forsvunnet. **Begroingsamfunnet** er i ferd med å normaliseres og vanlige begroingsorganismer er under etablering. Vekslede forhold bidrar imidlertid til varierende artssammensetning og mengdemessig forekomst. I juli-august 1996 var det masseforekomst av trådformede grønnalger i denne del av elva. Inntil situasjonen i vassdraget er blitt mer stabil er det vanskelig å si om det fortsatt vil opptre liknende masseforekomster. Det er også vanskelig å si noe om de praktiske konsekvenser av massiv trådalgevekst før man vet hvordan forekomsten eventuelt vil arte seg.

Begroingsamfunnet i utløpet av Venneslafjorden har vært tilnærmet uendret siden regelmessige undersøkelser startet i 1992. Begroingen, som har stor mengdemessig forekomst, er preget av forsuringstolerante alger og moser. Den trådformede grønnalgen *Zygogonium* "sp3" har hatt særlig stor forekomst og har dekket det meste av utløpsområdet i hele perioden. Et innslag av den noe forsuringfølsomme grønnalgeslekten *Spirogyra* i september 1996 kan være en første reaksjon på økende pH i denne del av Otra.

## Summary

Title: River Otra 1996. Measure oriented monitoring and consequence analysis of industrial effluents.  
Year: 1997  
Authors: Kaste, Ø., Lindstrøm, E.A., Skiple, A. and Aanes, K.J  
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3248-6

River Otra is monitored since 1980. The main objective of the monitoring programme is to record possible changes in water quality and biology, especially in the lower parts of the river system.

In 1996, a further increase in pH and reduced concentrations of organic matter and phosphorus were recorded downstream Vennesla. Bacterial counts showed that six out of ten sites had good bathing water quality, three sites had less good bathing water quality, while one site had too high concentrations of coliform bacteria to be recommended for bathing.

Downstream Vennesla the fungus *Fusarium aqueductum* has disappeared, and a natural periphyton community are establishing. The benthic fauna along the same river stretch seems to be affected by eutrophication and acidification.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og formål

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 har, inntil etableringen av den nye avskjærende industriavløpsledningen i 1995, vært preget av organisk belastning og syreutslipp fra industrien ved Vennesla. Vassdraget er ellers forurenet på grunn av langtransporterte forurensninger. 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. Redusert forurensningsbelastning gir grunnlag for reetablering av en variert bunndyrfauna som igjen er næringsgrunnlag for fiskebestandene. Otra har et stort rekreasjonspotensiale som i liten grad har blitt utnyttet tidligere pga forurensningsforholdene i de nedre delene av elva.

Hovedformålet med overvåkingen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Undersøkelsene nedenfor Vennesla er spesielt rettet inn mot å dokumentere vannkjemiske og biologiske endringer i Otra som resultat av reduserte industri- og kloakkutslipp. Resultatene fra overvåkingen danner grunnlag for eventuelle tiltak mot forurensning.

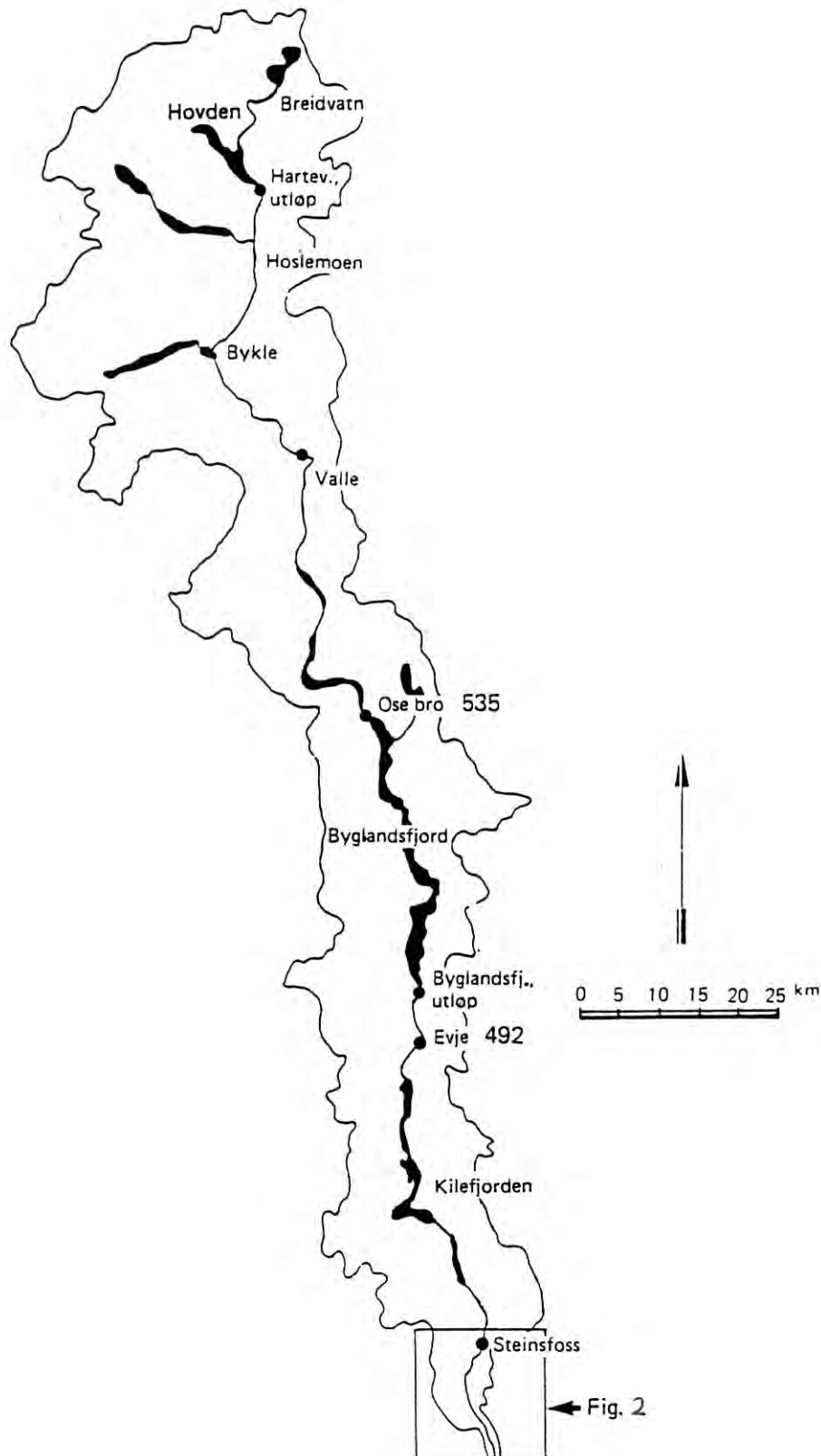
## 1.2 Områdebeskrivelse

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. Byglandsfjorden er største innsjø i hovedvassdraget (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** og **Figur 2** viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner.

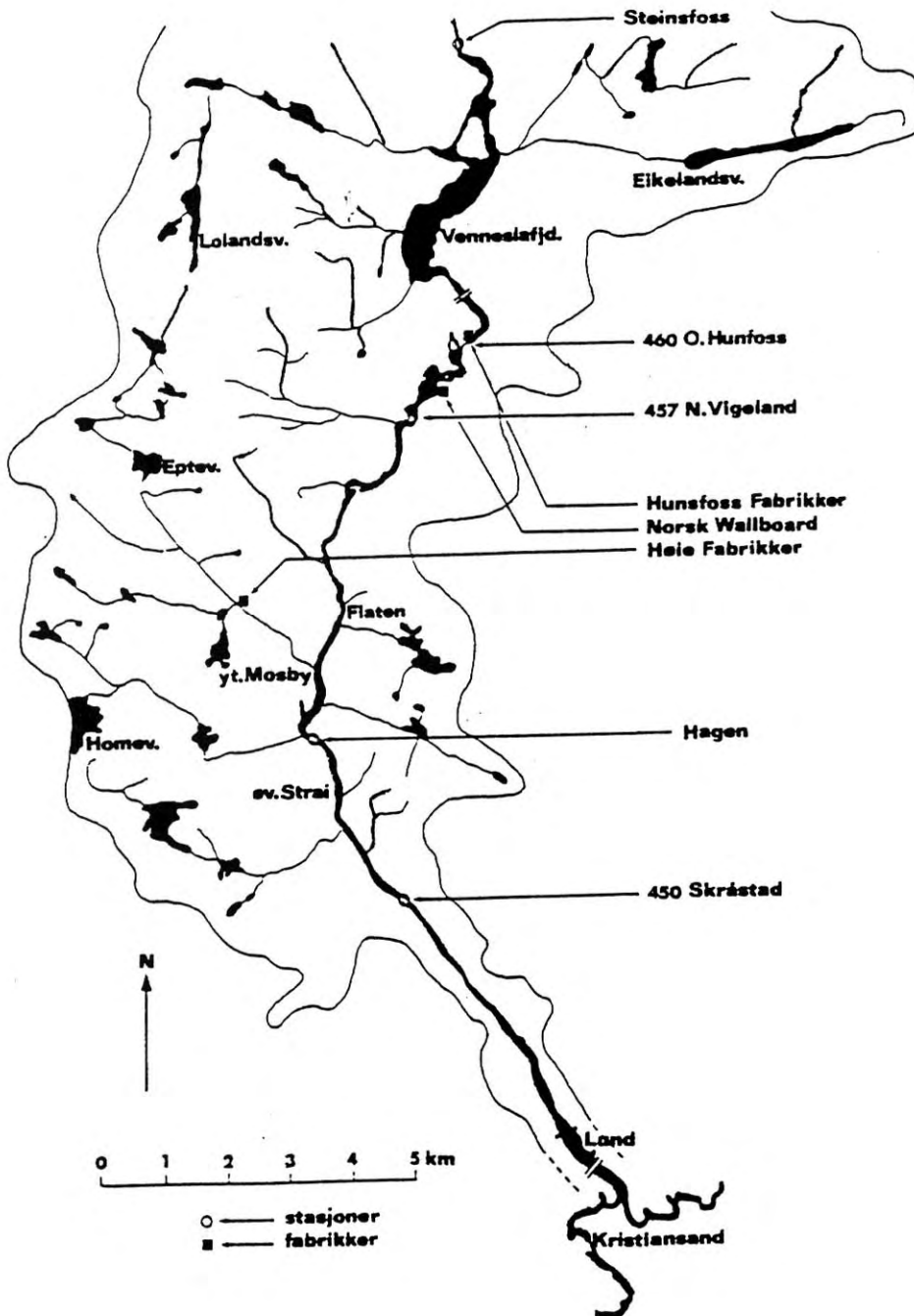
Det går en geologisk grense gjennom Vatnedalen mellom Bykle og Hovden. Bergartene i nedbørfeltet sør for Vatnedalen består vesentlig av gneis og granitt, som gir saltfattig avrenningsvann og lav motstandsevne mot forsuring. Nord for Vatnedalen finnes metamorfe og sedimentære bergarter. Videre finnes 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. 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 for 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 *et al.* 1991). En fyldigere områdebeskrivelse, samt en oversikt over brukerinteresser og forurensningskilder er gitt i Kaste *et al.* (1996).





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



**Figur 2.** Nedre Otra med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking er inntegnet. Stasjonsnummer er valgt etter stasjonenes plassering i nord-sør-retning i UTM-nettet.

## 2. Vannkjemi

### 2.1 Program

**Tabell 1.** Målestasjoner for vannkjemi med analyseparametre.

Nr	Målestasjon	Parametergruppe	Par. gruppe I	Par. gruppe II
535	Ose	I + II	pH	alkalitet
492	Evje	I + II	konduktivitet	Na og K
460	Oppstr. Hunsfoss	I	Ca, Mg	nitrat
457	Vigeland	I	total fosfor	sulfat
450	Skråstad	I + II	total nitrogen	klorid
			organisk stoff (KMnO <sub>4</sub> )	reaktivt Al
			TOC	ikke-løslig Al

Prøvetakingsfrekvensen er månedlig på samtlige stasjoner. En stasjon for kontinuerlig måling av pH er plassert på dammen ved Vigeland.

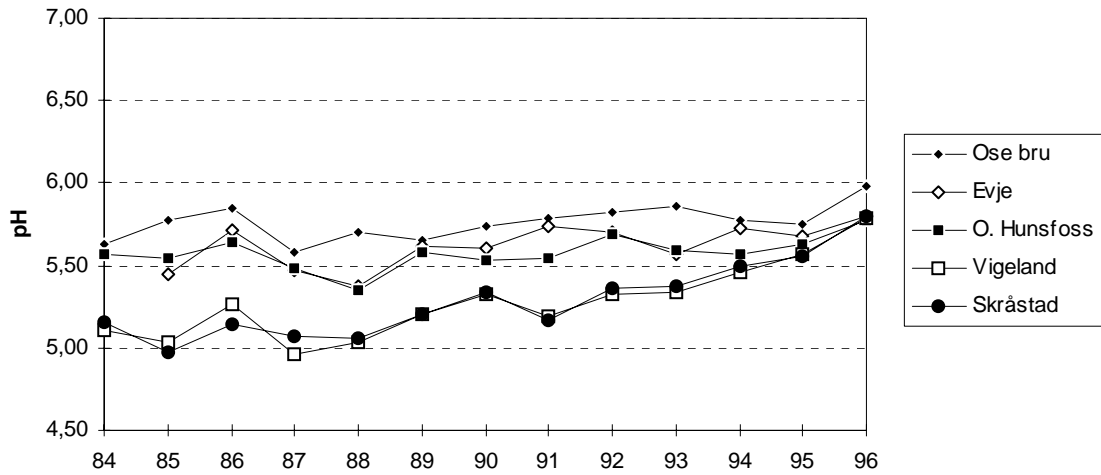
### 2.2 Forsuring

Ved Evje og Ose har pH vært relativt konstant, eller vist en svak økning de senere årene (**Figur 3**). Middel-pH i 1996 var den høyeste som er registrert i overvåkingen siden 1980. En viktig årsak til den positive pH-trenden er at nedfallet av svovel er redusert over landsdelen de siste 10 årene (Skjelkvåle 1996). Den laveste pH-verdien i 1996 (4,69) ble målt ved Evje om våren (**Figur 4**). Bortsett fra denne ekstremverdien ble det ikke registrert pH-verdier under 5,5 i 1996.

