

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S


9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Tiltaksorientert overvåking av Otra i 2000. (<i>Monitoring of River Otra, 2000</i>)	Løpenr. (for bestilling) 4429-2001	Dato Juni 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-97034	Sider Pris 56 kr 100,-
Forfatter(e) Kroglund, F., Larsen, B.M. (NINA), Kaste, Ø. og Aanes, K.J.	Fagområde Vassdragsundersøk.	Distribusjon
	Geografisk område Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder, Vassdragsrådet for Nedre Otra, Otra Laxefiskelag, Fylkesmannen i Aust-Agder.	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i Otra overvåkes månedlig for å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen. Elva var i år 2000 ubetydelig påvirket av næringssalter og organisk stoff. Tiltakene mot disse forurensningene har således virket etter hensikten. Vassdraget er fortsatt markert påvirket av forurensning. Det registreres årlige forurensningsepisoder. Disse er særlig kraftige om vinteren. Forurensningsepisodene har størst innflytelse på vassdraget når vannføringen ut av Byglandsfjorden er lav. Undersøkelsene de siste årene av bunndyrsamfunnene i nedre deler av Otra indikerer at det har vært en bedring i vannkvaliteten og da særlig knyttet til vannets surhetsgrad, men resultatene viser også at samfunn fortsatt er forurensningspåvirket. Følsomme indikatororganismer som døgnfluelarver av slekten <i>Baetis</i> ble i 1998 for første gang på mange år registrert i denne delen av vassdraget. <i>Baetis</i> arter har siden vært et fast innslag i bunnsfaunaen om våren i denne delen av Otra. Ungfiskundersøkelsene i 1998, 1999 og 2000 påviste rekruttering av laks og ørret i hele den lakseførende delen av Otra og i sidebekkene Høiebekken, Lonanebekken og Straisbekken. Bestandstettheten av årsyngel avtok i Otra fra 1999 til 2000, sannsynligvis på grunn av en forurensningsepisode omkring juletid 1999. Tettheten av eldre ørret- og laksunger (>0+) er fortsatt lav sammenliknet med tettheten av årsyngel (0+). Dette tyder på unormal høy yngeldødelighet som sannsynligvis er relatert til vannkvaliteten om vinteren. Vannkvaliteten i Otra er ikke tilfredsstillende og tilstrekkelig god til at opprinnelig biologisk artsmangfold kan reetableres før ytterligere tiltak er igangsatt (kalking, endringer i manøvreringsregimer), eller før sur nedbør belastningen har avtatt til nivåer som ikke overskrider naturens tålegrense.</p>

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



Frode Kroglund
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelvåle
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningssjef

Tiltaksorientert overvåking av Otra i 2000

Forord

Overvåkingen av Otra har siden 1980 vært en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensnings-tilsyn (SFT). SFT har fra og med 1998 kanalisert sine midler gjennom Fylkesmannen i Vest-Agder, som har administrert prosjektet. Kontaktperson hos Fylkesmannen har vært Janicke Nicolaisen. Ved siden av Fylkesmannen i Vest-Agder har også Vassdragsrådet for Nedre Otra, Otra Laxefiskelag og Fylkesmannen i Aust-Agder bidratt økonomisk til prosjektet i 2000. Overvåkingen av Otra er av Fylkesmannen vedtatt avsluttet fra og med 2001.

Dreng Ose har tatt prøvene ved Ose, og teknisk etat i Evje og Hornnes kommune har tatt prøvene ved Evje. Vannprøver fra nedre Otra er samlet inn av Magne Aadnevik, Kristiansand Ingeniørvesen. Alle vannkjemiske analyser er foretatt på NIVAs laboratorium i Oslo. Bakterieprøvene fra nedre Otra er analysert av Næringsmiddeltilsynet i Vest-Agder.

Undersøkelsene av vassdragets bunnfauna i 1999 og 2000 er finansiert direkte av Otra Laxefiskelag og utført av Karl Jan Aanes som har vurdert materialet og skrevet kapittelet om bunndyrsamfunnene i nedre Otra. Bunndyrmaterialet er bearbeidet av Torleif Bækken. Erling Sandø fra Kultiveringslaget i Laxefiskelaget takkes for verdifull assistanse under feltarbeidet.

Fiskeundersøkelsene ble gjennomført i felt av Trond Andreassen, Hans Mack Berger, Bjørn Mejdell Larsen og Mari Berger Skjøstad (NINA). Randi Saksgård (NINA) har aldersbestemt og bearbeidet det innsamlede fiskematerialet. Skjellprøvene fra voksen laks er samlet inn av Otra Laxefiskelag og bearbeidet av Gunnel Østborg (NINA). Gjelleprøver fra fisk for analyse av aluminiumskonsentrasjon er utført ved Norges landbrukshøgskole, Laboratorium for analytisk kjemi med Hans Christian Teien som faglig ansvarlig. Histologiske analyser er gjennomført av Agnar Kvellestad ved Veterinærinstituttet. Bjørn Mejdell Larsen har vært prosjektansvarlig, og har skrevet kapittelet om fisk.

Grimstad, september 2001

Frode Kroglund

Innhold

Sammendrag	5
Summary	9
1. Innledning	10
1.1 Bakgrunn og mål	10
1.2 Områdebeskrivelse	10
1.3 Materiale og metoder	13
1.3.1 Vannkjemi	13
1.3.2 Tarmbakterier	13
1.3.3 Bunndyr	13
1.3.4 Fisk	14
1.4 Hydrologi	15
1.5 Status- industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker 2000	17
2. Vannkvalitet	18
2.1 Forsuring, langtidsutvikling	18
2.2 Forsuring, sesongvariasjon	19
2.3 Næringssalter	22
2.4 Organisk stoff	26
2.5 Tarmbakterier	28
2.6 Klassifisering av vannkvalitetstilstand i 2000	29
3. Bunndyr	30
3.1 Innledning	30
3.2 Resultat	30
3.2.1 Oppstrøms Hunsfoss	30
3.2.2 Nedstrøms Vigeland	31
3.2.3 Stasjonen ved Haus	33
3.2.4 Responsvurdering, hovedvassdrag	33
3.3 Otra's sidebekker	34
3.3.1 Forsuring	34
3.3.2 Bunndyrtetthet og variasjon	34
4. Fisk	46
4.1 Innledning	46
4.2 Resultater	46
4.2.1 Voksen fisk	46
4.2.2 Ungfisk	47
4.3 Andre arter	56
5. Konklusjoner	57
Referanser	58
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	60
Vedlegg B. Primærdata - vannkjemi og bakterier	61
Vedlegg C. Primærdata – fisk	67

Sammendrag

Hovedformålet med overvåkingen i Otravassdraget var å dokumentere vannkjemiske og biologiske effekter av reduserte industri- og kloakkutslipp, samt dokumentere betydningen av sur nedbør mhp vannkvaliteten i vassdraget. Industri- og kloakkutslippene ble eliminert i 1995, og da gjennom etableringen av en industriledning som førte utslippene vekk fra vassdraget og ut i Kristiansandsfjorden. Samtidig ble det påvist betydelige vannkjemiske endringer oppstrøms industriområdene. Disse forandringene skyldes redusert sur nedbør. Resultatene fra overvåkingen har dannet grunnlag for anbefaling av ytterligere tiltak mot forurensning.

Hovedkonklusjonen basert på de vannkjemiske og biologiske målingene tatt etter 1995 er at de gjennomførte tiltakene har forbedret vannkjemien og igangsatt en biologisk restituering. Vassdraget fremstår i dag som en ressurs som utnyttes, og vassdraget er ikke lengre en "flytende kloakk". Som et resultat av tiltakene benyttes vassdraget i dag til rekreasjon, bading og fiske. Dette var utenkelig for mindre enn 10 år tilbake. Otra fremstår i dag som et klassisk lærebokeksempel på at miljøvern nytter. På denne bakgrunn kan det konkluderes med at målsetningene for "aksjon Otra" er nådd.

Basert på bunndyrprøvene tatt i 1999 og 2000 er biologisk mangfold (slik denne sannsynligvis ville ha vært uten industriforurensningene) fortsatt ikke reetablert. Selv om tiltakene som er utført i Otra har initiert en positiv miljømessig utvikling, er ikke tiltakene tilstrekkelige til at vassdraget oppnår ønsket naturtilstand raskt. Dagens begroings- og bunndyrsamfunnet antyder at det fortsatt må finnes en eller flere kilder til næringssalter i vassdraget. Disse kildene påvises ikke vannkjemisk. En kilde kan være sedimentert organisk materiale (treflis) på elvebunnen. Dersom sedimentert materiale er kilden til næringssalter vil denne kilden vedvare inntil nytt sediment er etablert. Inntil forekomst av sedimentert organisk materiale er dokumentert, fremstår denne kilden som en hypotese.

Selv om vannkjemien viser at vassdraget ikke lengre tilføres organiske forurensninger, er vassdraget fortsatt påvirket av foruring. Vassdraget er mindre forsuret i dag enn vassdraget var i perioden 1980 til 1995. Dette må tilskrives mindre sur nedbør. Forsuringspåvirkningen påvises både vannkjemisk og biologisk. Både resultatene fra fiskeundersøkelsene og bunndyrundersøkelsene viser at dyrenes kritiske vannkjemiske grenser fortsatt er overskredet.

Vannkvalitet

Det har vært en positiv vannkvalitetsutvikling i Otra på 1990-tallet. Konsentrasjonene av fosfor og organisk stoff er betydelig redusert nedstrøms Vigeland siden midten av 1980-tallet. I 2000 var samtlige stasjoner ubetydelig påvirket av næringssalter og organisk stoff (klasse I, "meget god"). Forekomsten av tarmbakterier var lav. Den hygieniske vannkvaliteten i 2000 var totalt sett den beste som er målt siden overvåkingen begynte i 1996. Stasjonen ved Skråstad har hatt samme middelkonsentrasjon av TOC (organisk stoff) som stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1998 til 2000. Dette viser at TOC-bidraget fra industribedriftene nedstrøms Vennessla knapt er målbart i hoveddelva. Bortsett fra ved Evje var middelkonsentrasjonene av total fosfor lav ($\sim 2-3 \mu\text{g P L}^{-1}$) på alle stasjoner i 2000, selv om det på alle stasjoner fortsatt påvises enkelte episoder med høyere konsentrasjoner. De positive trendene i organisk stoff og fosfor skyldes en kombinasjon av den avskjærende industriavløpsledningen som ble tatt i bruk i 1995 og forurensningsbegrensende tiltak på kommunal sektor.