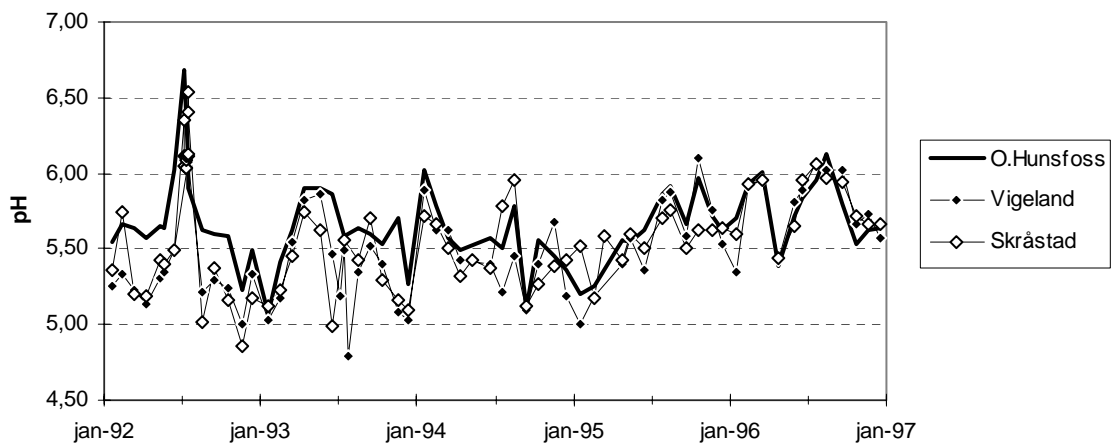
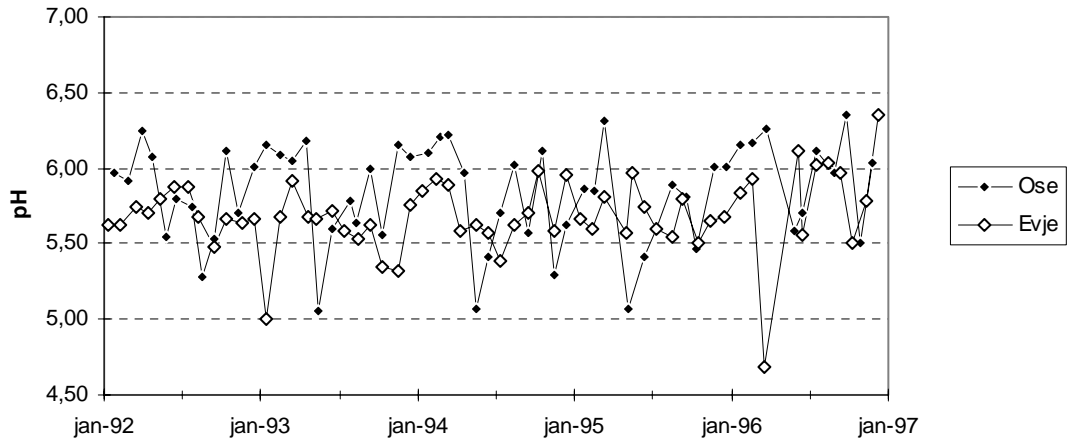
Ved Vigeland og Skråstad, som begge ligger nedenfor industribedriftene i Vennesla, har årsmiddel-pH i løpet av perioden 1992-1996 økt fra omkring 5,3 til rundt 5,8 (**Figur 3**). pH-verdiene i denne delen av vassdraget har med dette kommet opp på samme nivå som referansestasjonen rett oppstrøms industribedriftene, som også hadde 5,8 som årsmiddel i 1996. Etter at den avskjærende industriavløpsledningen ble tatt i bruk i juni 1995, blir alle syreutslipp fra industrien ledet utenom elva. Som det framgår av **Figur 4** har reduserte syreutslipp i perioden 1992-1996 medført at pH-kurvene for Vigeland og Skråstad gradvis har nærmet seg referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss. Fra og med juli 1995 har pH-kurvene for referansestasjonen, samt Vigeland og Skråstad vært forholdsvis like.

Resultatene fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Vigeland viser at pH-verdiene generelt lå mellom 5,5 og 6,0 i 1996 (**Figur 5**). Det ble imidlertid i løpet av året registrert 5 episoder med pH-verdier under 5,0 og to episoder med pH opp mot 8,0. Det er uklart om de sure episodene skyldes støtutslipp fra industrien eller om andre forhold har spilt inn. De episodisk høye pH-verdiene kan imidlertid vanskelig forklares med naturlige forhold. Både sure episoder og unaturlig høye pH-verdier i elva kan medføre stress på vannlevende organismer.

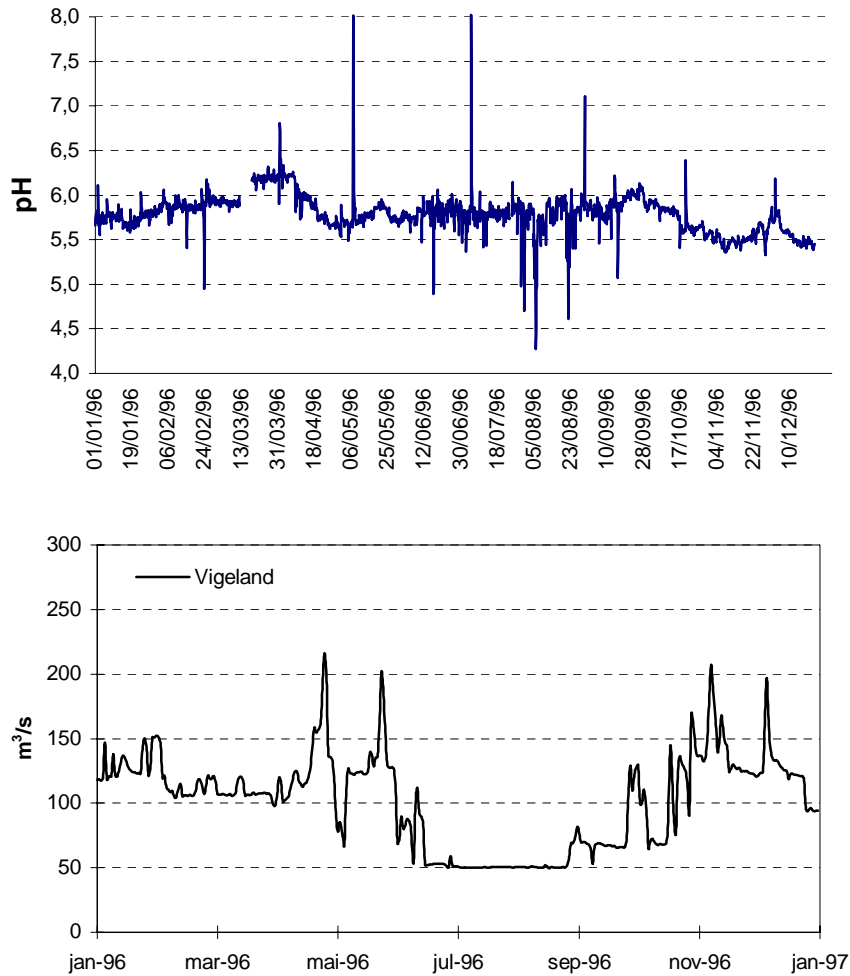
Den kontinuerlige pH-registreringen ved Vigeland avdekket i 1996 ingen ekstreme forsuringsepisoder (pH<5,0) i løpet av den tiden laksen vanligvis smoltifiserer (mars-juni). Det generelle pH-nivået er imidlertid for lavt til at en kan forvente naturlig reproduksjon av laks i elva. De tydeligst avgrensede forsuringsepisodene i 1996 ble registrert ved lave vannføringer i slutten av juli og i august. Når det gjelder andre vannlevende organismer i elva enn laks, kan en fortsatt pga. den generelle forsuringen forvente en favorisering av forsuringstolerante arter.



**Figur 3.** Årsmiddel-pH på stasjonene Ose, Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skrårstad i perioden 1984-1996.



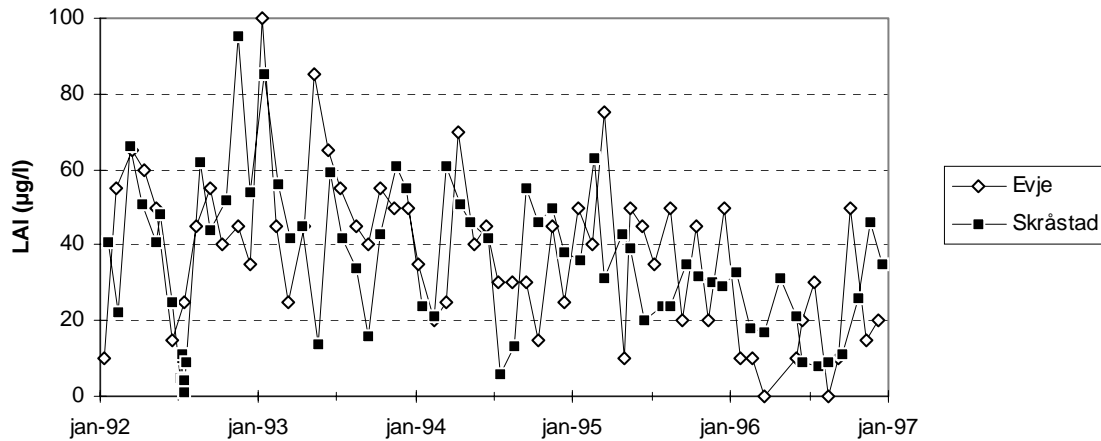
**Figur 4.** pH på stasjonene Ose, Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skrårstad 1992-1996.



**Figur 5.** Øverst: Kontinuerlig måling av pH ved Vigeland 1996. Nederst: Vannføring ved NVEs målestasjon ved Vigeland i 1996 (NVE 1997).

I Norge er aluminium sannsynligvis den viktigste enkeltårsak til forurensningsskader på vannlevende organismer. Den uorganiske labile fraksjonen (LAI), som øker ved synkende pH, har vist seg å være den giftigste aluminiumsformen.  $50 \mu\text{g LAI/l}$  blir ofte brukt som en veiledende grenseverdi mht. skader på innlandsfiskebestander. Konsentrasjonen av labilt aluminium kan imidlertid ikke benyttes alene som mål på vannets eventuelle giftighet for fisk. Den må ses i sammenheng med andre viktige variable som surhet (pH), innhold av organisk stoff og oppløste salter i vannet. Eksperimentelle undersøkelser med laks har vist at denne arten setter betydelig høyere krav til vannkvaliteten enn innlandsfiskebestandene. Dette gjelder spesielt under smoltifiseringsperioden, da en LAI mellom 15 og  $25 \mu\text{g/l}$  kan være kritisk ved pH under 6,0 (Kroglund *et al.* 1994, Staurnes *et al.* 1995).

På den lakseførende strekningen ved Skråstad ble det registrert LAI-konsentrasjoner på  $20\text{-}30 \mu\text{g/l}$  under smoltifiseringsperioden om våren og opp mot  $50 \mu\text{g/l}$  om høsten (**Figur 6**). I og med at aluminiumsmålingene er basert på månedlige stikkprøver, fanger målingene sannsynligvis ikke inn de virkelige maksimumsverdiene i elva. Dersom en sammenholder resultatene med kontinuerlige pH-data fra Vigeland vil en imidlertid få et forholdsvis godt bilde av situasjonen.

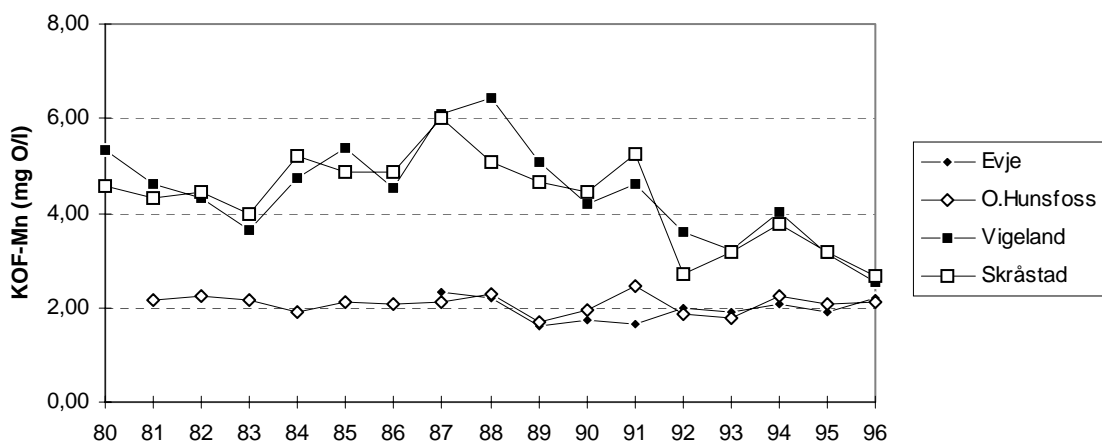


**Figur 6.** Variasjon av labilt aluminium (LAI) ved Evje og Skråstad 1992-1996.

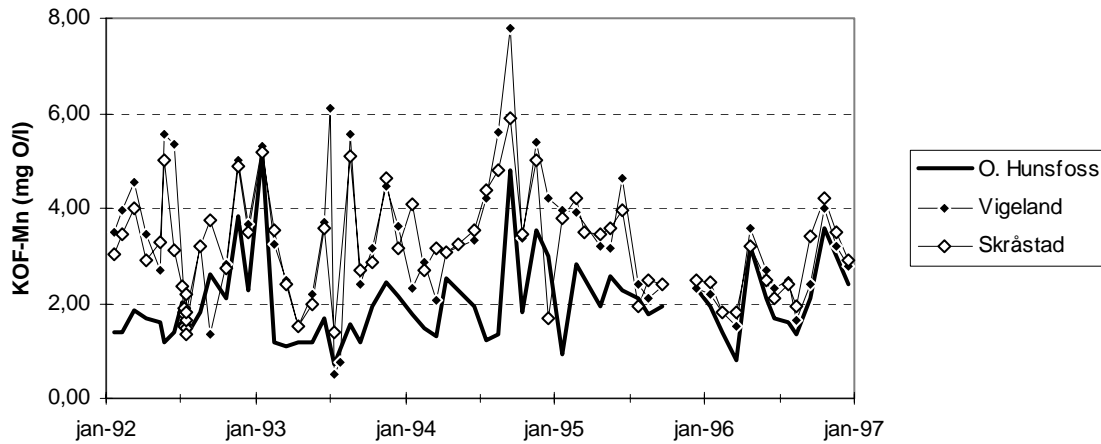
### 2.3 Organisk stoff

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 (**Figur 7**). Denne verdien er tidligere brukt som et omtrentlig mål på det naturlige bakgrunnsnivået i elva (Hindar *et al.* 1993).

Nedstrøms industribedriftene i Vennesla har konsentrasjonene i tidsrommet 1980-1992 ligget betydelig over bakgrunnskonsentrasjone i elva. De høyeste årsmiddelkonsentrasjonene ble registrert i 1987 ved Vigeland og i 1988 ved Skråstad. I 1996 var de midlere  $KOF$ -konsentrasjonene ved Vigeland og Skråstad hhv. 2,6 og 2,7 mg/l, mens referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss hadde 2,1 mg/l. Den organiske belastningen på de nedre delene av Otra blir derfor stadig mindre. **Figur 8** viser tydelig effekten av ledningstiltaket fra og med juli 1995. På grunn av begrenset kapasitet på Otra-ledningen, vil noe  $KOF$  fra Hunsfos Fabrikker fortsatt gå til Otra i noen tid. Bedriften har som mål å redusere vannforbruket internt i bedriften, slik at alt prosessvann vil kunne gå i ledningen i løpet av 1997.



**Figur 7.** Årsmiddelkonsentrasjoner av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk ( $KOF$ ) på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1980-1996.

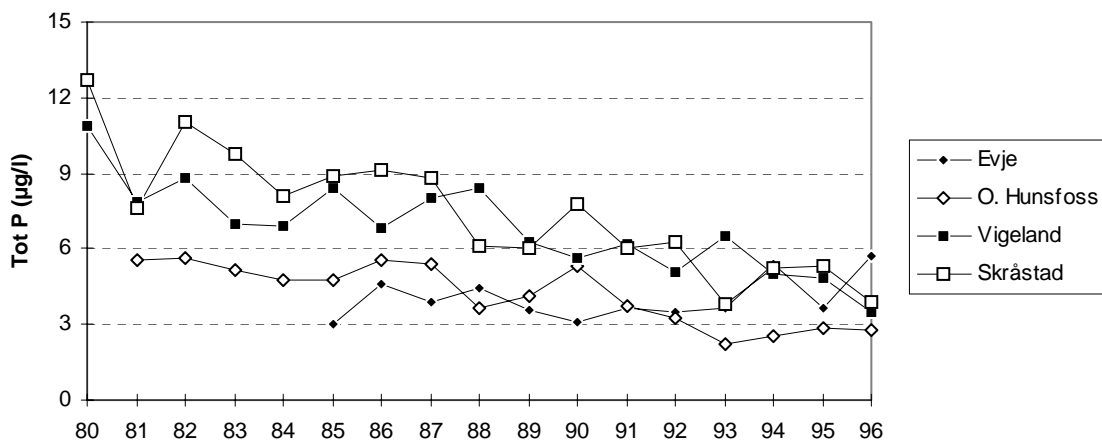


**Figur 8.** Konsentrasjon av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1996.

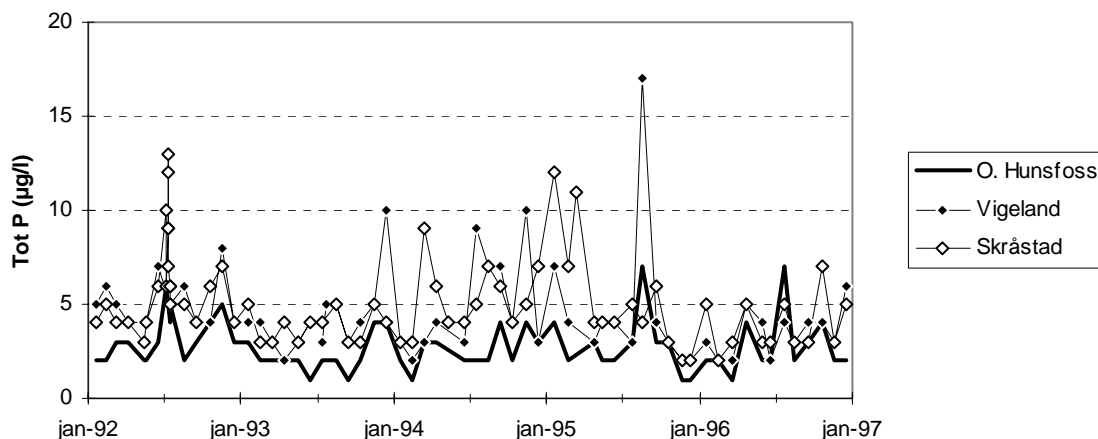
## 2.4 Næringsalter

I perioden 1980-1996 har det vært klare reduksjoner i fosfor-konsentrasjonen fra og med Venneslafjorden. Etter at det er gjennomført betydelige forurensningsbegrensende tiltak på kommunal sektor har årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor de siste 3-4 årene ligget omkring 3-5  $\mu\text{g/l}$  nedstrøms Vennesla (**Figur 9**). Den naturlige forfoskonsentrasjonen i vassdraget (uten lokale forurensningskilder) er antatt å ligge rundt 3  $\mu\text{g/l}$  (Hindar *et al.* 1993). På stasjonen oppstrøms Hunsfoss synes vannkvaliteten å ha stabilisert seg omkring 3  $\mu\text{g/l}$  i de senere årene. Biologisk opptak og sedimentasjon bl.a. i Venneslafjorden er sannsynligvis viktige prosesser som forklarer den lave fosforkonsentrasjonen ved denne stasjonen.

I 1996 var det gjennomgående lave fosforkonsentrasjoner (< 5  $\mu\text{g/l}$ ) på de tre nederste stasjonene i vassdraget (**Figur 10**). Høyeste målte konsentrasjon var 7  $\mu\text{g/l}$ . Dette er betydelig bedre enn i 1994 og 1995, da det tidvis ble registrert fosforkonsentrasjoner over 10  $\mu\text{g/l}$  ved Vigeland og Skråstad. Færre overløp/lekkasjer fra det kommunale ledningsnettet er sannsynlig årsak til den forbedrede vannkvaliteten.

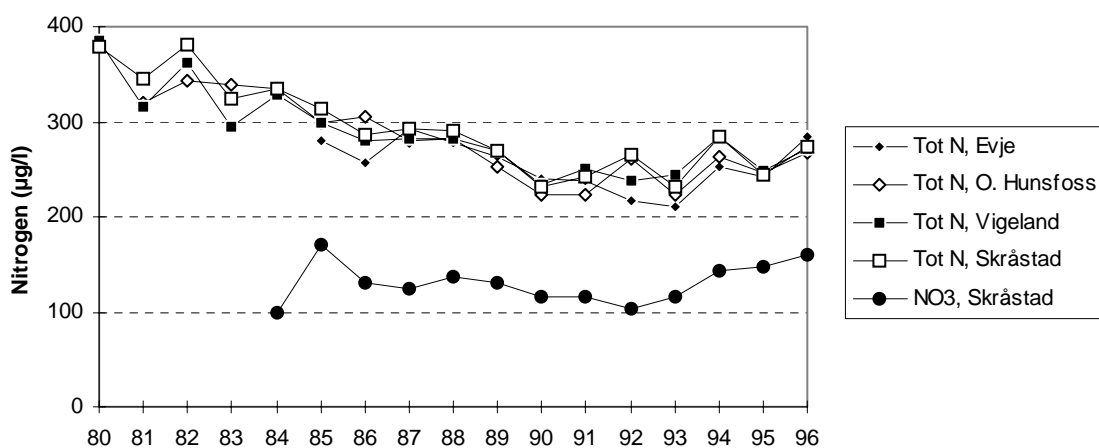


**Figur 9.** Årsmiddel-konsentrasjoner av total fosfor på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1980-1996.



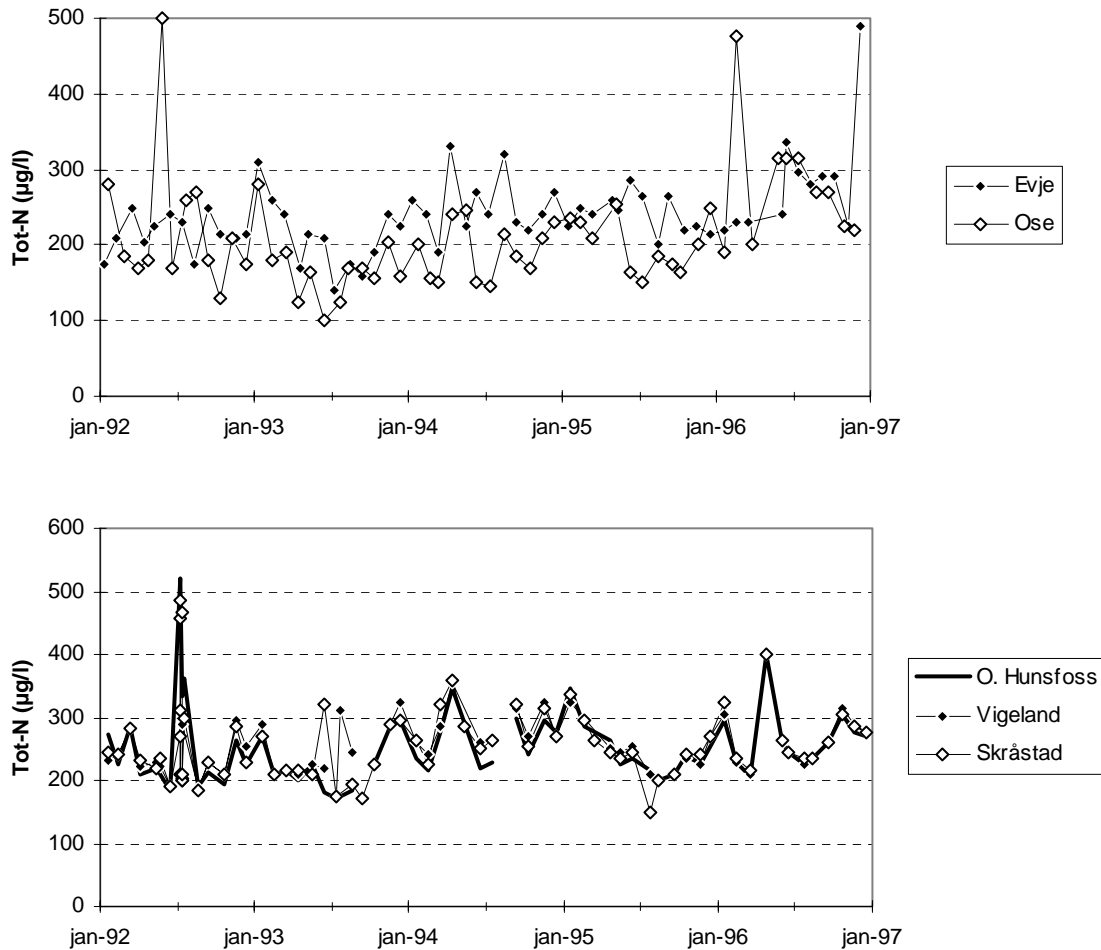
**Figur 10.** Konsentrasjon av total fosfor på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1996.