På tross av en generell økning i pH og reduksjon i konsentrasjonen av labilt aluminium, er vassdraget fortsatt påvirket av foruring. Forsuringsepisoder, særlig om vinteren, forhindrer at forsurede organismer kan reetablere permanente bestander. Vinterepisodenes intensitet bestemmes i stor grad av sure sidebækker nedstrøms Byglandsfjorden. Disse sidebakkene tilfører Otra

både H⁺ og aluminium. Sure sidebekker vil motvirke og forsinke permanent reetablering av forsuringfølsomme organismer. Den biologiske betydningen av de sure sidebekkene kan reduseres gjennom ytterligere reduksjon i sur nedbør, kalking og eller ved å tappe mer vann fra Byglandsfjorden i kritiske perioder av året.

Bunndyr

Resultatene fra undersøkelser av bunndyrsamfunnene i nedre deler av Otra de siste årene viser at det har vært en tydelig bedring i vannkvaliteten – og da særlig bedringer knyttet til vannets surhetsgrad. Selv om resultatene fortsatt viser et samfunn som er preget av forsuringsskader, viste spesielt materialet fra 1998 en positiv utvikling ved at den forsuringfølsomme døgnflueslekten *Baetis* ble registrert for første gang på mange år i denne delen av vassdraget. Denne slekten har siden vært et fast innslag i bunnfaunaen om våren i nedre deler av Otra.

Referansestasjonen for bunndyr oppstrøms Hunsfoss synes, på tross av store år til år variasjoner i tettheten av enkelte bunndyrgrupper, å være ganske stabil. Med unntak av effekter forårsaket av forsuring, er faunasammensetningen normal for en lokalitet plassert like nedstrøms en innsjø. De biologiske endringene antyder at vassdraget har endret karakter fra tidligere å være kronisk påvirket av lave pH verdier til at dette nå er mere av episodisk karakter.

Nedstrøms industriområdene er det på stasjonen ved Vigeland registrert en markant endring i artssammensetningen i bunndyrsamfunnet de siste årene. Mens oppbygningen tidligere var typisk for vassdrag som var meget sterkt forurensset av organisk materiale og forsuring, viser endringene i bunndyrsamfunnet at lokalitetene i dag er betydelig mindre påvirket av forurensning. Helt normalisert er faunaen ennå ikke. Det kan se ut som rester i sedimentet av organisk materiale fra den tiden avløpet fra industrien gikk i Otra fortsatt utgjør en næringskilde for enkelte bunndyrgrupper direkte og ved at det frigjør næringssalter som gir opphav til økt begroing i vassdraget. Dette kan være en av grunnene til at den biologiske responsen på de gjennomførte tiltakene tar lengre tid enn først antatt. Hvor lang tid det vil ta før ønsket biologisk mangfold reetableres er uvisst. En videre overvåking av bunnfaunaen vil kunne gi svar på dette og om det er behov for ytterligere tiltak.

Høyebekken og Straisbekken er påvirket av forsuring, mens Lonanebekken (kalket) og Kjeksebekken (ingen vannkjemie) antyder liten belastning. Sesongvariasjon i forekomst av bunndyr antyder at forsuringen er episodisk. Forekomsten av bunndyr antyder at vannkjemien fortsatt kan være kritisk for fisk.

Fisk

Det har vært en betydelig oppgang av laks i Otra utover på 1990-tallet, og det er registrert høye fangster hvert år siden kortsalget startet i 1992. I 2000 var fangsten 3619 kg laks og 244 kg sjøørret. Skjellanalyser av voksen laks fanget i Otra viser at andelen villfisk har ligget mellom 43 og 56 % i årene 1996-2000. Resultatet fra 2000 viser at fordelingen mellom villaks, oppdrettslaks og kultiveringslaks er uforandret sammenlignet med tidligere år. Det er usikkert hvor stor andel av fiskefangsten som stammer fra egg klekket i Otra.

Ungfiskundersøkelser i 1998, 1999 og 2000 har påvist rekruttering av laks og ørret i hele den lakseførende delen av Otra og i de tre viktigste sidebekkene i nedre del av vassdraget (Høyebekken, Lonanebekken og Straisbekken). Gjennomsnittlig tetthet for laksyngel og eldre laksunger var henholdsvis 20 og 0,5 individ pr. 100 m² i hovedvassdraget, og henholdsvis 7 og 10 individer i sidebekkene i 2000. Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel i hovedvassdraget var lavere i 2000 enn i 1999, men likevel noe høyere enn i 1998. Tettheten av laksyngel varierer en del mellom år, og mellom stasjoner, men følger langt på vei tendensen som er funnet i andre vassdrag i regionen i 2000. Det har imidlertid vært overraskende lav tetthet av eldre laksunger i hovedvassdraget alle år. Utbredelsen i

vassdraget var også liten, og tilslaget var betydelig lavere enn forventet i 2000 utfra utbredelse og tetthet av laksyngel i 1999. Lav overlevelse fra 0+ til 1+ skyldes sannsynligvis forsurening. Det er dokumentert forsureningsepisoder om vinteren. Gjeller prøvetatt fra fisk i 2000 påviste omfattende vevsforandringer og metallakkumuleringer. Resultatene sannsynliggjør at vassdraget fortsatt er forsureningspåvirket og at vannkvaliteten kan være årsak til stor yngeldødelighet. Overlevelse til eldre lakseyngel var best i de kalka sidebekkene.

Anbefalinger

”Aksjon Otra” har medført at Otra nå er blitt en attraktiv elv for allmennheten, hvor elva i dag fremstår som et vassdrag som motiverer til rekreasjon, bading og fiske. Etterhvert som denne bruken av elva øker, vil en også oppleve at kravene til vannkvalitet og til de estetiske forholdene omkring elva øker. Overvåkingsdata fra de senere år viser at en er i ferd med å nå mange av de målene som ble satt for vannkvaliteten. Relativt store variasjoner fra år til år, for eksempel i bakterietallene, viser imidlertid at det fortsatt er forbedringsmuligheter. Nå når konsentrasjonene av fosfor og organisk stoff er nær naturtilstanden for vassdraget står forsureningen igjen som det alvorligste miljøproblemet i Otra. Dette miljøproblemet er i seg selv tilstrekkelig stort til å motvirke eller forsinke positive effekter av industriledningen på etableringen av et mer opprinnelig biologisk mangfold.

Det er også rimelig sannsynlig at vassdraget fortsatt er påvirket av tidligere utslipp av organisk stoff, og da av sedimentert materiale som fortsatt ligger i elvebunnen. Dette sannsynliggjøres av at begroings- og bunndyrsamfunnet fortsatt er atypisk for denne typen vassdrag. Det er ikke undersøkt i hvilken grad sedimentert organisk materiale har ødelagt og begrenser gytemulighetene for fisk. Selv om mange av miljømålene med ”aksjon Otra” er oppnådd, må det likevel konkluderes med at vassdraget ikke er restituert. Dette vil ta mange år. Forsuring er sannsynligvis den viktigste forsinkende faktoren.

I de tidligere rapportene er det gitt anbefalinger til fremtidige oppfølgingsprogram. Ettersom overvåkingen av vassdraget er vedtatt opphørt vil effekter av tiltak igangsatt etter 2000 ikke bli dokumentert. Selv om overvåkingsprogrammet har opphørt, anbefaler vi:

- Ytterligere sikring av kommunalt kloakknnett mot lekkasjer og overløp under flom. Årsaken til fortsatt forhøyde fosforkonsentrasjoner nedstrøms Evje bør klarlegges, selv om tilstanden i 2000 var bedre enn i tidligere år.
- Kommunenes og bedriftenes egenkontroll og registrering av uhellutslipp til elva må videreføres og rapporteres etter egne rutiner.
- Beredskapstjeneste ved akuttutslipp bør etableres.
- Det etableres en fast avviksrapportering.

Videre anbefaler vi utredning av følgende problemstillinger:

- Vurdere behov for kalking – eksempelvis av større, sure sidevassdrag nedstrøms Byglandsfjorden.
- Effekter av sedimentert materiale som næringskilde for begroingssamfunnet og bunndyr.
- Effekter av sedimentert materiale på oppvekstvilkårene for bunnfaunaen og gytemuligheter for fisk.
- Effekter av dagens manøvreringsregimet på vannkjemi, bunndyr og fisk; herunder effekter på fiskehabitat
- Vurdere tiltak mot masseforekomster av grønnalger og kryptofytter, som er til ulempe for rekreasjonsinteressene (bading og fiske) og for arbeidet med å restituere vassdragets fiskebestander og deres næringsgrunnlag.

Summary

Title: Monitoring of River Otra, 2000.
Year: 2001
Authors: Kroglund, F., Larsen, B.M., Kaste, Ø. and Aanes, K.J.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 82-577-4072-1

River Otra has been a part of the National Environmental Monitoring Programme since 1980. The main objective of the monitoring is to observe changes in water quality and biology following the implementation of pipelines eliminating industrial waste and municipal sewage from the river course. Since 1995, nearly all industrial wastewater from the industrialised Vennesla area has been directly transmitted to the Kristiansand fjord through a 15 km long pipeline. The river is still affected by acidification, although pH is increasing and the concentration of labile species of aluminium are decreasing. The changes in pH and labile aluminium are a response to reduced acid rain.

In 2000, the four monitoring sites in Otra were hardly affected by nutrients and organic matter. Concentrations of phosphorus and TOC are markedly reduced downstream Vennesla. The previously foul-smelling, polluted river today presents itself as a river suitable for swimming and fishing.

Even though water quality has improved during recent few years, acidification still affects and retards biological recovery in the lower parts of the river. These acidification episodes are mainly present in winter, and are due to acid tributaries located between Byglandsfjord and the river mouth.

The invertebrate community has responded to reduced organic pollution by a major shift in species composition and abundance. Despite the positive trends detected from 1995 to 1997, the trends have been minor the last several years. Organic matter deposited on the river floor probably represents a source of nutrients for the vegetation, and thereby indirectly for the invertebrates (and fish).

B.rhodani has been detected in the watershed the last few years. This suggests reduced acidification. The presence of this acid-sensitive mayfly is not stable, suggesting episodic acidification.

Based on the invertebrate fauna, the original biological diversity of Otra has not been restored.

Electrofishing in 1998, 1999 and 2000 showed that Atlantic salmon and brown trout recruitment takes place in all major tributaries as well as in the main river downstream the Vigeland waterfall. Densities of Atlantic salmon and brown trout fry (0+) were lower in 2000 than in 1999 but higher than in 1998. However, the densities of parr ($\geq 1+$) were surprisingly low all years. The year to year variation in density and poor survival of fish $>0+$ is most likely due to acidification. Based on this we conclude that an annual average pH in the range of 5.7 to 5.8 with concentrations of labile Al around $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$ restricts survival, thereby having population effects. Winter pH can be as low as pH 5.5, with concentrations of labile aluminium reaching $40 \mu\text{g Al L}^{-1}$.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og mål

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 presentert i Kaste et al. (1997a).