Etter at konsentrasjonene av total nitrogen gradvis sank på samtlige stasjoner i perioden 1980-1990, kan det synes å være en økende tendens igjen de 2-3 siste årene (**Figur 11**, **Figur 12**). Den nye trenden understrekes også av økende nitratverdier. De høye konsentrasjonene av total nitrogen i Otra på begynnelsen av 1980-tallet skyldes sannsynligvis sprengningsarbeider i forbindelse med vannkraftutbygging i Øvre Otra (Lande 1986). Økningen i total nitrogen og nitrat de senere årene kan ha sammenheng de høye nitrogenkonsentrasjonene i nedbøren (Skjelkvåle 1996), og en mulig økende nitrogen-lekkasje i nedbørfeltet. På strekningen Venneslafjorden - Skråstad skjer det svært lite med nitrogenkonsentrasjonen i elva. Dette viser at bidraget fra lokale forurensningskilder er lite, relativt sett, i forhold til den totale nitrogentransporten i elva på denne strekningen.



**Figur 11.** Årsmiddelkonsentrasjon av total nitrogen på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1980-1996. Middelkonsentrasjonen av nitrat er vist for stasjonen Skråstad (nederste linje i figuren).



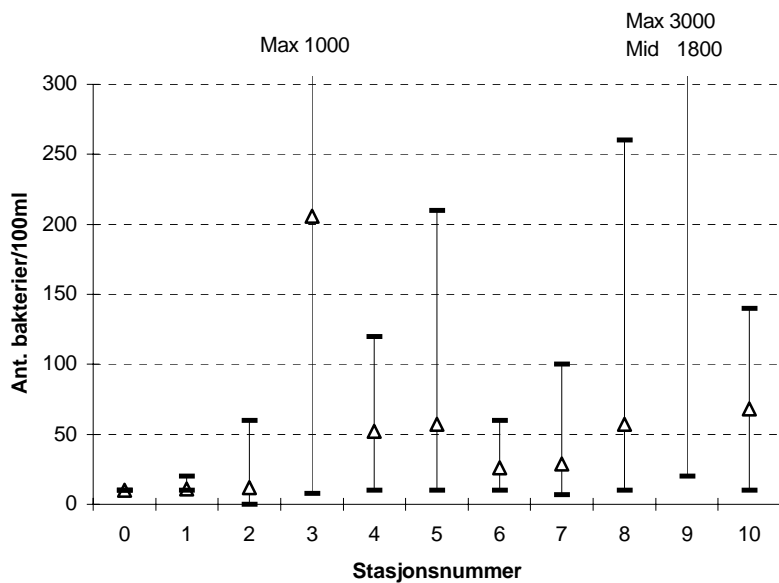


**Figur 12.** Konsentrasjoner av total nitrogen ved stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1996.

## 2.5 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. I følge Folkehelsas krav må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet skal oppnå betegnelsen “god drikkevannskvalitet” (SIFF 1987). Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann er <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode (Statens helsetilsyn 1994, SIFF 1976). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltresultatene (SIFF 1976).

Ved Steinsfossen oppstrøms Venneslafjorden ble det registrert < 10 TKB/100 ml ved alle prøvetakingene i 1996 (**Figur 13**). Dette illustrerer at stasjonen er lite påvirket av kloakk, og at den således kan tjene som referanse for de øvrige stasjonene nedover i elva. Vannkvaliteten på stasjonene 1. Nesane (Venneslafjorden), 2. Brannstasjonen (oppstrøms Hunsfoss), 4. Skjebua, 6. Hagen, 7. Skråstad og 10. Tangen kvalifiserte til betegnelsen “godt badevann” i 1996. På stasjonene 5. Kvarstein bro og 8. Påskeberget ble grenseverdien på 100 TKB/100 ml overskredet med over 100% i enkeltprøver. Dette medfører at vannkvaliteten må karakteriseres som “mindre god” for bading på disse stedene. Dårligst hygienisk vannkvalitet var det på stasjonene 3. Vigeland og 9. Tordenskjoldgate, som hadde hhv. “mindre god” og “ikke akseptabel” vannkvalitet for bading.



**Figur 13.** Forekomst av tarmbakterier på ulike stasjoner nevnt i **Tabell 2**. Middelverdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen.

**Tabell 2.** Bakterieovervåking i 1996 (lokaliteter sortert i rekkefølge fra Steinsfoss til utløpet i sjøen).

St. nr	Navn
0	Steinsfossen
1	Nesane
2	Brannstasjonen (oppstrøms Hunsfoss)
3	Vigeland
4	Skjebua
5	Kvarstein bro
6	Hagen
7	Skråstad
8	Påskeberget
9	Tordenskjoldsgate
10	Tangen

## 3. Bunndyr

### 3.1 Innledning

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 overvåking og klassifisering av forurensette resipienter. Bunndyrsamfunnene er viktige for omsetningen av organisk materiale i vassdraget og derved for vassdragets selvrensningsevne. Bunndyrene har også en viktig funksjon som næring for fisken.

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 i vassdraget over lengre tid. Vi får frem en samlet effekt av alle miljøfaktorene som påvirker vannkvaliteten på prøvetaksstedet

### 3.2 Materiale og metode

Bunndyrprøvene som her er bearbeidet ble samlet inn på de to hovedstasjonene i Otra oppstrøms og nedstrøms industriområdet på Hunsfoss. Den øverste stasjonen er lokalisert langs vestre elvebredd like nedenfor utløpet av Venneslafjorden (UTM 593 396). Denne lokaliteten har vært benyttet som prøvetakssted for bunndyr siden 1983. Elva går her over et bunnssubstrat av stein, grus og sand, med en del innslag av krypsiv, alger og mose. Begroingen på stasjonen har økt de siste årene, og dekker nå så og si hele elvebunnen hvor prøvetakingen foregår. Den andre stasjonen var plassert nedstrøms Vigeland, langs østre elvebredd (UTM 573 386). Denne stasjonen har også tidligere vært brukt til prøvetaking av bunndyrsamfunnet. Bunnssubstratet består her hovedsakelig av stein, grus og noe sand, samt en del mose. Lokaliteten som tidligere hadde en del fiberrester og en betydelig begroing av soppen *Fusarium sp.* var under befaringen i 1996 fullstendig forvandlet. Soppen var nå blitt borte og substratet var helt dekket av trådalger.

Bunndyrprøvene som er bearbeidet, vurdert og sammenstilt i denne rapporten ble samlet inn den 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92, 11.07.93, 08.07.94, 10.07.95 og 13.07.1996. Prøvene ble samlet inn ved hjelp av en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det ble brukt en elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt. Prøvene ble konservert i 70% etanol. Opptelling og bestemmelse av arter og grupper ble utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

I tillegg til det materiale som rutinemessig har vært beskrevet og vurdert i årsrapportene har det også de siste årene blitt samlet inn et tilsvarende materiale i juli fra en til to stasjoner lengre nede i Otra. Dette er stasjoner lokalisert ved Haus og fra en lokalitet mellom stedene Tunga og Skråstad. Dette materialet er for året 1996 ikke bearbeidet, men arkivert ved NIVA, og kan hentes frem ved en senere anledning hvis behovet skulle melde seg.

### 3.3 Resultater

#### Oppstrøms Hunsfoss

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble hentet inn i 1996 er vist i **Tabell 3** og **Tabell 4**. Dataene er sammenstilt med tilsvarende resultater fra perioden 1987 til 1995. Oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende bunndyrgruppen i materialet i undersøkelsesperioden. Andre vanlige grupper var børstemarkar, vannmidd og vårfluer. I materialet fra årene 1996

manglet larver av knott mens gruppen er registrert i materialet fra denne stasjonen de to siste årene. Resultatene fra bearbeidelsen av materialet fra 1994 viste at døgnfluene da var borte fra bunnfaunaen på stasjonen oppstrøms Hunsfoss slik den også var i 1992. I materialet fra 1995 og 1996 ble det funnet enkelte døgnfluelarver. Tettheten av bunndyr var på denne stasjonen i 1996 nær det dobbelte av tilsvarende prøve fra året før. Ofte vil antall individer i de enkelte bunndyrgruppene av naturlige årsaker variere noe fra år til år. Her har prøvetakingstidspunkt og forhold som tidspunktet for flom, vannføring og vanntemperatur mm. betydning for tilvekst, eggklekking og flygeperiode for de insektene som har en larveutvikling i vassdraget. Det skal også legges til at tettheten av bunndyr slik det fremkommer i bunndyrmaterialet fra 1996 var noe høyere under prøvetakingen dette året enn året før, men sammenlignet med tidligere år er forskjellene ikke så store. Variasjonene med hensyn på dominansforhold og det bilde materialet gir av miljøforholdene på stasjonene synes å ligge innenfor naturlige populasjonssvingninger.

Døgnfluefaunaen, en viktig gruppe i bunndyrsamfunnet når miljøtilstanden skal beskrives, besto i perioden 1987-1991 utelukkende av arten Leptophlebia vespertina. At denne arten var borte fra materialet i 1994 og 1995 kan være knyttet til tilfeldigheter under prøvetakingen (bl.a. vannstand-temp. mm.), men populasjonen ser ut til å være liten. Leptophlebia vespertina er først og fremst en innsjøart, men vil ofte være å finne i elver nedstrøms innsjøer. Den er også en av de få døgnflueartene som er meget tolerant overfor surt vann (Bækken og Aanes, 1990). I forsuredde elver ser en ofte at mengden av Leptophlebia vespertina øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner. En nær beslektet art fra slekten Paraleptophlebia sp. ble registrert på stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1995.

Blant steinflueartene var Leuctra fusca den vanligste. Arten har med unntak for året 1992 vært tilstede i bunndyrmaterialet fra denne stasjonen. Denne arten er tolerant overfor forsuring. Det ble i 1993 registrert en ny steinflueart på stasjonen oppstrøms Hunsfoss, nemlig Taeniopteryx nebulosa. Denne var også tilstede i materialet fra 1994, men ikke i 1995 og 1996.

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 (plankton) som driver ut av innsjøen. Vårfluefaunaen domineres av arten Polycentropus flavomaculatus. Ellers ble det i materialet registrert artene Neuroclipsis bimaculata, Plectrocnemia conspersa og Athripsodes sp.

Samlet viser resultatene at bunndyrsamfunnet på denne stasjonen har en typisk utløpspåvirket fauna, samtidig som materialet beskriver et bunndyrsamfunn som viser at vassdraget er forsuringsskadet.

### Nedstrøms Vigeland

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble hentet inn i 1996 nedstrøms Vigeland er vist i **Tabell 3** og **Tabell 4**. Dataene er sammenstilt med tilsvarende resultater fra perioden 1987 til 1995. Bunndyrtettheten var også på denne stasjonen langt høyere enn ved tilsvarende prøvetaking i 1995. Dette skyldes som for stasjonen oppstrøms Hunsfoss en stor dominans av fjærmygglarver ved årets prøvetaking. Døgnfluer var representert på denne stasjonen tidligere, men ble ikke påvist i bunndyrprøvene fra perioden 1983-1986 (Laake 1987). I perioden 1987-1996 er det heller ikke registrert døgnfluelarver på denne stasjonen.

Fåbørstemark utgjorde i 1996 bare 5 % av bunnfaunaen på denne stasjonen ved prøvetakingen i juli. Året før var denne dyregruppens dominant i bunndyrsamfunnet nedstrøms Vigeland (34 %). Denne gruppen har også tidligere utgjort en betydelig del av bunnfaunaen på denne stasjonen (**Tabell 5**). I 1989 var fåbørstemark den klart dominerende bunndyrgruppen på denne stasjonen og utgjorde 72 % av

**Tabell 3.** Bunndyr oppstrøms Hunsfos fabrikker og Nedstrøms Vigeland i Otra 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92, 11.07.93, 08.07.94, 10.07.95 og 13.07.1996. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

År :	Oppstrøms Hunsfoss								
	87	89	90	91	92	93	94	95	96
Rundmarker	44	120	20	32	32	48	112	5	0
Børstemarkar	108	72	24	56	96	176	176	83	246
Igler	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannmidd	104	304	108	152	272	160	288	131	195
Døgnfluer	120	72	8	40	0	8	0	1	8
Steinfluer	20	24	12	22	0	200	448	122	29
Biller, larver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biller, voksne	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vårfluer	128	48	24	64	48	64	64	57	173
Knott	4	16	4	0	0	0	48	5	0
Fjærmygglarver	1248	3664	740	984	1152	944	2144	280	984
Fjærmyggpupper	16	16	8	0	0	16	16	0	0
Andre tovinger	28	40	4	0	0	16	16	0	48
Sum	1820	4376	952	1350	1600	1632	3328	684	1683
Antall gr.	9	9	97	5	8	8	8	8	7

År :	Nedstrøms Vigeland								
	87	89	90	91	92	93	94	95	96
Rundmarker	44	232	56	208	80	128	224	51	168
Børstemarkar	352	1920	568	256	288	608	320	557	357
Igler	0	0	0	0	48	0	0	3	0
Vannmidd	32	152	28	48	32	288	128	167	192
Døgnfluer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steinfluer	8	0	8	0	0	48	64	36	50
Biller, larver	0	0	0	192	112	112	0	6	0
Biller, voksne	12	16	8	0	16	16	0	12	0
Vårfluer	0	0	0	0	0	32	2	33	99
Knott	4	0	0	0	0	0	0	0	24
Fjærmygglarver	1056	344	1520	2048	1248	1440	7680	708	5550
Fjærmyggpupper	20	8	16	96	0	32	96	47	48
Andre tovinger	4	0	8	0	16	16	0	9	24
Sum	1532	2680	2212	2848	1840	2720	8516	1629	6512
Antall gr.	8	5	7	5	8	8	6	9	8

**Tabell 4.** Døgn-, stein- og vårfluearter oppstrøms Hunsfoss og nedstrøms Vigeland i Otra 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92, 11.07.93, 08.07.94, 10.07.95 og 13.07.96. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

År :	Oppstrøms Hunsfoss								
	87	89	90	91	92	93	94	95	96
<b>Døgnfluer</b>									
Leptohplebia vespertina	120	72	8	40	0	8	0	0	8
Paraleptophlebia sp.								1	0
<b>Steinfluer</b>									
Siphonoperla burmeisteri	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Taeniopteryx nebulosa	0	0	0	0	0	8	16	0	0
Leuctra fusca	20	24	8	22	0	192	432	120	29
<b>Vårfluer</b>									
Oxyethira sp.	48	8	0	0	0	0	0	0	0
Plectrocnemia conspersa	48	16	16	0	0	16	0	0	16
Polycentropus flavomaculatus	32	16	0	40	48	40	56	23	87
Neureclipsis bimaculata	0	0	0	24	0	8	8	9	48
Hydropsyche sp.	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Athripsodes sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	22
Tinodes waeneri	0	0	0	0	0	0	0	0	0

År :	Nedstrøms Vigeland								
	87	89	90	91	92	93	94	95	96
<b>Døgnfluer</b>									
Leptohplebia vespertina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paraleptophlebia sp.								0	0
<b>Steinfluer</b>									
Siphonoperla burmeisteri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taeniopteryx nebulosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leuctra fusca	8	0	8	0	0	48	64	35	50
<b>Vårfluer</b>									
Oxyethira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Plectrocnemia conspersa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropus flavomaculatus	0	0	0	0	0	16	1	2	10
Neureclipsis bimaculata	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsyche sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae indet.	0	0	0	0	0	16	1	0	0
Athripsodes sp.	0	0	0	0	0	0	0	22	57
Tinodes waeneri	0	0	0	0	0	0	0	9	0

bunndyrmaterialet dette året. Når disse to gruppene fjærmygglarver og fåbørstemark har en slik dominans i bunndyrsamfunnet er det en sterk indikasjon på at det er en betydelig overbelastning av selvrengingsprosessene i vassdraget og at dette skyldes store tilførsler av organisk materiale. Dette fører blant annet til at mange av de andre dyregruppene i bunndyrsamfunnet er slått ut.

**Tabell 5.** Fjærmygglarver og børstemarks prosentvise andel av bunnfaunaen på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss og på stasjonen nedstrøms Vigeland for perioden 1987 til 1996.

#### Oppstrøms Hunsfoss

År	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Fjærmygg larver	67 %	84 %	78 %	73 %	72 %	58 %	64 %	41%	58%
Fåbørstemark	6 %	2 %	3 %	4 %	6 %	11 %	5%	12%	15%
Samlet	73 %	86 %	81 %	77 %	78 %	69 %	69 %	53%	73%

#### Vigeland

År	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Fjærmygg larver	69 %	13 %	69 %	72 %	68 %	53 %	90 %	47%	86%
Fåbørstemark	23 %	72 %	26 %	9 %	16 %	22 %	4%	34%	5%
Samlet	92 %	74 %	95 %	81 %	84 %	75 %	94 %	81%	91%

Av de andre gruppene i bunnfaunaen som en normalt skulle forvente å finne på stasjonen nedstrøms Vigeland manglet viktige grupper som døgnfluer og biller mens det ble funnet enkelte knottlarver i materialet fra bunndyrsamfunnet på denne stasjonen. Antallet larver av vårfluer har hatt en økning fra 1994 til 1996. Steinfluer er bare sporadisk funnet i materialet fra denne stasjonen, men synes nå siden 1993 å være et mere permanent innslag i bunnfaunasamfunnet på stasjonen nedstrøms Vigeland. Gruppen steinfluer er representert i materialet fra 1996 ved arten *Leuctra fusca* og vårfluer med arten *Polycentropus flavomaculatus*, og individer fra slektene *Arthripsodes* og *Oxyethidra*, samt en ubestemt art fra familien *Limnephilidae*. Slekten *Oxyethidra* er tidligere ikke registrert i bunndyrmaterialet fra denne stasjonen.

Det mangelfullt sammensatte bunndyrsamfunnet som registreres på stasjonen nedstrøms Vigeland er et resultat av den belastningen elva mottar av organisk materiale og næringssalter 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, kan tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i den siste del av undersøkelsesperioden. Men fremdeles er det et svært atypisk bunndyrsamfunn vi registrerer på denne stasjonen, hvor mange av de viktige næringsdyrene for fisken i vassdraget er borte.

Ved tilførsler av næringssalter og organisk stoff til en resipient vil bunndyrsamfunnets respons være avhengig av den mengden som tilføres, dets sammensetning og hvilke egenskaper det har. Lett nedbrytbare organiske forbindelser vil føre til rask vekst av mikroorganismer med stort forbruk av vannets oksygeninnhold. Særlig vil dette gjøre seg gjeldene i sakteflytende deler av vassdraget og vil her lett medføre oksygenmangel i øvre deler av substratet og således totalt endre bunndyrfaunaen. Tungt nedbrytbare stoffer vil også gi økt grobunn for mikroorganismer, men i mye mindre grad. Vi får derimot et økt partikkelinnhold i vassdraget og en tilslamming av bunnssubstratet. Denne nedslammingen vil hindre oksygentransporten ned i bunnssubstratet og dekke til hulrommene i substratet mellom steiner, grus og sand. Dette er viktige tilholdssteder for den vanlige bunnfaunaen i rennende vanns økosystemer, og nedslammingen vil føre til at den delen av faunaen som lever dypere nede i bunnssubstratet vil forsvinne eller bli vesentlig redusert på grunn av oksygenmangel.

Dette resulterte tidligere i en tett bestand av soppen Fusarium sp. som dekket bunnsubstratet over hele elveprofilen nedstrøms Vigeland. De endrede forholdene som fulgte i kjølvannet av forurensningene fra industrien oppstrøms Vigeland reduserte den normale bunnfaunaen. Samtidig som denne tilstanden favoriserer enkelte andre arter/grupper i bunnfaunaen. Dette vil i særlig grad være arter/grupper som kan nyttiggjøre seg det organiske slammet, men samtidig må disse dyregruppene tåle et 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 når påvirkningen blir for sterk. Ved stasjonen nedstrøms Vigeland, synes bunndyrsamfunnets sammensetning frem til 1996 først og fremst å være et resultat av organisk forurensning. I tillegg er bunndyrsamfunnet på dette vassdragsavsnittet av Otra i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forurensningen i vassdraget noe som er tydelig på stasjonen oppstrøms Hunsfoss.

Ved undersøkelsene i 1996 var det forventet en kraftig bedring i forurensningstilstanden nedstrøms Hunsfoss, og at vassdraget var kommet betydelig nærmere det som vi forventer var naturtilstanden på denne strekningen av Otra. Dette ville ha gitt en variert og rik bunndyrproduksjon som så kunne ha gitt grunnlag for en oppvekst av fiskebestandene i vassdraget. Slik var ikke forholdene i 1996. Soppen som tidligere dekket elvebunnen var erstattet med lange trådalger som dekket elvebunnen nær 100% på prøvetaksstedet. Situasjonen var på mange måter lik den en hadde før bortsett fra at dyregruppen fåbørstemark som tidligere var begunstiget av store mengder lett nedbrytbart organisk materiale, sopp og bakterier nå var byttet ut med arter av fjærmygg larver som kunne finne skjul og mat i mattene av alger. Tilslamming og dårlig vannutskifting i substratet fører nå som tidligere til at det er bare det aller øverste laget av substratet som er egnet for bunndyrproduksjon. Dette har også en negativ betydning for vassdragets selvrensningsevne.

### **3.4 Materiale som ikke er bearbeidet**

Det er foretatt en supplerende prøvetaking i mai fra årene 1991 til 1994 på disse fire stasjonene i Otra og i tillegg til metoden med elvehåv (NS 4719) er det hentet inn et mer omfattende materiale fra bunndyrsamfunnene i nedre deler av Otra. Dette er gjort fordi våren er et viktig prøvetakingstidspunkt både ut fra hensyn til vurderingen av vannkvaliteten i vassdraget (beskriver vintersituasjonen), men også fordi bunndyrsamfunnet da normalt har sin største variasjon og mangfold. Vi følte at det var viktig å ha et godt materiale om bunnfaunaens funksjonelle og strukturelle oppbygning og derved vannkvaliteten på denne årstiden når bedringen etter de tiltakene som skulle gjennomføres for å redusere forurensningsbelastningen skulle dokumenteres.

Materialet er samlet inn som et referansemateriale og vil som nevnt være viktig for senere dokumentasjon av den effekt rensetekniske tiltak har hatt på denne strekningen av Otra. Slike data er spesielt verdifulle da de gir med relativt stor nøyaktighet et bilde av bunnfaunaen uttrykt som antall dyr pr. kvadratmeter elvebunn. Materialet som er samlet inn på en slik måte har en bedre utsagnskraft enn de mere kvalitative metodene som rutinemessig er brukt i denne overvåkningsundersøkelsen. Dette bunndyrmaterialet, som er hentet inn ved befaringene i mai (fra fire st. i Otra) er arkivert ved NIVA, Oslo.



## 4. Begroing

### 4.1 Innledning

Begroing er en fellesbetegnelse for organismesamfunn festet til elvebunnen eller annet underlag i elva. Funksjonelt er det tre ulike typer begroing:

Primærprodusenter:	Alger, moser (høyere planter regnes ikke med)
Nedbrytere:	Bakterier, sopp
Konsumenter:	Enkle fastsittende organismer eks. ciliater, fargeløse flagellater og svamper

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 begroingssamfunnet. Bare, i betydelig forurensede vassdrag, 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.

### 4.2 Materiale og metoder

Det samles prøver av begroing på fire stasjoner, 1 oppstrøms og 3 nedstrøms industribedriftene. Prøvene samles inn 2 ganger pr. år (juli og sept.) for å finne evt. årstidsvariasjoner i begroing av bl.a. sopp. Det legges vekt på å studere utviklingen av soppen *Fusarium aquaeductum*. Prøvene blir tatt på samme måte og på samme lokaliteter hvert år, slik at det er mulig å trekke sammenligninger.

### 4.3 Resultater

Resultatene av begroingsobservasjonene i Otra 1996 er vist i vedlegg 6.4 og 6.5, resultatene av kiselalgeanalysene i vedlegg 6.6. Det er som tidligere undersøkt 4 stasjoner i Otra:

1. Utløp Venneslafjorden (tilsvarer vannkjemistasjonen oppstrøms Hunsfoss)
- 2 - 4. Stasjoner nedstrøms industribedriftene (st.2 Vigeland, st.3 Hagen, st.4 Skråstad)

#### Artssammensetning og mengdemessig forekomst av noen viktige begroingsorganismer

Sammenliknet med stasjonene nedstrøms i elva har begroingssamfunnet i utløp av Venneslafjorden (st.1) vist liten endring fra år til år. Det gjelder såvel artssammensetning som mengdemessig forekomst. Forekomst av fem alger som alle er karakteristiske for en noe sur, næringsfattig vannkvalitet er vist i **Figur 14**. Bortsett fra den trådformede grønnalgen *Microspora palustris* med varieteten *minor*, som har ubetydelig forekomst på st.1 (se nederst i figuren), har disse algene hatt markert forekomst i utløpet av Venneslafjorden i hele undersøkelsesperioden 1992-1996. Den trådformede grønnalgen *Zygonium* sp3 har dekket store deler av elveleiet og dannet et mørkt grønlignende til rødlignende "slør" over all annen begroing i hele perioden. Blågrønnalgen *Stigonema mamillosum*, som

danner et mørkt filtet overtrekk direkte på steinene, har vanligvis dekket storparten av de strandnære områdene. Andre, mindre dominerende alger, har også hatt stabil forekomst.

I 1996 ble det for første gang observert en art innen grønnalgeslekten *Spirogyra* i denne del av Otra. Denne trådformede grønnalgen dekket 2-3% av elveleiet i utløpet av Venneslafjorden i september. Dette er verd å merke seg da all erfaring tilsier at arter innen slekten *Spirogyra* ikke trives i sterkt forsuret vann (Lindstrøm 1992). Funn av *Spirogyra* kan være et resultat av at pH har økt til over 5.5 i 1995-96. Hvis tendensen til økt pH oppstrøms Vigeland fortsetter, kan man trolig forvente en naturlig reetablering av forsuringssømfintlige arter i årene som kommer.

På stasjonene nedenfor industribedriftene (st.2. Vigeland, st.3 Hagen og st.4 Skråstad) var den tidligere så markerte sopp *Fusarium aqueductum* ikke lenger merkbar i 1996, **Figur 15**. Det ble riktignok registrert en liten forekomst av *Fusarium* i september sammen med en del fibre og diverse trådbakterier. Dette er trolig et resultat av mindre, trolig kortvarige utslipp fra industribedriftene i området. De prøvene som ble samlet i juli hadde ikke like markerte innslag av sopp, bakterier og fibre.