Den nedre delen av Otra var, inntil etableringen av den nye avskjærende industriavløpsledningen i 1995, preget av organisk belastning og syreutslipp fra industrien ved Vennesla. I tillegg til reduksjoner i industriutslippene er det i de senere år foretatt saneringstiltak på kloakkledningsnett og stadig flere boenheter er tilkoplede renseanlegg. Det er også lagt ned en betydelig innsats for å tilrettelegge for friluftsliv langs elva. Vassdraget er dessuten påvirket av forurensning. Forurensningsbelastningen nedstrøms Byglandsfjorden har i seg selv vært tilstrekkelig til å utarme biologisk mangfold og utrydde laksebestanden i vassdraget. Forurensningsbelastningen har avtatt dramatisk etter 1995.

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. Det er forventet at tiltakene vil bidra til å reetablere opprinnelig biologisk mangfold.

Hovedformålet med overvåkingen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Undersøkelsene nedenfor Venneslafjorden er spesielt rettet inn mot å dokumentere vannkjemiske og biologiske endringer i Otra som resultat av reduserte industri- og kloakkutslipp. Resultatene fra overvåkingen danner i så måte grunnlag for eventuelle ytterligere tiltak mot forurensning. Dagens overvåkingsprogram ble avsluttet vinteren 2000.

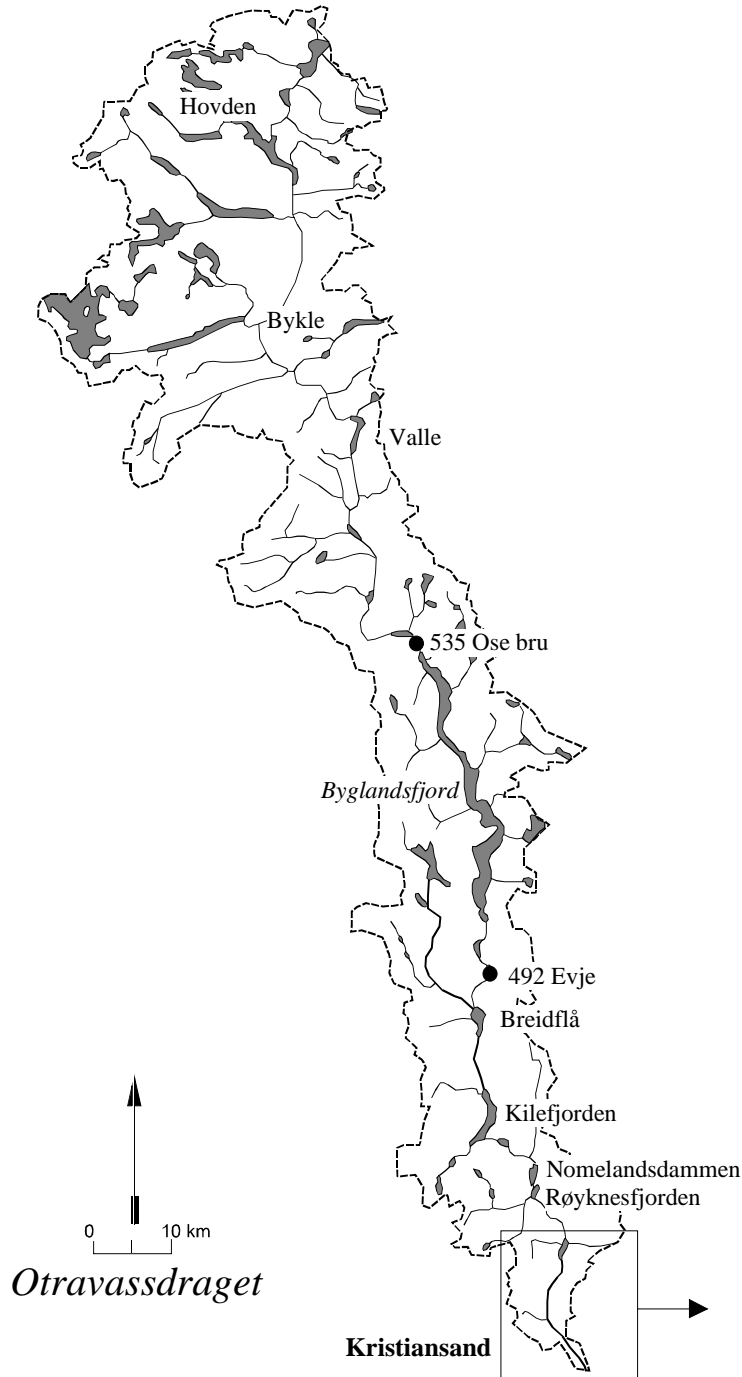
1.2 Områdebeskrivelse

Otravassdraget har et naturlig nedbørfelt på 3738 km² og er Sørlandets mest vannrike vassdrag. Fra kildeområdet nord for Hovden i Setesdal og til utløpet i Kristiansandsfjorden er det en strekning på 240 km. Byglandsfjorden er største innsjø i hovedvassdraget (ca. 35 km lang). Middelvannføringen (perioden 1930-1960) er 117 m³ s⁻¹ ved utløpet av Byglandsfjorden og 155 m³ s⁻¹ ved utløpet i Kristiansandsfjorden. Figur 1 a,b viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner.

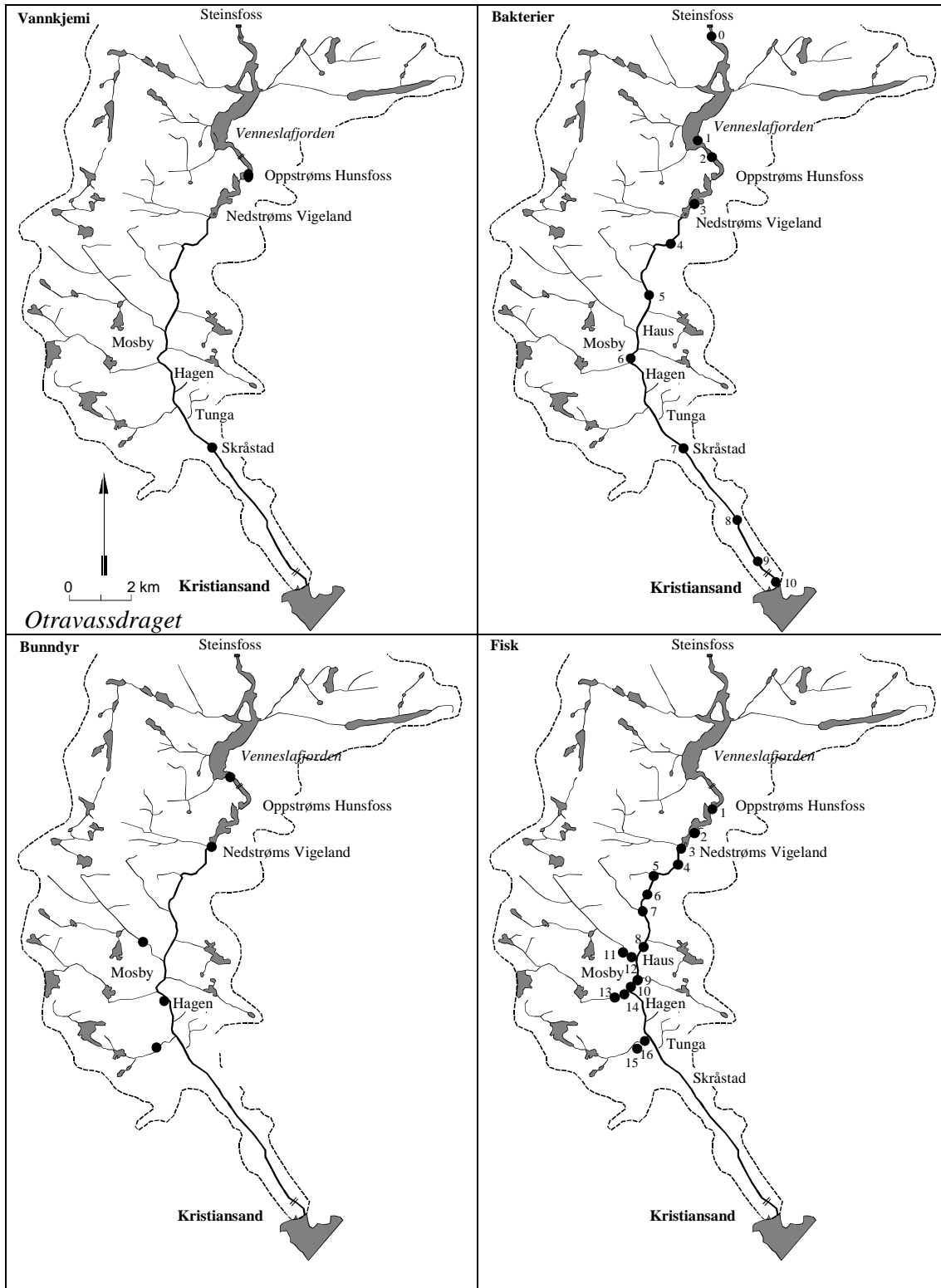
Det går en geologisk grense gjennom Vatnedalen mellom Bykle og Hovden. Bergartene i nedbørfeltet sør for Vatnedalen består vesentlig av gneis og granitt, som gir saltfattig avrenningsvann og lav motstandsevne mot forurensning. Nord for Vatnedalen og øst for Valle finnes metamorfe og sedimentære bergarter som gir vannet større bufferkapasitet. Mindre forurenset nedbør bidrar også til at avrenningsvannet fra dette området er mindre surt enn i det øvrige vassdraget. Kun de sørligste delene av Otra, nedstrøms Mosby, ligger under marin grense (ca 40 moh. i området). Påvirkninger av marine avsetninger betyr derfor minimalt for vannkvaliteten i Otra.

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. På enkelte strekninger oppstrøms Venneslafjorden er det ikke pålagt minstevannføring. 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 $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ både sommer og vinter. Hvis Otra var uregulert ville midlere lavvannføring ved utløpet være omkring $13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Hindar et al. 1991). En fylligere områdebeskrivelse, samt en oversikt over brukerinteresser og forurensningskilder er gitt i Kaste et al. (1996).



Figur 1 a. Otra med nedbørfelt. Prøvetakingsstasjoner for vannkjemi er markert med nummer.



Figur 1 b. Nedre Otra med nedbørfelt. Stasjoner for vannkjemi, bakterier, bunndyr og fisk er markert.

1.3 Materiale og metoder

1.3.1 Vannkjemi

Det er tatt månedlige prøver fra fire stasjoner (figur 1a og tabell nedenfor)

St. nr	Navn	UTM	Kartblad
535	Ose bru	4245-65352	1412 I
492	Evje	4290-64913	1512 III
460	Oppstrøms Hunsfoss	4397-64592	1511 IV
450	Skråstad	4383-64503	1511 III

Prøvene analyseres ved NIVAs laboratorium i Oslo med hensyn til pH, konduktivitet, kalsium, magnesium, total fosfor, total nitrogen, totalt organisk karbon (TOC), alkalitet, natrium, kalium, nitrat, sulfat, klorid, reaktivt aluminium, ikke-labilt aluminium.

1.3.2 Tarmbakterier

Det er i perioden 13.6 – 29.8 gjennomført 10 prøverunder på 6 stasjoner på strekningen fra Steinsfossen til Otras utløp ved Kristianssand (figur 1b og tabell nedenfor). Prøvene er analysert ved Næringsmiddeltilsynet i Vest-Agder.

St. nr	Navn
0	Steinsfossen
1	Nesane
2	Brannstasjonen (tilsv. stasjonen O. Hunsfoss)
3	Vigeland
4	Skjebua
5	Kvarstein bro

1.3.3 Bunndyr

Bunndyrprøvene som her er bearbeidet ble samlet inn på de tre hovedstasjonene i Otra oppstrøms og nedstrøms industriområdet på Hunsfoss samt fra stasjon Haus nedstrøms Kvarstein bro.

Den øverste stasjon er lokalisert langs vestre elvebredd like nedenfor utløpet av Venneslafjorden (UTM 593 396). Denne lokaliteten har vært benyttet som prøvetakingssted for bunndyr siden 1983. Elva går her over et bunnsstrat 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. Bunnsstratet 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. Avløpsledningen fra Hunsfoss Fabrikker A/S til Kristiansandsfjorden var da tatt i bruk på ettersommeren året før, og soppen som var så karakteristisk på denne stasjonen var nå blitt borte og substratet var i stedet helt dekket av trådalger. Også ved befaringen i 1997 og 1998 var substratet på denne stasjonen i juli dekket av et massivt belegg av trådalger. Dette var noe mindre i juli 1999 og 2000, men krypsiv hadde nå begynt å gjøre seg mere gjeldene på denne stasjonen.

Den tredje stasjonen som ble prøvetatt i nedre Otra er lokalisert ved Haus et stykke nedstrøms Kvarstein bro på elvas østside. Substratet på stasjonen ved Haus hvor prøvene er tatt består av stein og grus med en del begroing av alger og mose. Ellers er stasjonen preget av et stort innslag av krypsiv

som de siste årene har økt i omfang. Krypsivet virker som et filter i vassdraget og holder tilbake finmateriale som etterhvert dekker bunnen og begunstiger en videre utbredelse av krypsiv. Dette har en negativ effekt på produksjonen av næringsdyr for fisken i vassdraget og for reproduksjonen ved at gyteplasser slammes ned og blir ødelagt.

Bunndyrprøvene som her er bearbeidet, vurdert og sammenstilt i denne rapporten ble samlet inn den 8. mai og 7. juli i 1999 og 8. mai og 10. juli 2000. I den pågående overvåkingsperioden for nedre deler av Otra er dette det 12. og 13. året hvor det er hentet inn bunndyrprøver fra stasjonene oppstrøms og nedstrøms Hunsfoss og alle prøvetakingene er foretatt om sommeren i juli. I de senere årene er det også i tillegg samlet inn et materiale fra bunndyrsamfunnene på dette avsnittet om våren i mai. Prøvene er samlet inn ved hjelp av en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det er brukt en elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt.

I tillegg til dette materiale fra området oppstrøms og nedstrøms Hunsfoss har det også de siste årene blitt samlet inn et tilsvarende materiale fra en stasjon lengre nede i Otra ved Haus.

I forbindelse med et giftutslipp til Otra forårsaket av firmaet Hydro Gas fra fabrikkområdet til Hunsfoss fabrikk A/S den 27. juli 1997 ble det gjort en grundig beskrivelse av bunndyrsamfunnene på 8 stasjoner nedstrøms Hunsfoss (Aanes og Lydersen 1997). Deler av dette materialet er benyttet ved tolkningen av materialet fra 1999 og 2000.

1.3.4 Fisk

Det ble fisket med elektrisk fiskeapparat etter standard metoder på 10 stasjoner i Otra i midten av august 2000 (Vedlegg D.1). Stasjon 1 ligger ved Hunsfoss fabrikk like ovenfor den lakseførende strekning. De resterende stasjonene ligger i lakseførende del av vassdraget med stasjon 2-4 mellom Vigeland Bruk og Vigeland hovedgård, stasjon 5-7 mellom Åbål og Kvarstein og stasjon 8-10 mellom Haus og Hagen (figur 1b). I tillegg ble det fisket på to stasjoner i nedre del av Høiebekken (stasjon 11-12), to stasjoner i nedre del av Lonanebekken (stasjon 13-14) og to stasjoner i nedre del av Straisbekken (stasjon 15-16). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt, og et utvalg av fisken ble konservert for senere aldersbestemmelse.

Beregning av fisketetthet ble utført som beskrevet av Bohlin (1984) og Bohlin et al. (1989) etter fangst i tre fiskeomganger. Det er skilt mellom årsyngel (0+) og eldre ungfisk ($\geq 1+$). Tettheten er beregnet som:

- Gjennomsnittet basert på sum fangst i de tre respektive fiskeomgangene for alle stasjonene samlet (tetthet1)
- Gjennomsnittet av beregnet tetthet på alle enkeltstasjonene (tetthet2)

Alle tettheter er oppgitt som antall individer pr. 100 m², og vist i vedlegg D.1, D.2 og D.3 som også angir standardavviket for tetthet1 og tetthet2.

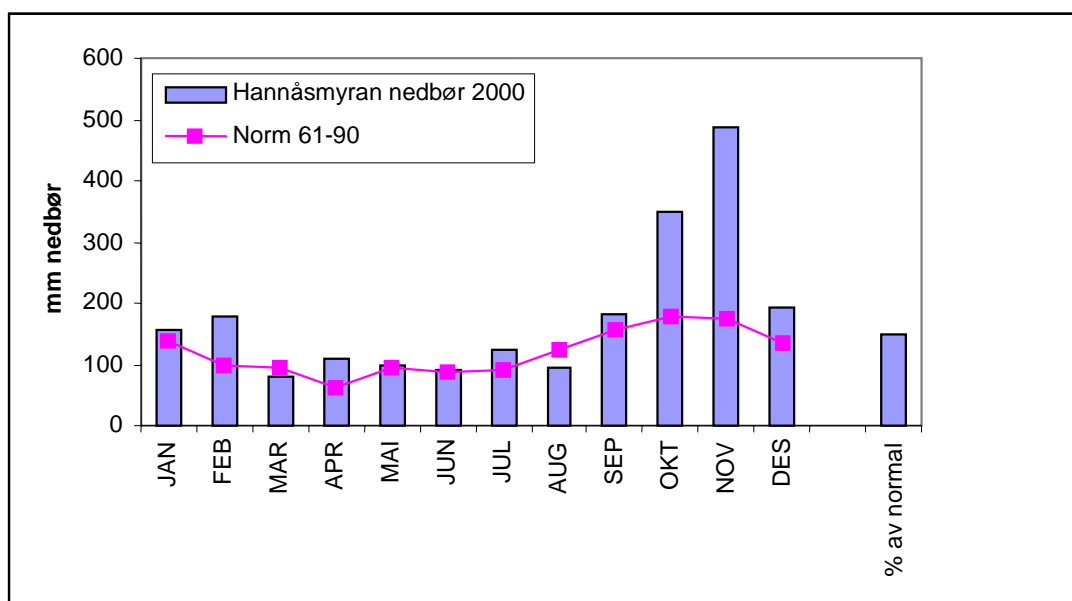
Det ble tatt gjelleprøver av 5 laks- og 5 ørretunger på stasjon 3-5, 3 laks- og 8 ørretunger på stasjon 8 og 5 laks- og 6 ørretunger i Høiebekken. Andre gjellebue på fiskens venstre side ble dissekert ut i felt og fiksert på 10 % fosfat-buffra formalin. Metode og framgangsmåte for videre bearbeiding og analysing er gitt av Kvellestad og Larsen (1999). Resultatene presenteres som andel av fisken som har ulike grader av metallakkumulering på gjelleoverflaten eller i gjelleepitelet. Andre typer av histologiske forandringer omtales bare hvis de kan settes i sammenheng med metallakkumuleringen.

I tillegg ble andre gjellebue på høyre side av de samme fiskene også dissekert ut i felt og lagt på syrevaskede prøveglass for bestemmelse av total aluminiumskonsentrasjon. Gjellene ble frosset ned og transportert til laboratoriet ved NLH i frosset tilstand. Gjellene ble frysetørket og veid og deretter syreoppløst i 10 % HNO₃. Oppsluttede gjeller ble målt for aluminium ved bruk av ICP.

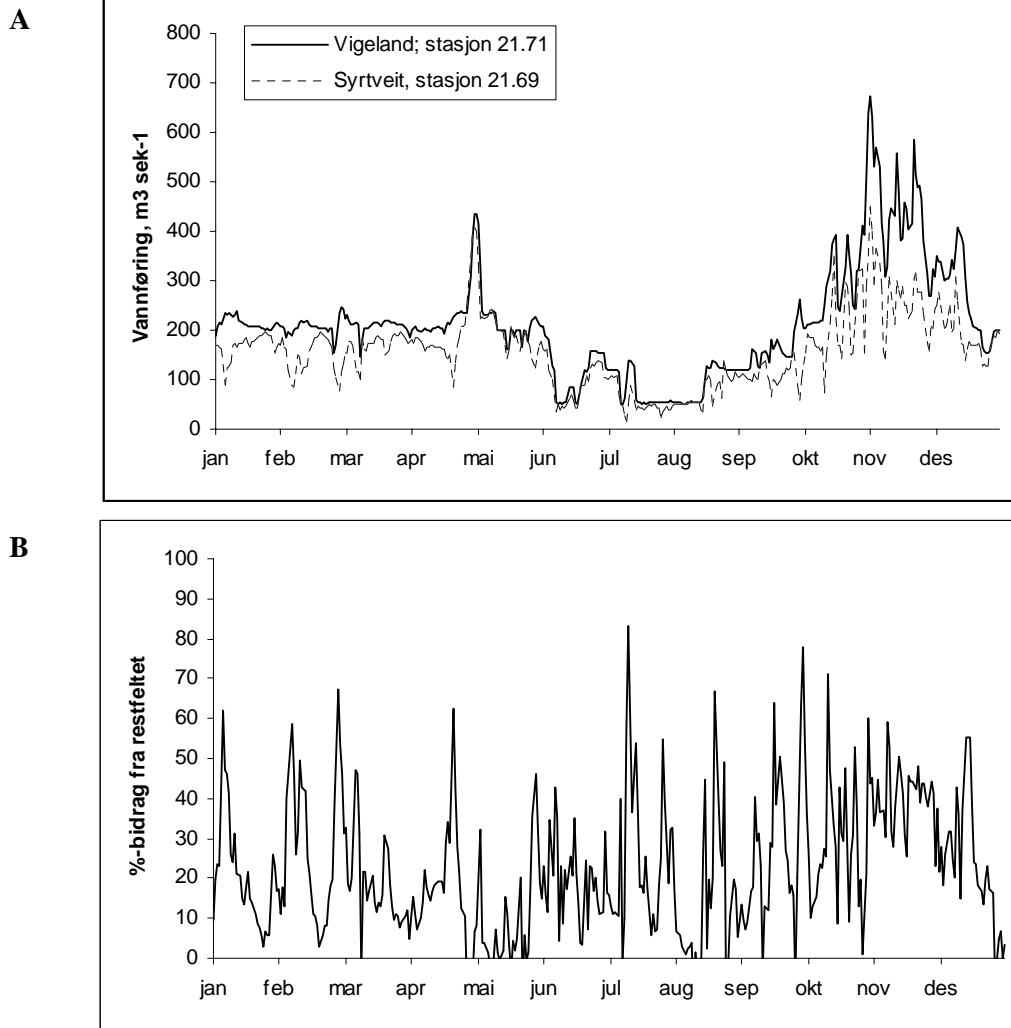
1.4 Hydrologi

Meteorologisk stasjon Hannåsmyran:	Årsnedbør 2000:	2150 mm
	Normalt:	1430 mm
	% av normalen:	150