Nedenfor Vigeland er en del fastsittende alger og moser er i ferd med å etablere seg, **Figur 14** og **Figur 16**. Det er imidlertid vanskelig å få noe klart bilde av dette fordi begroingsamfunnet i denne del av Otra er preget av store endringer, både fra år til år og i løpet av vekstperioden (juli til september). Dette skyldes sannsynligvis stadige endringer og bedringer i vannkvaliteten som følge av avskjærende ledninger og andre tiltak for å minske utslippene. På den negative siden noteres muligens også ukontrollerte utslipp.

Det ble tidligere antatt at veksten av trådformede grønnalger ville øke etter at utslippene til nedre deler av Otra ble redusert (Kaste et al. 1995 og 1996). Selv om det ble notert økt trådalgeforekomst nedenfor Vigeland i september 1995, var det først i juli 1996 at de trådformede grønnalgene fikk massiv forekomst. Da dekket de det meste av elveleiet på alle tre stasjoner nedenfor Vigeland. Det var innledningsvis noe overraskende at det ikke var *Zygogonium sp3* (se st.1) men en annen trådformet grønnalge, *Microspora palustris* var minor, som fikk masseforekomst. Erfaringer fra norske vassdrag tilsier imidlertid at denne algens preferanse mht. totP, totN og pH, svarer meget godt til forholdene i Otra nedstrøms Vigeland i 1996. Optimal pH for *M. palustris* v. minor er 5.5, optimum for totP er ca 3 µg/L og for totN 2-300 µg/L (Lindstrøm, under utarbeidelse). Hvorvidt *Microspora* vil opptre med liknende masseforekomster hvert år er vanskelig å forutsi. For tiden ser det ut til å være så markerte endringer og vekslinger i forholdene i elva at det neppe vil opptre helt tilsvarende masseforekomster av trådalger hvert år.

### Kiselalgesamfunnet

Vedlegg 6.6 viser resultatene av kiselalgeanalysene. I forhold til de tilsvarende undersøkelsene i 1995 viste kiselalgesamfunnet svært små endringer i artssammensetning og mengdemessig forekomst. Forsuringstolerante arter som *Tabellaria flocculosa* og diverse representanter for slekten *Eunotia* preget samfunnet på alle stasjoner. I likhet med 1995 ble det registrert stor forekomst av den noe forurensningstolerante arten *Navicula cryptocephala* nedenfor industribedriftene, da særlig på den nederste stasjonen (st.4) i september. Kiselalgesamfunnet er ikke lenger spesielt artsfattig nedenfor industribedriftene og er nå mer eller mindre det samme på hele den undersøkte elvestrekningen.

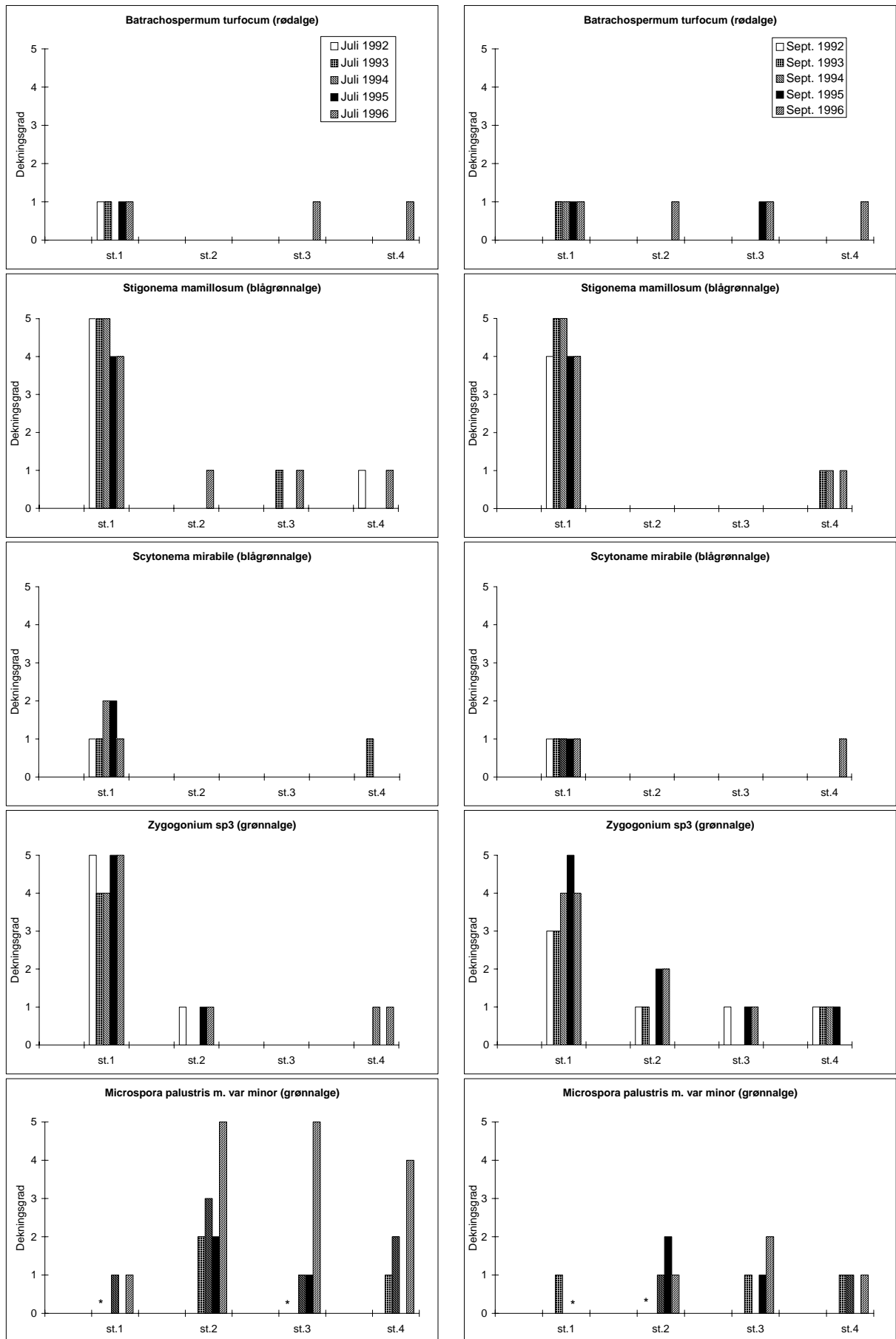
### Artsantall av primærprodusenter og nedbrytere/konsumenter

**Figur 17** viser antall taxa av primærprodusenter (bare blågrønnalger, grønnalger og moser er vist i figuren) og nedbrytere/konsumenter (sopp, bakterier, enkle dyr) i årene 1992 til 1996. Ovenfor industriutslippene ved utløp av Venneslafjorden (st.1) ser det ut til å være en moderat økning i artsantall av primærprodusenter. Dette kan selvfølgelig skyldes at man kjenner lokaliteten svært godt

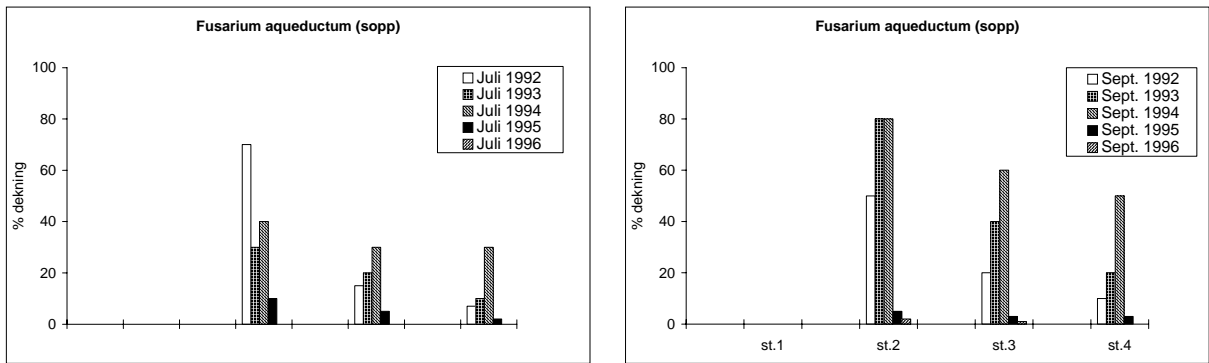
og derved finner flere arter, men det kan også ha sammenheng med økende pH og etablering av mer forsuringstølsomme arter.

Nedenfor industriutslippene (st. 2, st.3 og st.4) har artsantall av primærprodusenter økt markert i 1995 og 1996. Økningen har vært særlig utpreget på st. 2 Vigeland og st.3 Hagen. Her er artsantall av primærprodusenter mer enn fordoblet siden de regelmessige begroingsobservasjonene startet i 1992. På den nederste stasjonen ved Skråstad har det ikke skjedd nevneverdige endringer i arts mangfoldet de senere år.

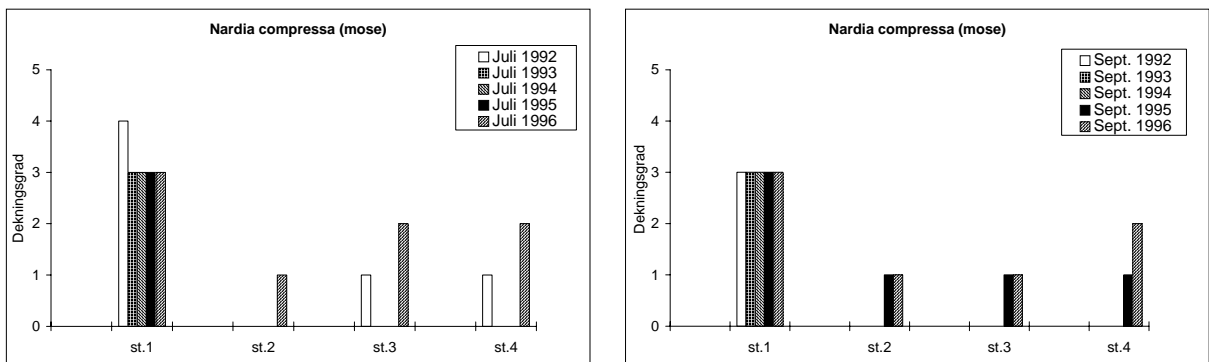
Som nevnt tidligere kommer andre organismer mer til syne etter at den massive soppveksten av *Fusarium* forsvant fra vassdraget. Det gjelder trolig også diverse nedbrytere og konsumenter, som nå i tillegg har mindre konkurranse om næringen.



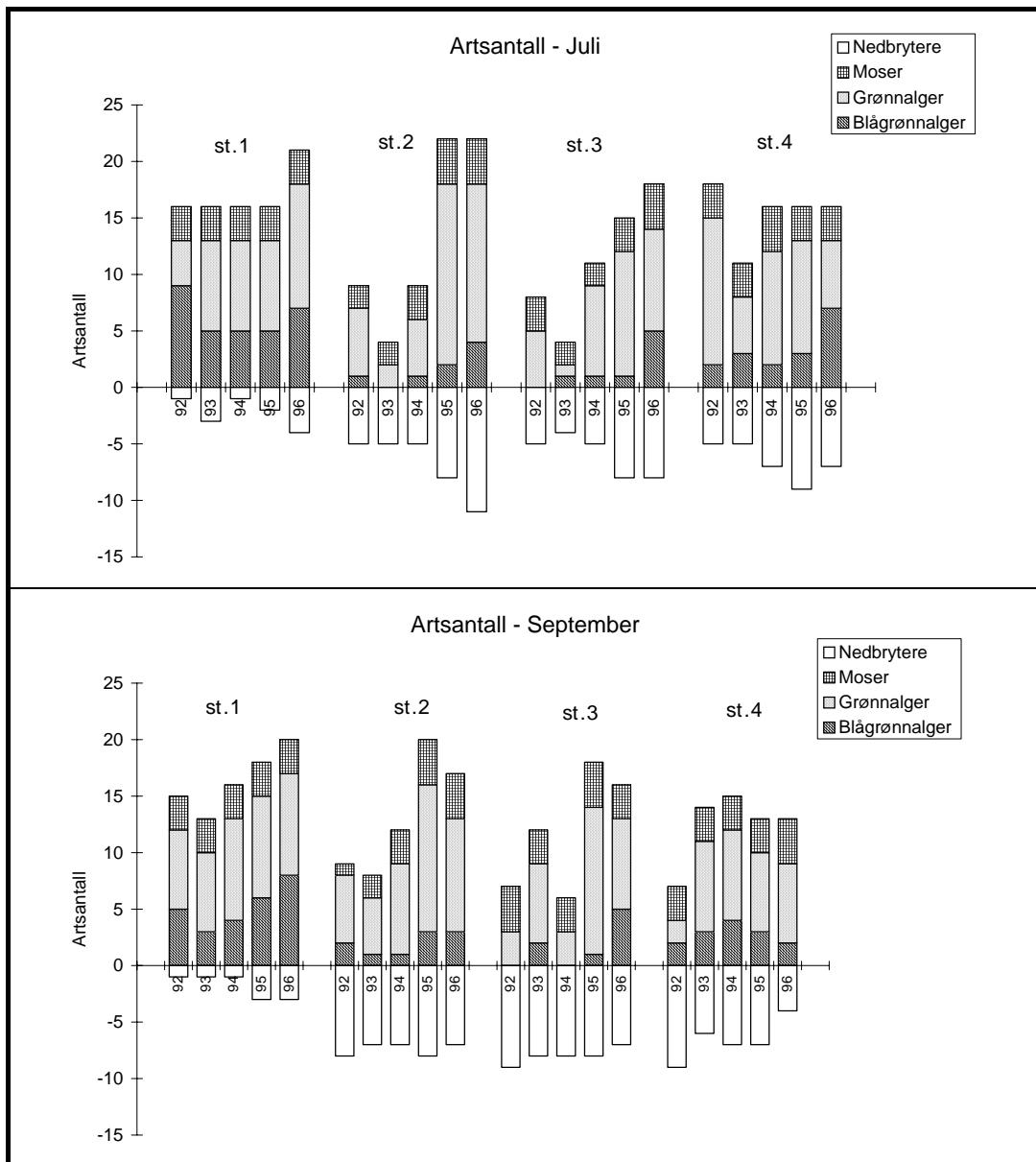
**Figur 14.** Dekningsgrad av fem alger i Otra, 1992 - 96. Juli (venstre) - September (høyre). \* = observert.