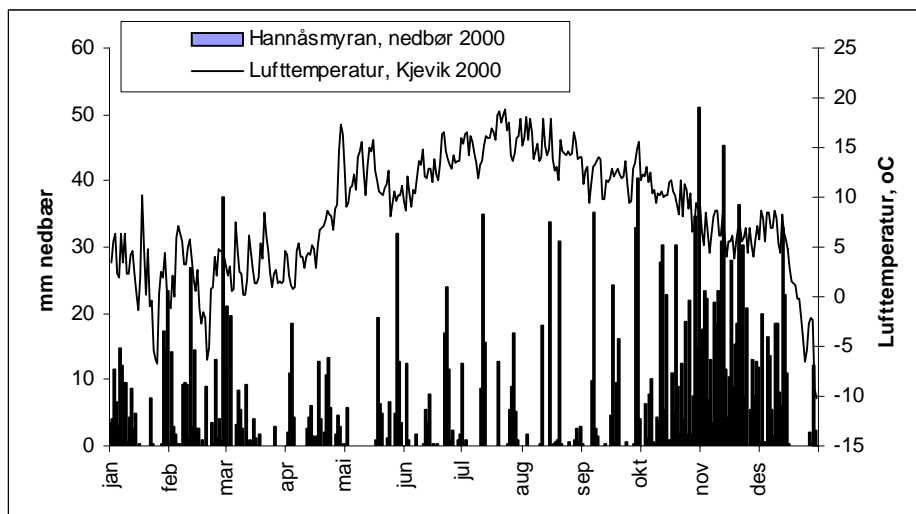
Året 2000 var nedbørrik (se over), spesielt månedene oktober og november (figur 2). Hele seinhøstperioden var preget av høy vannføring ved Vigeland (over 400 m³ s⁻¹ på døgnbasis) (figur 3a). Restfeltet nedstrøms Byglandsfjorden bidro med >50% vannet på anadrom strekning i Otra i 26 dager, til mellom 25 og 50% i 109 dager og med mindre enn 25% i 230 dager (figur 3b). Sidebekkene nedstrøms Byglandsfjorden utgjør således en viktig vannkilde, som i perioder dominerer vanntilførselen til anadrom strekning av Otra. Bidraget var særs stort i flere korte perioder om våren samt gjennom det meste av høsten 2000. Døgnnedbør og lufttemperatur er vist i figur 4.



Figur 2. Månedlig nedbør i 2000 ved meteorologisk stasjon Hannåsmyran. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 2000).



Figur 3. A) Vannføring (døgnverdier) ved St. 21.29 Vigeland og 21.69 Syrtveit i 2000 (Vannføring ved stasjon 21.11 heisel ble presentert i 1999) (NVE 2000). B) Prosentbidraget til vannføringen ved Vigeland fra delfelt nedstrøms Byglandsfjorden.



Figur 4. Mm nedbør (v/ Haannåsmyran) og lufttemperatur (v/Kjevik) i 2000.

1.5 Status- industriutslipp fra Hunsfos Fabrikker 2000

(Opplysninger fra miljøtekniker Einar Løvdal, Hunsfos Fabrikker)

Hunsfos har gjennomgått store strukturelle endringer de senere årene. I mai 1999 ble cellulosefabrikken nedlagt noe som har medført store reduksjoner i bedriftens utslipp, særlig til vann. I desember 2000 ble den eldste papirmaskinen nedlagt. Dette er også med på å bidra til reduserte utslipp til vann.

Avløpsmengde til Otra.

Etter nedleggelse av cellulosefabrikken ble avløpsmengden redusert med ca. $10 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, til et nivå som erfaringsmessig skulle få plass i rørledningen. Pga. kapasitesproblemer (trolig luft i ledningen) har det likevel i perioder gått en liten avløpsstrøm til Otra. Gjennomsnittlig avløpsmengde til Otra i 2000 var $0,8 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$. I 2000 ble 95% av avløpsvannet ledet til ledningen. Ved full kapasitet på ledningen vil alt avløpsvann nå kunne gå i ledningen.

Karakterisering av avløpsvannet

Avløpstype i tonn år ⁻¹ til Otra	1998	1999	2000
KOF	2007	240	46
SS	51	6	3,3
Tot.P	0,9	0,3	0,04

KOF:

Utslippene av organisk stoff ble dramatisk redusert etter nedleggelsen av cellulosefabrikken i mai 1999; fra omlag 35 tonn døgn⁻¹ til omlag 4 tonn døgn⁻¹ etter nedleggelsen av cellulosefabrikken. For 2000 er gjennomsnittet ytterligere redusert til ca. 3 tonn døgn⁻¹. Bedriftens totale utslipp av KOF var 1140 tonn i 2000. Av dette gikk 46 tonn til Otra.

Suspendert materiale (susp-70):

Dette er i hovedsak fiber og leire som bidrar til suspendert stoff. Bedriftens totale utslipp for 2000 var 70 tonn hvorav 3,3 tonn gikk til Otra.

Total fosfor:

Totalutslipp for 2000 var 1 tonn hvorav 0,04 tonn gikk til Otra.

Surhet:

Nedleggelsen av cellulosefabrikken medførte at pH-nivået i avløpsvannet økte fra 4-5 til 7-8. Kontinuerlige registreringer viser at vannet episodisk kan bli basisk med pH-verdier opp mot 10.

Spesielle hendelser/uhell 2000.

Ingen hendelser/uhell ble registrert i løpet av år 2000

Forurensningbegrensende tiltak

Bedriften ble sertifisert etter NS-EN-ISO14001.

Mål for utslipp av KOF ble overholdt. Målet for 2000 var å komme under 4,0 tonn døgn⁻¹ som halvårsmiddel. Resultatet ble 3,2 tonn døgn⁻¹.

Mål for utslipp av SS ble overholdt. Målet for 2000 var å komme under 200 kg døgn⁻¹ som halvårsmiddel. Resultatet ble 190 kg døgn⁻¹.

Bedriftens miljømål som er relevante for Otra i 2001 er:

Utslppsreduksjon av prosessvann.

Redusere risikoen for utslipp av lut.

Utbedre avløpsanlegg i den eldste delen av bedriften.

2. Vannkvalitet

2.1 Forsuring, langtidsutvikling

Svovel og nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør har ført til forsuring av mange vassdrag i Sør-Norge. Problemet er spesielt stort på Sørlandet og deler av Vestlandet hvor tilførselene av atmosfærisk svovel og nitrogen er store, samtidig som hard og kalkfattig berggrunn gir liten avsyringskapasitet (bufferevne). Surt vann og høye aluminiumskonsentrasjoner har medført fisketomme vann mange steder. Som et resultat av internasjonale forhandlinger er svovelinnholdet i nedbøren nå i ferd med å avta, og det er allerede registrert en svak pH-økning i vassdragene (SFT 1999).

I Otra er det en klar nord-sør gradient i pH. Hovedelva fra Valle og oppover har stort sett pH-verdier over 6,0, mens forsuringen tiltar fra Bygland og sørover (Traaen og Johannessen 1987, Kaste og Håvardstun 1998; Krøglund m.fl. 2001). Forholdet skyldes dels at berggrunnen i de nordligste delene av vassdraget er mer kalkholdig og dels at dette området mottar betydelig mindre forurenset luft og nedbør enn de midtre og nedre delene. Sidebekkene til Otra er fortsatt sure. Vannbidrag fra disse medfører at pH avtar fra Ose bru til stasjonen oppstrøms Hunsfos.

pH på anadrom strekning av Otra ble inntil 1995 også påvirket av store syreutslipp fra Hunsfos Fabrikker. Disse resulterte i at før 1995 avtok pH fra stasjonen oppstrøms Hunsfos til Skråstad. Dette avtaket har ikke vært tilstede etter 1995. pH-reduksjon bidro samtidig til mobilisering av aluminium på giftige tilstandsformer.

Årsmiddel-pH har vist en oppadgående tendens ved alle stasjonene siden midten av 1980-tallet (figur 5a). Redusert svovelfall, her målt som mindre sulfat i vassdraget (figur 5b), er eneste årsak til pH-økningen oppstrøms Hunsfos. Økningen i pH ved Skråstad skyldes både redusert sur nedbør og eliminering av syreutslippene fra industrien. Det var små endringer i middel-pH ved de undersøkte stasjonene fra 1998 til 2000, med verdier i området 5,8-6,1. Den positive utviklingen påvist for årene 1990 til 1997 synes å ha stanset opp.

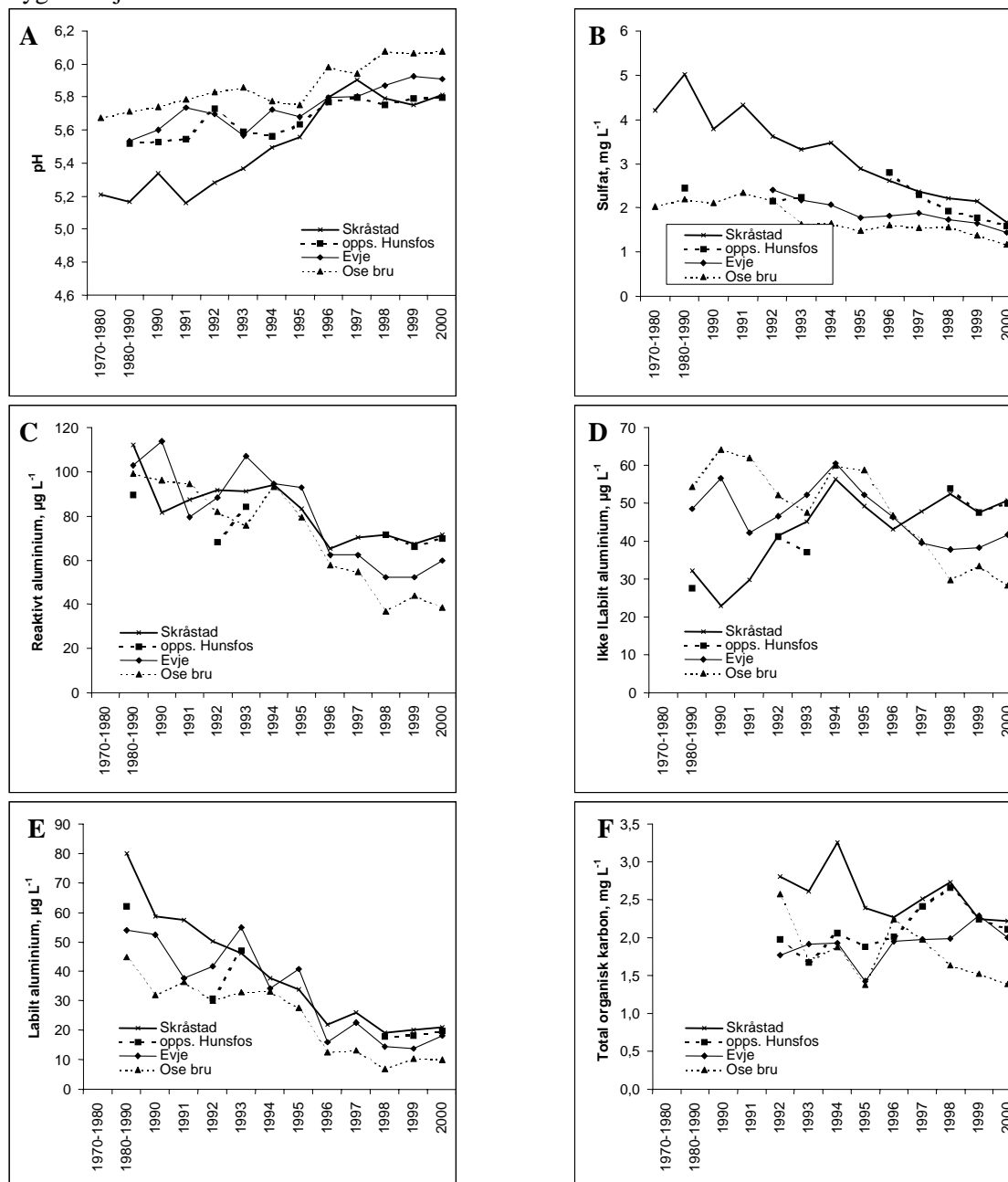
Konsentrasjonen av reaktivt aluminium har avtatt (figur 5c). Konsentrasjonen er høyere ved Skråstad enn ved Ose Bru og Evje. Dette er forventet på bakgrunn av pH-forskjellene mellom stasjonene.

Konsentrasjonen av ikke-labilt aluminium har avtatt ved Ose Bru, men har økt ved Skråstad (figur 5d). Dette kan skyldes tilførsel av organisk bundet aluminium og/eller tilførsel av labilt aluminium som er transformert til reaktive, men ikke positivt ladde tilstandsformer. Økningen i organisk bundet aluminium kan ikke uten videre begrunnes utfra målte konsentrasjoner av total organisk karbon (figur 5f). Selv om TOC øker fra Ose Bru til Skråstad, har TOC avtatt over samme periode. Økningen i ikke-labilt aluminium skyldes sannsynligvis tilførsler av aluminium fra sidevassdragene.

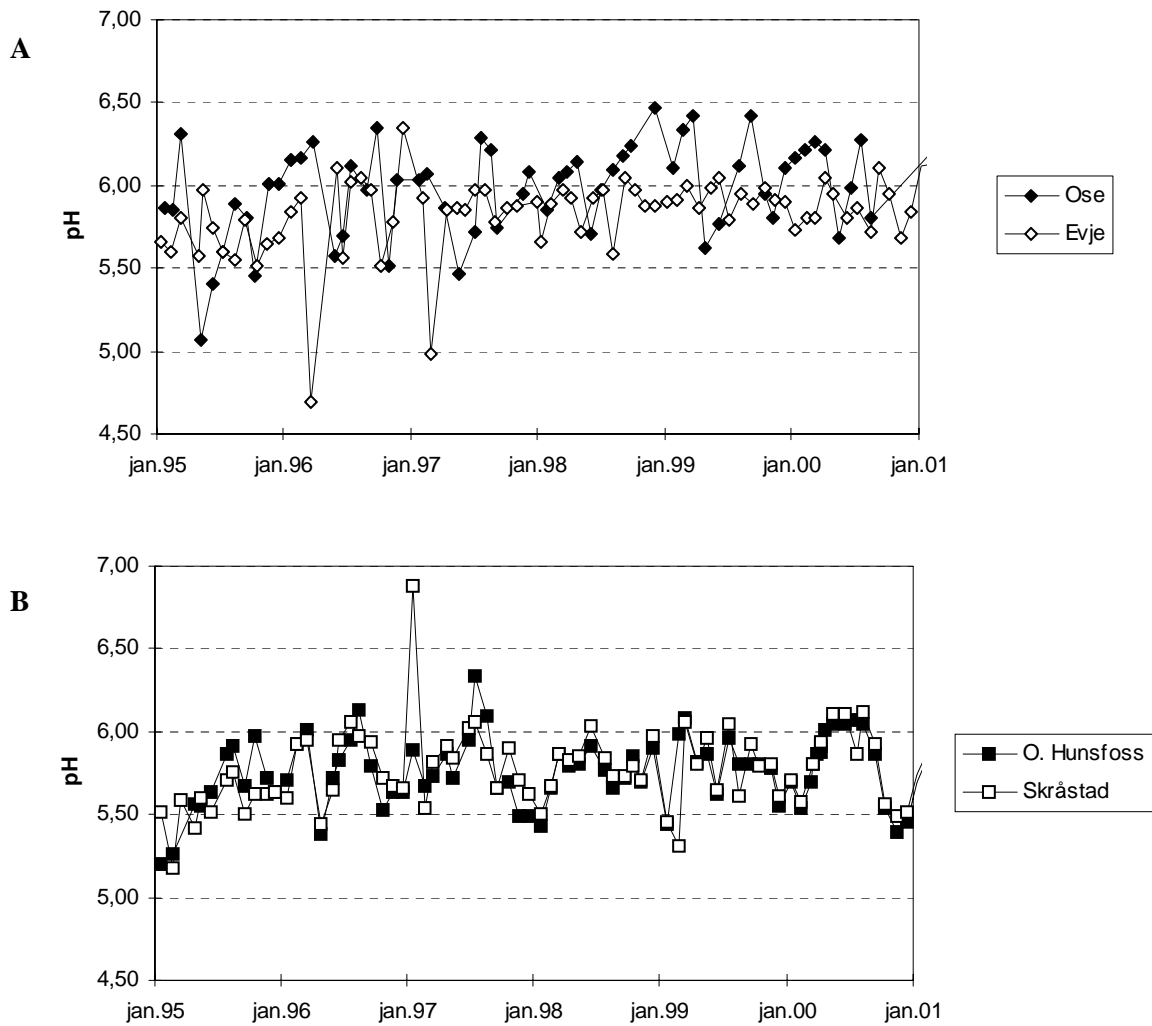
Konsentrasjonene av labilt (uorganisk) aluminium har gått kraftig ned på samtlige stasjoner siden slutten av 1980-tallet (figur 5e). Mens årsmiddelkonsentrasjonen var høyere enn $30 \mu\text{g Al L}^{-1}$ fram til omkring 1995, var årsmiddelkonsentrasjonen lavere enn $20 \mu\text{g Al L}^{-1}$ fra 1998 til 2000. Konsentrasjonen var lavest ved Ose Bru, høyest ved Hunsfos og Skråstad. Endringene i labilt aluminium følger endringene i pH.

2.2 Forsuring, sesongvariasjon

pH i Otra varierer gjennom sesongen og er tydelig lavere om vinteren enn om sommeren, særlig ved Skråstad og Hunsfos (figur 6ab). Dette er en normal årstidsvariasjon i moderat forsura vassdrag. Det ble registrert kraftige forsuringsepisoder på de nedre stasjonene i Otra i 1999 og i 2000. I januar og februar 1999 ble pH ved Skråstad målt til 5.3 og 5.4. Fra oktober til desember 2000 varierte pH omkring 5.5. pH-reduksjonen var mindre på de ovenforliggende stasjonene. Disse episodene skyldes tildels nedbørsepisoder, hvor vann fra sidebekkene nedstrøms Byglandsfjorden dominerer vannføringen ved Skråstad. Sidebekkene kan også få økt dominans når avrenningen fra Byglandsfjorden er liten eller når vann holdes tilbake i kraftverket.