Figur 15. Prosent av eleveleiet dekket av soppen *Fusarium aqueductum*. Otra, 1992-1996.



Figur 16. Dekningsgrad av mosen *Nardia compressa*. Otra, 1992-1996.



Figur 17. Artsmangfold av primærprodusenter og nedbrytere/konsumenter i Otra, juli og september 1996.

## 5. REFERANSER

- Aanes, K.J. og Bækken, T. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 1. Generell del. SFT/NIVA-rapport 2278.
- Bækken, T. og Aanes, K.J. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 2A. Forsuring. SFT/NIVA-rapport 2491.
- 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.
- Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1995. Otra 1994. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 606/95, NIVA-løpenr. 3290, 42 s.
- Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Lindstrøm, E.A. og Aanes, K.J. og 1996. Otra 1992-1995. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 657/96, NIVA-løpenr. 3479, 51 s.
- Kroglund, F., Staurnes, M. og Kvellestad, A. 1994. Vannkvalitetskriterier for laks. Kalking av Vikedalselva, s. 208-223. I: Kalking i vann og vassdrag 1992. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1992. DN-notat 1994-2.
- 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.
- Lindstrøm, E.A. 1992
- NVE 1997. Vannføring NVE-stasjonen Vigeland 1996. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.
- SIFF 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- SIFF 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. G2. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Skjelkvåle, B.L. (red.) 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - effekter 1995. Statens forurensningstilsyn (SFT), rapport 671/96, 193 s.
- Statens Helsetilsyn 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.
- Staurnes, M., Kroglund, F. og Rosseland, B.O. 1995. Water quality requirement of atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. Water, Air, and Soil Pollut. vol.85, no.2, 347-352.

## 6. VEDLEGG

### 6.1 Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1994.

- 1981: Tryland, Ø. 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/81. NIVA-løpenr. 1312. 27 s.
- 1981: Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 6/81, NIVA-løpener. 1298, Oslo. 55 s.
- 1982: 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.
- 1983: Grande, M. og Wright, R.F. 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. NIVA-løpenr. 1655. 45 s.
- 1983: Wright, R. F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. NIVA-løpenr. 1483, 23 s.
- 1983: 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.
- 1984: Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. NIVA-løpenr. 1653, 46 s.
- 1985: Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. SFT-overvåkingsrapport 199/85, NIVA-løpenr. 1775. 49 s.
- 1985: Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra 1985. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 249/86, NIVA-løpenr. 1912. 40 s.
- 1987: Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 292/87, NIVA-løpenr. 2056, 106 s.
- 1987: Traaen, T.S. og Johannessen, M. 1987. Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 301/88. NIVA-løpenr. 2069, 29 s.
- 1991: Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. 1991. Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 472/91, NIVA-løpenr. 2657, 68 s.
- 1993: 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.
- 1994: Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1994. Otra 1993. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 576/94, NIVA-løpenr. 3109, 44 s.
- 1995: Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1995. Otra 1994. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 606/95, NIVA-løpenr. 3290, 42 s.
- 1996: Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Lindstrøm, E.A. og Aanes, K.J. og 1996. Otra 1992-1995. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 657/96, NIVA-løpenr. 3479, 51 s.



## 6.2 Primærdata, vannkjemi og bakterier 1996.

Forklaring til tabellene:

Tabellforkortelse:		Enhet:
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

Stasjon	Dato	pH	Ca mg/l	Alk mmol/l	Alk-E µekv/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l	TOC mg/l	Kond mS/m	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO42- mg/l	NO3 µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	ANC µekv/l	KOF mg O/l	Turb FTU
Skråstad	17/01/96	5,60	1,03	0,040	10	81	48	33	2,1	1,93	0,39	1,53	0,25	2,5	3,1	195	325	5	7	2,4	
Skråstad	14/02/96	5,93	0,90	0,050	21	48	30	18	1,5	1,57	0,28	1,19	0,19	1,9	2,1	160	235	2	16	1,8	
Skråstad	18/03/96	5,95	1,01	0,049	20	41	24	17	1,4	1,58	0,31	1,11	0,19	1,8	2,4	148	215	3	18	1,8	
Skråstad	24/04/96	5,44	1,12	0,038	8	94	63	31	3,1	2,26	0,33	1,73	0,34	2,6	3,0	245	400	5	14	3,2	
Skråstad	31/05/96	5,65	0,96	0,035	4	66	45	21	2,3	1,91	0,32	1,35	0,24	2,1	2,7	155	265	3	13	2,5	
Skråstad	18/06/96	5,95	1,00	0,048	19	50	41	9	1,9	1,73	0,28	1,30	0,22	2,2	2,4	132	245	3	14	2,1	
Skråstad	23/07/96	6,06	0,93	0,044	14	38	30	8	2,1	1,62	0,26	1,24	0,22	1,9	2,2	119	235	5	20	2,4	
Skråstad	14/08/96	5,97	0,93	0,050	21	30	21	9	2,0	1,63	0,27	1,17	0,25	1,8	2,2	131	235	3	20	1,9	
Skråstad	18/09/96	5,94	0,95	0,045	15	46	35	11	2,3	1,68	0,27	1,20	0,27	1,8	2,5	141	260	3	16	3,4	
Skråstad	22/10/96	5,72	1,21	0,044	14	108	82	26	3,5	2,15	0,32	1,65	0,28	2,6	3,1	155	305	7	17	4,2	
Skråstad	20/11/96	5,67	1,06	0,042	12	96	50	46	2,8	1,95	0,37	1,42	0,27	2,5	3,2	160	285	3	3	3,5	
Skråstad	17/12/96	5,66	1,06	0,044	14	84	49	35	2,2	1,89	0,31	1,46	0,25	2,4	2,5	170	275	5	16	2,9	
Vigeland	17/01/96	5,35	0,96						1,9	2,10	0,49						305	3		2,2	
Vigeland	14/02/96	5,92	0,90						1,5	1,54	0,26						230	2		1,8	
Vigeland	18/03/96	9,05	0,93						1,4	1,46	0,27						210	2		1,5	
Vigeland	24/04/96	5,43	1,09	0,042	12	93	68	25	3,1	2,20	0,32	1,71	0,36	2,6	2,9	240	400	5	13	3,6	
Vigeland	31/05/96	5,81	0,94						2,3	1,73	0,24						260	4		2,7	
Vigeland	18/06/96	5,89	0,95						1,9	1,65	0,26						245	2		2,3	
Vigeland	23/07/96	6,08	0,90						2,3	1,61	0,28						225	4		2,5	
Vigeland	14/08/96	6,02	0,88						2,0	1,54	0,23						235	3		1,6	
Vigeland	18/09/96	6,02	0,90						2,3	1,63	0,25						265	4		2,4	
Vigeland	22/10/96	5,66	1,17						3,6	2,14	0,31						315	4		4,0	
Vigeland	20/11/96	5,73	1,08						3,1	1,93	0,30						290	3		3,2	
Vigeland	17/12/96	5,57	1,08						2,2	1,94	0,29						275	6		2,8	
O. Hunsfoss	17/01/96	5,71	0,93						1,8	1,72	0,24						295	2		1,9	
O. Hunsfoss	14/02/96	5,93	0,86						1,2	1,43	0,20						230	2		1,4	
O. Hunsfoss	18/03/96	6,01	0,87						0,9	1,32	0,20						205	1		0,8	
O. Hunsfoss	24/04/96	5,38	1,04	0,041	11	98	66	32	2,8	2,10	0,29	1,67	0,34	2,6	2,8	240	400	4	3,2		
O. Hunsfoss	31/05/96	5,72	0,88						2,2	1,68	0,22						260	2		2,1	
O. Hunsfoss	18/06/96	5,83	0,87						1,7	1,54	0,21						245	2		1,7	
O. Hunsfoss	23/07/96	5,95	0,85						1,8	1,43	0,20						225	7		1,6	
O. Hunsfoss	14/08/96	6,13	0,86						1,6	1,61	0,19						235	2		1,4	
O. Hunsfoss	18/09/96	5,79	0,89						2,0	1,50	0,20						260	3		2,1	
O. Hunsfoss	22/10/96	5,53	1,10						3,5	2,06	0,28						305	4		3,6	
O. Hunsfoss	20/11/96	5,63	0,98						2,6	1,76	0,25						275	2		3,0	
O. Hunsfoss	17/12/96	5,64	0,97						2,1	1,74	0,25						270	2		2,4	
Evje	23/01/96	5,84	0,71		12	50	40	10	1,2	1,48	0,18	1,01	0,16	1,6	1,6	140	220	3	10	1,8	
Evje	19/02/96	5,93	0,74		12	45	35	10	1,0	1,33	0,18	0,94	0,14	1,6	1,6	140	230	3	8	1,9	
Evje	18/03/96	4,69	0,76		16	30	30	0	1,0	1,31	0,17	0,92	0,15	1,5	1,4	155	230	3	13	1,2	
Evje	04/06/96	6,11	0,97		21	55	45	10	1,7	1,63	0,29	1,10	0,16	1,5	2,0	145	240	3	30	2,0	
Evje	17/06/96	5,56	0,90		13	80	60	20	2,2	1,65	0,24	1,11	0,17	1,9	2,0	160	335	14	11	3,3	
Evje	15/07/96	6,02	0,80		10	55	25	30	2,0	1,45	0,19	0,99	0,25	1,6	1,7	160	295	3	13	2,1	
Evje	13/08/96	6,04	0,78		12	55	55	0	1,5	1,49	0,20	0,96	0,27	1,7	1,6	150	280	3	12	1,8	
Evje	09/09/96	5,97	0,79		15	45	35	10	1,9	1,43	0,18	0,97	0,26	1,4	1,7	155	290	3	17	2,2	
Evje	07/10/96	5,51	1,06		7	120	70	50	2,7	1,88	0,25	1,10	0,24	2,0	2,5	130	290	5	10	3,8	
Evje	11/11/96	5,78	0,79		8	70	55	15	2,2	1,54	0,20	1,00	0,22	1,6	2,0	160	225	3	7	2,3	
Evje	09/12/96	6,35	0,81		11	80	60	20	2,2	1,64	0,20	1,00	0,20	1,7	1,8	150	490	3	9	1,7	
Ose	23/01/96	6,15	0,73		17	30	30	0	1,0	1,30	0,16	0,83	0,13	1,3	1,3	135	190	3	16	1,2	0,2
Ose	19/02/96	6,17	0,76		23	25	20	5	1,0	1,20	0,17	0,82	0,13	1,4	1,3	130	475	3	15	1,0	0,2
Ose	25/03/96	6,26	0,80		20	20	20	0	1,0	1,51	0,17	0,86	0,14	1,4	1,2	145	200	3	20	1,0	0,2
Ose	28/05/96	5,58	0,70		10	80	65	15	3,9	1,43	0,18	0,89	0,38	1,2	2,0	160	315	5	11	3,8	0,2
Ose	17/06/96	5,70	0,66		9	45	20	25	1,6	1,27	0,16	0,78	0,30	1,3	1,6	215	315	5	2	5,0	0,4
Ose	15/07/96	6,12	0,74		13	30	20	10	1,0	1,33	0,18	0,87	0,30	1,4	1,4	150	315	4	18	1,8	1,0
Ose	27/08/96	5,97	0,76		12	60	50	10	2,0	1,26	0,17	0,77	0,17	1,1	1,6	145	270	7	15	2,5	0,5
Ose	24/09/96	6,35	1,02		31	20	20	0	1,1	1,54	0,19	0,97	0,33		1,7	175	270	4		1,3	0,3
Ose	30/10/96	5,51	0,84		6	160	110	50	3,3	2,68	0,21	0,99	0,18	1,3	2,2	100	225	4	17	4,8	0,6
Ose	25/11/96	6,03	0,92		18	70	60	10	1,6	1,50	0,19	0,94	0,23	1,4	1,8	175	220	3	19	1,7	0,3

**Termostabile koliforme bakterier (antall pr. 100 ml vann).**

Dato / st.nr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10/06/96	<10	<10	60	310	120	100	30	<10	40	>3000	50
17/06/96	<10	<10	<10	10	30	<10	10	<10	<10	20	<10
24/06/96	<10	<10	10	<10	<10	30	<10	30	10	>3000	50
01/07/96	<10	20	10	50	50	30	20	30	60	960	120
08/07/96	<10	<10	10	30	100	50	40	30	80	3000	20
15/07/96	<10	10	10	40	30	60	50	20	<10	1100	50
22/07/96	<10	<10	<10	50	30	10	20	70	10	>3000	10
29/07/96	<10	<10	10	200	40	50	60	100	80	1900	90
06/08/96	<10	<10	10	790	100	210	<10	<10	260	400	140
12/08/96	<10	<10	10	20	10	20	<10	20	10	1700	140
18/09/96			<10	1000				<10			
22/10/96			7	270				40			
20/11/96			1	8				7			
17/12/96			0	90				15			

St. nr	Navn
0	Steinsfossen
1	Nesane
2	Brannstasjonen
3	Vigeland
4	Skjebua
5	Kvarstein bro
6	Hagen
7	Skråstad
8	Påskeberget
9	Tordenskj. gt.
10	Tangen

### 6.3 Middelkonsentrasjoner 1980-1996.

	pH					KOF-Mn, mg O/l				
	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
1994	5,78	5,72	5,56	5,45	5,50	2,31	2,08	2,25	4,02	3,76
1995	5,75	5,68	5,64	5,56	5,56	2,21	1,91	2,12	2,96	3,05
1996	5,98	5,80	5,77	5,79	5,80	2,41	2,19	2,10	2,55	2,68
	NO <sub>3</sub> -N, µg/l					SO <sub>4</sub> , mg/l				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1984	115		137	126	106	1,2		3,2		4,2
1985	108				120	1,6				5,1
1986	135		153	114	142	2,0		2,3		4,5
1987	115		137	83	124	2,8		2,8		9,4
1988	158		152	154	137	2,4		2,8		4,2
1989	157				130	2,3				4,1
1990	140				115	2,1				3,8
1991	194				115	2,3				4,3
1992	105	130	112	109	125	2,2	2,4	2,4	3,4	3,6
1993	101	119			115	1,6	2,1			3,3
1994	125	151			144	1,6	2,1			3,5
1995	132	135			148	1,3	1,6			2,9
1996	153	150			159	1,6	1,8			2,6
	Tot-N, µg/l					Tot-P, µg/l				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980				385	378				11	13
1981			320	316	346			6	8	8
1982			344	362	381			6	9	11
1983			339	295	324			5	7	10
1984	291		334	328	333	4		5	7	8
1985	227	280	299	299	314	3	3	5	8	9
1986	226	256	306	290	286	4	5	6	7	9
1987	255	292	279	282	293	6	4	5	8	9
1988	362	287	283	281	289	9	4	4	8	6
1989	391	262	252	270	269	8	4	4	6	6
1990	417	239	222	233	232	5	3	5	6	8
1991	369	237	222	248	241	5	4	4	6	6
1992	226	217	221	227	227	4	3	3	5	5
1993	169	211	224	239	233	3	4	2	4	4
1994	191	253	263	285	285	3	3	3	5	5
1995	202	241	246	249	244	4	3	3	5	5
1996	280	284	267	271	273	4	3	3	4	4

## 6.4 Begroingsorganismer, 1993-1996 (juli)

Mengdeangivelse: se under vedlegg 7.6 (kiselalger).

Organismer Rubinkode	st.1				st.2				st.3				st.4					
	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96		
<b>Blågrønnalger (Cyanophyceae)</b>																		
Aphanocz																		
Aphanotz																x		
Chroocoz																		
Clas set																		
Cham pol								xx										
Gloeocapsae			x															
Hapa hib				x														
Homoeotz				x								x						
Meri pun			x	x				x	x					x				
Ocsi lim																		
Oscillaz																		
Schizotz																		
Scyt mir	1	2	2	1									1	xx				
Scyt sta	1	xx	1	xx				x				x	x	1	1	xx		
Stig mam	5	5	4	4														
Stig oce				x														
Uidecyacoc			x	xx	xx													
Uidecyatri								x					x	1	xx	xx		
<b>Grønnalger (Chlorophyceae)</b>																		
Binu tec	xx	xx	xx	xx				xx	xx	xx	x	xx	x	x	1	1	xx	xx
Bulbochz		x		x											xx			
Closterz								x	x				x	x			xx	x
Cosm pyg																		x
Cosmariz	xx	x	x	x		xx	xx	xx	xx	x		xxx	xx		x	x		
Hormidiz						1	1											
Gloeotilia sp.								xx					xx					
Gymnozyga moniliformis																		
Micr amo								x									x	
Micr pal	1	1	1	1		3	3	2	1	1	1	1	1	2	2	xx	1	
Mi pa,mi	1	1	xx	xx		1	x	xx	5	1	1	xx	5	x	1			4
Microspz													xx					
Moug a	x	x	xx	xx				xx	x	x		xxx	xxx	x	x	x	x	xx
Moug a/b (15u)			x					1	xx			xx		x				
Moug d (22-25u)																		
Netriumz													x					
Oedo a				x				x	x	xx		xx	x	x				
Oedo b (14-18u)									1			1					1	
Peniumz	xx	x	xx	xx		x		xxx	xxx	x		x		xx	x			
Scenedez																		
Scih gel								xx									xx	
Spirogyz (28-30u,1K,L,svart)																		
Stigeocz													xx					
Uide coc										xx								
Zygn a		xx	x					x										
Zygo sp3	4	4	5	5				xx	xx						x			xx
<b>Euglenophyceer (Euglenophyceae)</b>																		
Trachelz						x	x			x								
<b>Gullalger (Chrysophyceae)</b>																		
Epiphyxix sp.				x														
<b>Gulgrønnalger (Xanthophyceae)</b>																		
Xant sp1	x	x	x	xx		xxx	xxx	xx	x	xx	xx	x		xx	x			
<b>Rødalger (Rhodophyceae)</b>																		
Batr vag			1	1														1
<b>Moser (Bryophyta)</b>																		
Blin acu								1	1	1		1						
Font dal						2	1	2	1	3	3	3	3	2	2	1	1	
Hygr och						2	2							1				1
Marsupez	3	2	2	1								1						
Nard com	3	4	3	4				1					2					2
Scapanz	2	1	1	1						4	2	2	2	1	1	1	1	1
Uide lev						2	2	2	2		1			2	1	1	1	1

Tabell fortsetter neste side.

Fortsettelse fra frg. side.

Organismer Rubinkode	st.1				st.2				st.3				st.4			
	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96
<b>Nedbrytere/konsumner</b>																
Bakt agg				x	1	1	3	xxx	1	2	3	xxx	xxx	xxx	3	xx
Bakt sta					1	xxx	xxx	x	1	xx	xx		xxx	xx	xx	
Bakt trá					xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx
Jern bakt agg			xxx	xx			x	x	1	xx	xx	xx			xxx	xxx
Fusa aqu % dekning					30	40	10		20	30	5		10	30	2	
Sopp hyf					1	1	1	x	1	xxx	x	x		xx		
Sopp spo												x				
Spaerotz																
Flag far			x	x	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	x		xx	xx	
Cili uid	x		x		xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	x		xx	xx	xx
<b>Diverse</b>																
Fibre	xx	xx	x	x	xxxx	xxx	xxxx	xxx	xxxx	xxx	xxxx	xxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxx

### 6.5 Begringsorganismer 1993- 1996 (september).

Mengdeanviselse: se under vedlegg 7.6 (kislelager).

Organismer Rubinkode	Otra - September															
	st.1				st.2				st.3				st.4			
	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96
<b>Blågrønnalger (Cyanophyceae)</b>																
Aphanocz				x												
Aphanotz																
Chroocoz																x
Clas set								x								
Cham pol																
Gloeocapsae																
Hapa hib				xx				x								x
Homoeotz																
Meri pun		x		x				xx				xx			x	
Ocsi lim																1
Oscillaz											xx				x	
Schizotz												xx				
Scyt mir	1	1	1	1			x									x
Scyt sta	1	1	1	xx					1	x		x	x	1	1	
Stig mam	5	5	4	4								x	1	xx		1
Stig oce																
Uidecyacoc		xx			1	xx	x						xx			xx
Uidecyatri				xx	1			xx				xxx				xxx
<b>Grønnalger (Chlorophyceae)</b>																
Binu tec	1	1	xx	xx		xx	x	xx		xx			1	xx	x	
Bulbochz		1	xx				x					x				
Closterz							x							xx		
Cosm pyg								xx				xx				
Cosmariz	xx	x	x	x			xx	xx		xx	x	x		x	x	x
Hormidiz					1	x				xxx	x				xxx	1
Gloeotilia sp.											x					
Gymnozyga moniliformis																x
Micr amo																
Micr pal	1	x	x	xx	1	1	2	1	1		1	4	1	1	xx	xx
Mi pa,mi				x			xx	1			xx	2		xxx	xx	xx
Microspz							x	x								
Moug a		xx	x	x			xx	x		xx	xxx	xxx		xx	x	
Moug a/b (15u)	xx			x			xxx	2		x	x	x		x		
Moug d (22-25u)				x			2	1								
Netriumz		xx				xx				xx						
Oedo a				x			xxx	xx			x	x	1		xxx	
Oedo b (14-18u)							2									
Peniumz	x	xxx	xx	xx		xx	x	x		xxx	xx	xx		xxx	x	
Scenedez							x	x								xx
Scih gel																
Spirogyz (28-30u,1K,L,svart)				1												
Stigeocz																
Uide coc	xx		x	x				x						xxx		
Zygn a	3										x					
Zygo sp3	3	4	5	5	1		2	2		xx	1	xx	1	1	1	
<b>Euglenophyceer (Euglenophyceae)</b>																
Trachelz		x	x			x				xx				x		
<b>Gullalger (Chrysophyceae)</b>																
Epiphyxix sp.																
<b>Gulgrønnalger (Xanthophyceae)</b>																
Xant sp1		xxx	xx													
<b>Rødalger (Rhodophyceae)</b>																
Batr vag			1	1				1			1	1			x	x
<b>Moser (Bryophyta)</b>																
Blin acu																
Font dal					2	2	2	1	3	3	2	2	1	1	1	1
Hygr och					1	1	1	1				1	1	1		
Marsupez	3	2	2	2												
Nard com	3	3	3	3			1	1			1	1			2	2
Scapanz	2	1	1	1					4	3	2	2	1	1	1	1
Uide lev					2	1	1	1					2	2		
<b>Nedbrytere/konsumneter</b>																
Bakt agg			xx	xx			2	2			1	2	2	xxx	2	1
Bakt sta					xxxx	xx	xxx		xxxx	x	x		xxxx	xxx	xx	
Bakt trá							xxx	1			xx	xx			x	x
Jern bakt agg			xxx	xxx			x	xxx			xx	xx			x	xxx
Fusa aqu % dekning					80	80	5	2	40	70	3	xx	20	50	3	xx
Sopp hyf	x				x	x	x	x	xx	xx	x	xx	xxx	xx	x	x
Sopp spo				x	x	x		x						x	x	
Spaerotz								xxxx				xx				
Flag far	xx		x			xx	xx	xx		xx	xx	xx		xx	xx	xx
Cili uid	x		x				xx	xxx		x	xx	xx		x	xx	xxx
<b>Diverse</b>																
Fibre	x	x	x		xxxx	xx	xxxx	xxxx	xxxx	xx	xxxx	xxx	xxxx	xx	xxx	xx

## 6.6 Kiselager i juli og september 1996.

Kiselalger - Rubinkode	Otra 3. Juli 1996				Otra 11. September 1996			
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.1	St.2	St.3	St.4
Achnantz	x	x	x	xx				
Achn kry		xxx	x	xx			x	x
Achn min								x
Anom bra	x		x	x	x	x	x	xx
Anom vit						x		
Anph hem	x							
Anomoeoz		x			x			x
Aste ral								
Cymb ven			x					
Cymb gra	x	xx	x	x	x		x	x
Euno arc	x	x	x			x		
Euno bac	x							
Euno bil	xx	xx	xx	x	x	x		x
Euno exi	x	x		x	x	xx		x
Euno fab		x			x	x		
Euno pec	x	x	x	xx	x	x	x	x
Eu tr;pe		xx	x	x	x	xx	x	x
Euno ven	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx
Eunotiaz	xx	x	xx	x	x	x	x	x
Frag old	x				x	x		
Frus rho	x						x	
Fr rh;sa	xx	x		xx	x	x		x
Gomp acu		xx						xx
Navi cry	x	x	x	xx	xx	xxx	xxx	xxxx
Navi rad	x	xx	x	x		x		x
Navi sub						x		x
Naviculz		x	x					
Nitzschz								xx
Peroniaz	xx	xx	x	x	x	x	x	x
Pinn hil		x		x				x
Pinnulaz	x		x					x
Stauronz								x
Sten int	x	x			x	x	x	x
Suireluz								
Tabe bin	x							
Tabe flo	xxxxx	xxxxx	xxxx	xxxx	xxxxx	xxxx	xxx	xx
Tabe qua	xx	x	x	x	xx	x	x	x
Uide pen	xx		x	xx	xx	x	x	xx
<b>Totalt artsantall</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>25</b>

### Mengdeangivelse vedlegg 7.4 og 7.5 (alle begroingsorganismer untatt kiselalger):

Tall angir % av elveleiet dekket av begroing, *dekningsgrad*: 1:>5%, 2:5-10%, 3:10-12%, 4:20-50%, 5:50-100%  
Organismer som vokser på/blandt disse er angitt med: x: sjelden, xx: sparsom, xxx: vanlig, xxxx: hyppig

### Mengdeangivelse vedlegg 7.6 (kiselalger):

x: sjelden, xx: sparsom, xxx: vanlig, xxxx: hyppig, xxxxx: dominerende