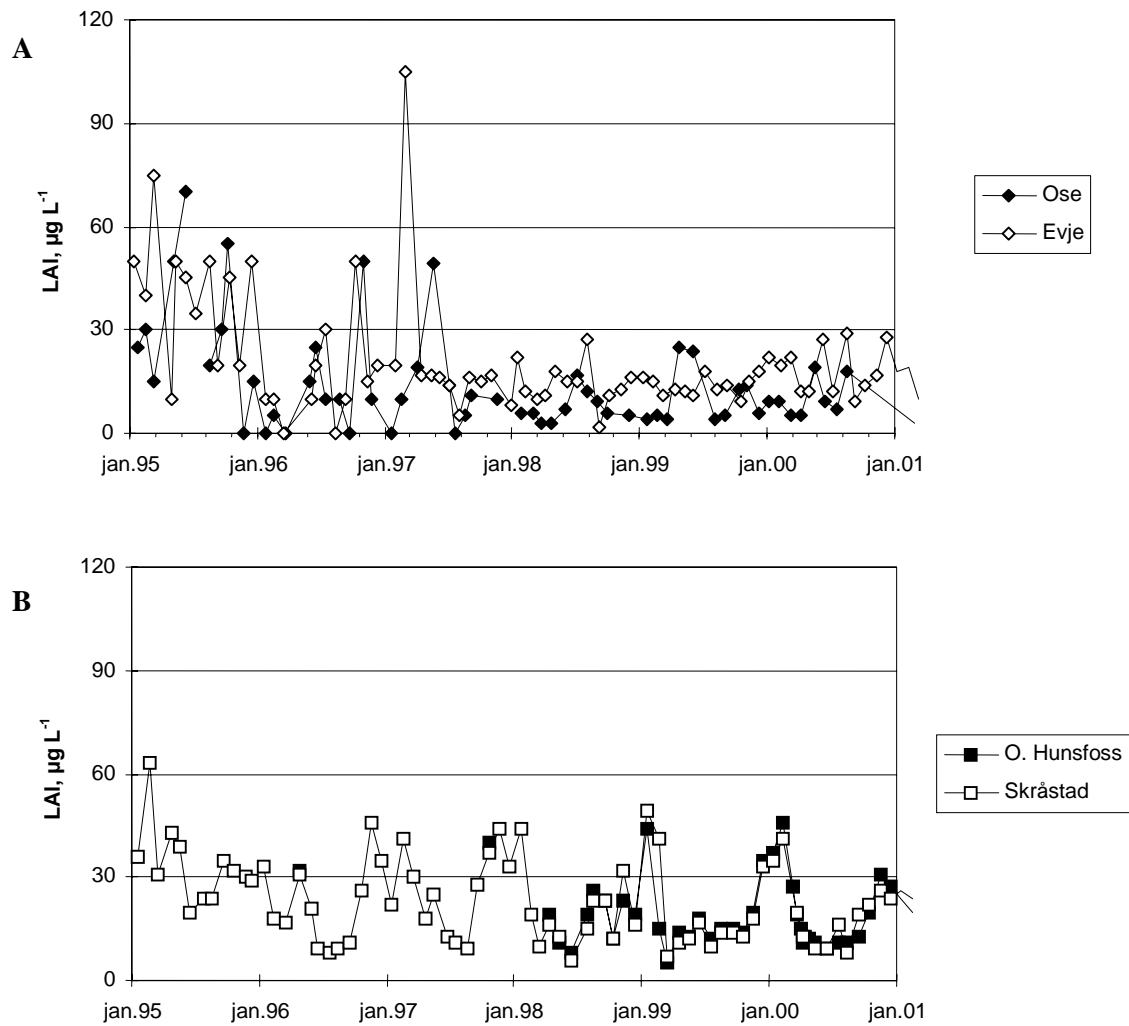
Figur 5a-f. Middelerverdier for pH, sulfat (mg L^{-1}), reaktivt aluminium ($\mu\text{g Al L}^{-1}$), labilt aluminium ($\mu\text{g Al L}^{-1}$), ikke-labilt aluminium ($\mu\text{g L}^{-1}$) og total organisk karbon (mg TOC L^{-1}) målt på ulike stasjoner i Otra de siste 30 årene. For periodene 1970-1980 og 1980-1990 er gjennomsnittsverdien gitt for hele 10-års perioden.



Figur 6ab. pH på fire ulike stasjoner i Otra fra 1996 til 2000.

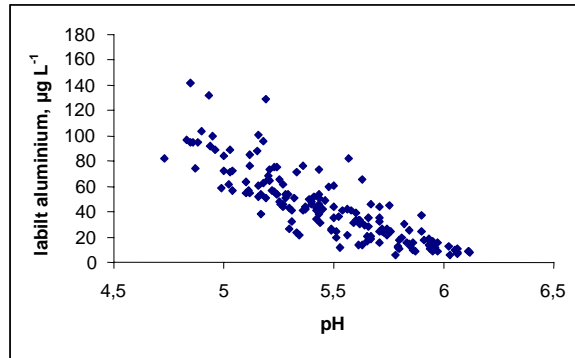
Konsentrasjonen av labilt aluminium i Otra varierer gjennom sesongen (figur 7ab). Det ble målt konsentrasjoner høyere enn $30 \mu\text{g Al L}^{-1}$ om vinteren, mens sommerkonsentrasjonene variere omkring $10 \mu\text{g Al L}^{-1}$. Konsentrasjonene var gjennomgående høyere ved Evje enn ved Ose Bru. Ved Evje ble det påvist høye konsentrasjoner på tre prøvedatoer i 2000. Tilsvarende høy konsentrasjon ble sist målt i 1998 og 1997. Dette illustrerer hvor ustabil vannkvaliteten er i området. Det var ingen forskjell i konsentrasjon mellom Skråstad og Hunsfoss. Det har ikke vært entydige forandringer i sesongvariasjonen i løpet av de siste årene.

Middelkonsentrasjonene i 2000 lå omtrent på samme nivå som 1998 ($7\text{-}20 \mu\text{g L}^{-1}$). Vinterkonsentrasjonene ved Skråstad varierer mellom 40 og $50 \mu\text{g Al L}^{-1}$, mens sommerkonsentrasjonene varierer mellom 10 og $15 \mu\text{g Al L}^{-1}$. Konsentrasjonene målt ved Evje var normalt noe høyere enn konsentrasjonene målt ved Ose Bru.



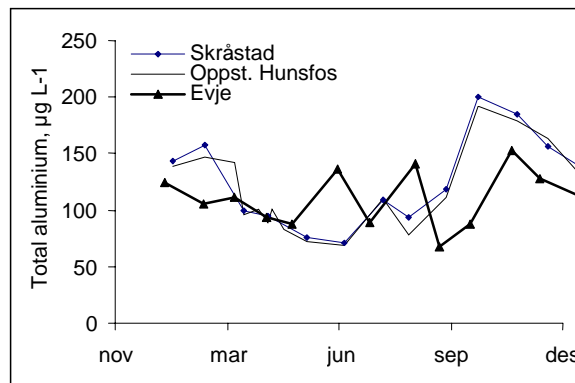
Figur 7ab. Labilt aluminium ($\mu\text{g Al L}^{-1}$) på fire ulike stasjoner i Otra fra 1996 til 2000.

Det er en nær sammenheng mellom pH og labilt Al i vassdraget (figur 8). Dette er å forvente ettersom aluminium ikke mobiliseres når pH er høy samtidig som aluminium tilført vassdraget endrer tilstandsform når pH øker. Hvilken av disse faktorene som er grunnlaget for lave LAI-konsentrasjoner ved høy pH kan ikke påvises uten at kilden til Al (dvs Al i sidebekkene er kjent). Sannsynligvis vil begge faktorer være tilstede i vassdraget. Den økologiske betydningen av disse faktorene kan derimot være svært ulike. Det er rimelig å anta at den månedlige overvåkingen ikke makter å påvise de mest kritiske enkeltepisodene. Det er ingen kontinuerlig pH-logging i vassdraget. Daglige pH-målinger ved Setersdalen settefiskanlegg påviste betydelige pH fall i Byglandsfjorden julaften 1999. Denne type episoder kan desimere fiskebestandene og redusere forekomsten av forsuringsfølsomme organismer.



Figur 8. Sammenhengen mellom pH og målt konsentrasjon labilt aluminium i Otra.

Total-Al ble målt for første gang i 2000. Konsentrasjonen av total-Al er høyere ved Skråstad enn ved Evje (figur 9). Dette må tilskrives aluminium tilført hovedvassdraget fra sure sidebekker. Økningen var spesielt markert høsten 2000. Det er samtidig rimelig å anta at denne økningen i stor grad skyldes labilt aluminium. Konsentrasjonen av aluminium fisken opplever kan derfor være høyere enn den konsentrasjonen som påvises i vannprøver etter at disse har vært lagret i noen døgn (transport) og etter temperaturøkning (fra elvetemperatur til romtemperatur).



Figur 9. Total-Al målt på fire ulike stasjoner i Otra i 2000.

Konsentrasjonen av labilt aluminium og H^+ er i vinterperioden på nivåer som kan medføre betydelig skade og moderat dødelighet på laksesmolt og -yngel i ferskvann. Laksesmolt vil dessuten kunne ha redusert marin overlevelse dersom fisken vandrer ut rett etter eksponeringen (Hindar et al. 1997). Konsentrasjonen av labilt aluminium bør helst være under 10 hele tiden dersom en skal være sikker på at skade på laks ikke oppstår (Hindar et al. 1997). De omtalte nivåene av labilt aluminium vinteren 1999 var såpass høye at skader på andre ferskvannsorganismer (inkl. innlandsfisk) ikke kan utelukkes.

Under smoltundersøkelser i Otra våren 1999, fant en for øvrig rester av aluminium inne i gjellevevet som sannsynligvis kan ha stammet fra de to omtalte forurensningsepisodene vinteren 1999 (Kroglund et al. 1999). Fisken syntes imidlertid å ha restituert seg etter dette, slik at sjøvannstoleransen var god under smoltutvandringen i mai måned.

2.3 Næringsalter

Fosfor

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. $3-5 \mu\text{g P L}^{-1}$, mens en i områder under marin grense må det påregne noe høyere verdier, ofte omkring $8-12 \mu\text{g L}^{-1}$ (Bratli et al. 1995, Skjelkvåle et al. 1997). Hindar et al. (1993) har anslått at

konsentrasjonen av total fosfor i Otra ville ligget omkring $3 \mu\text{g L}^{-1}$, uten innvirkning fra menneskelig aktivitet i nedbørfeltet.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor er betydelig redusert i den nedre delen av elva siden 1980 (figur 10a). Hovedårsaken til dette er at det er gjennomført betydelige forurensningsbegrensende tiltak på kommunal sektor. Middelkonsentrasjonen av total fosfor ved hhv. Ose, Evje, oppstrøms Hunsfoss og Skråstad i 2000 var hhv. 2.6, 3.2, 2.9 og $3.1 \mu\text{g L}^{-1}$. Dette er nær den konsentrasjonen en kan forvente i elva uten menneskelig påvirkning. Ved Evje ble det registrert forhøyede fosforkonsentrasjoner i perioden juni til september 1999 ($5-19 \mu\text{g L}^{-1}$). Tilsvarende konsentrasjoner ble ikke påvist i 2000, hvor høyeste konsentrasjon var $6 \mu\text{g L}^{-1}$. Det er for øvrig nesten årvisst registrert episodisk høye konsentrasjoner av total fosfor ved Evje. Episoden i 2000 var moderat sammenliknet med tidligere år.

Nitrogen

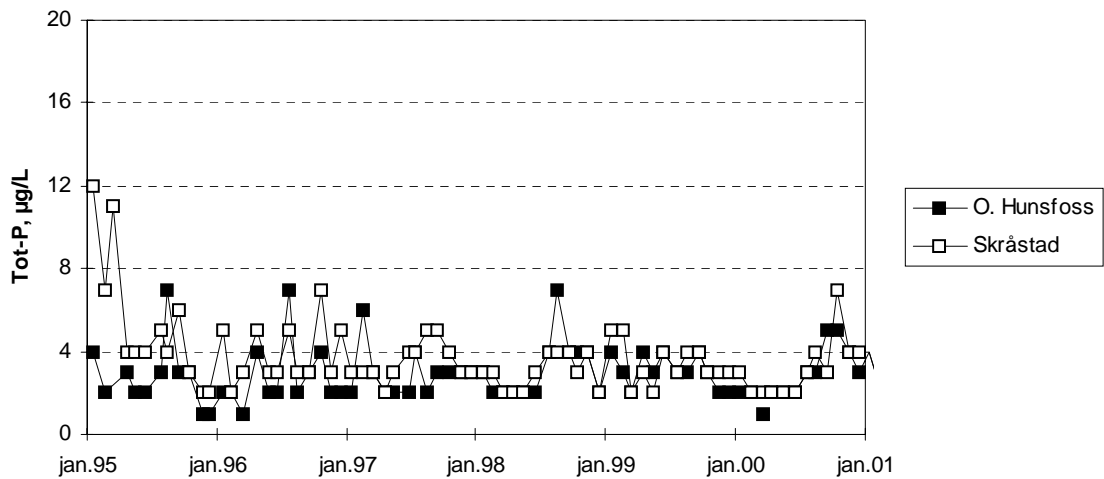
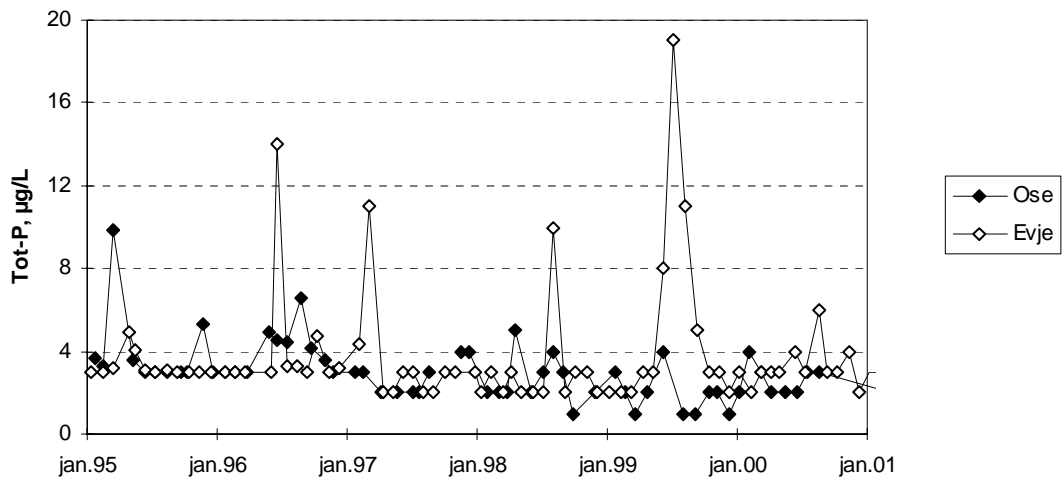
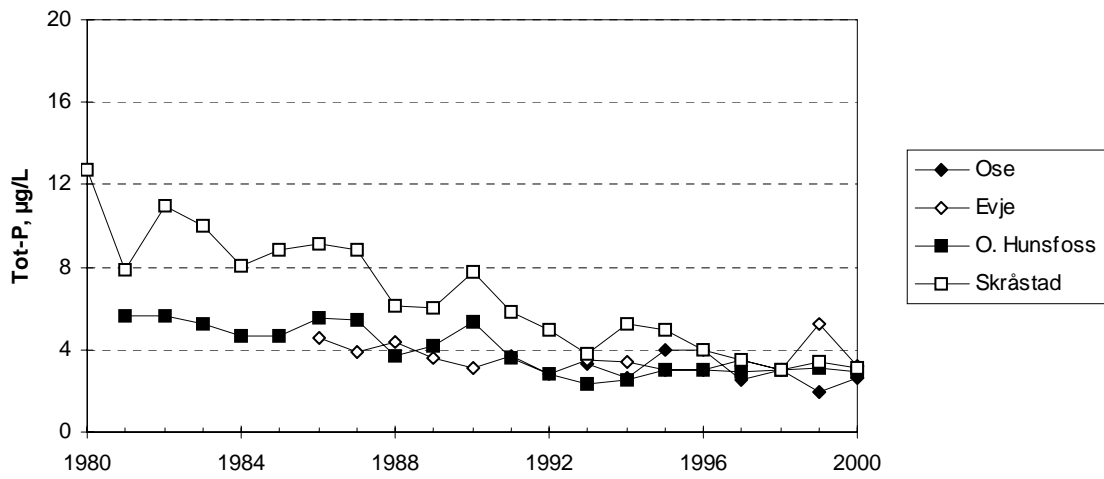
Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker og innsjøer kan ligge opp mot $300-500 \mu\text{g L}^{-1}$ i utmarksområder på Sørlandet (Skjelkvåle et al. 1997). En stor del av dette nitrogenet stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT 1999, Kaste et al. 1997b). Nitrogenfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunns-konsentrasjonene av nitrogen i bekker.

Som i andre større vassdrag på Sørlandet med store utmarksarealer, er nedbøren den klart dominerende nitrogenkilden i Otra (Hindar et al. 1989). I de senere år har de atmosfæriske nitrogen-tilførslene ligget på et relativt stabilt nivå (SFT 1999), men små endringer i jordas evne til å binde atmosfærisk nitrogen kan medføre store utslag på nitrogentransporten i et større vassdrag som Otra. Med den relativt store vannføringen i Otra hele året (minimum $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ved Vigeland) skal det relativt store lokale tilførsler til for å endre konsentrasjonen i elva vesentlig. Tidligere overvåking har for eksempel vist at nitrogenkonsentrasjonene endrer seg relativt lite på den tettbebygde og industridominerte strekningen mellom utløpet av Venneslafjorden og Skråstad.

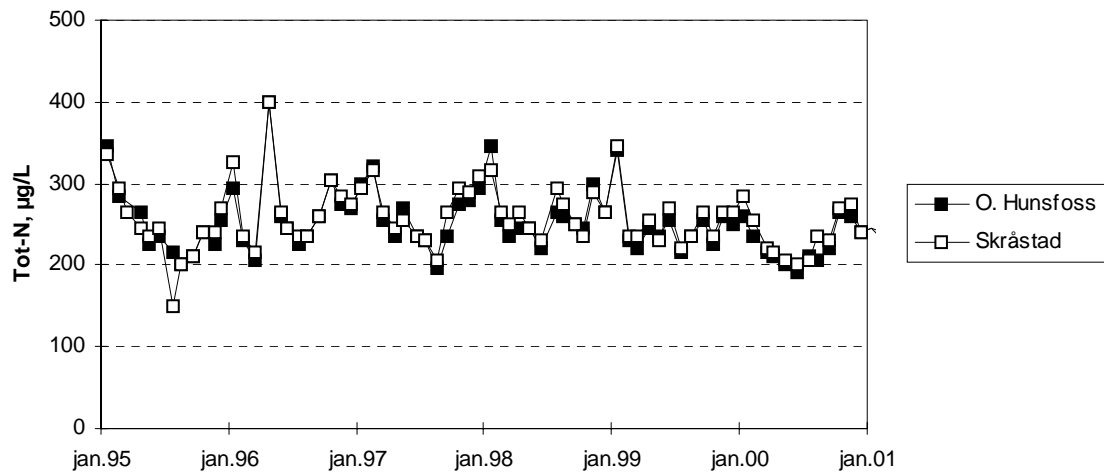
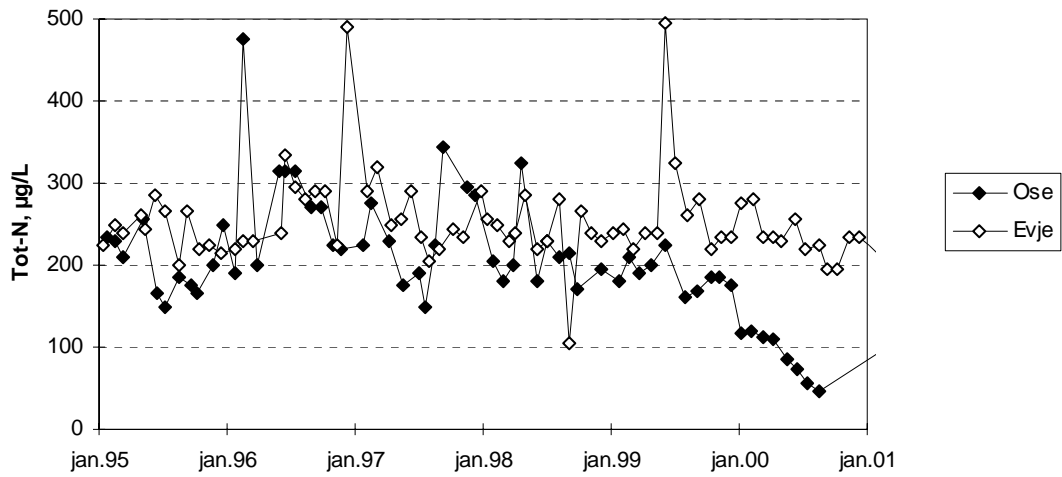
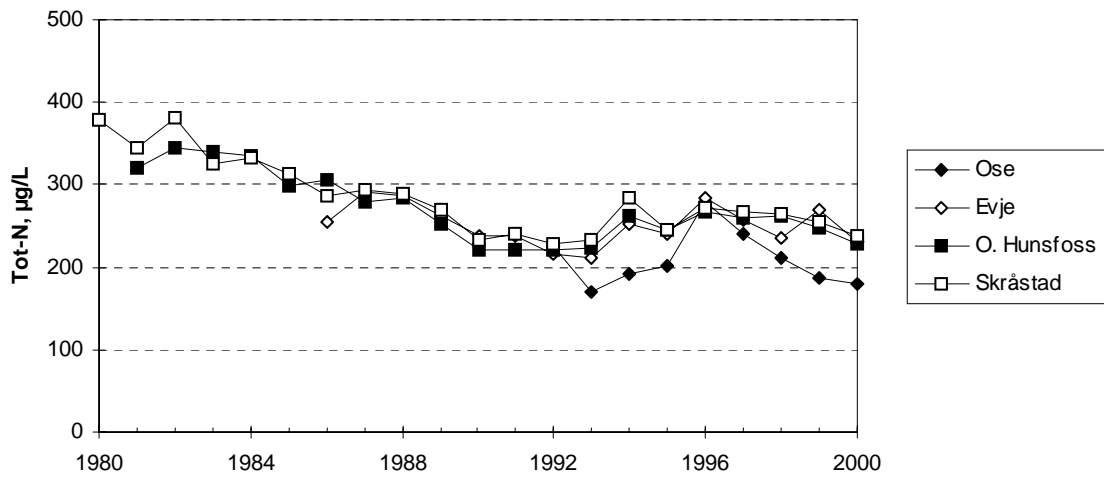
Årsmiddelkonsentrasjonene av total nitrogen viste en nedadgående tendens ved samtlige stasjoner i perioden 1983-1990 (figur 11). De høye konsentrasjonene av total nitrogen i Otra på begynnelsen av 1980-tallet skyldes sannsynligvis sprengningsarbeider i forbindelse med vannkraftutbygging i Øvre Otra (Lande 1986). Denne effekten ser ut til å være borte omkring 1990. På begynnelsen av 1990-tallet lå konsentrasjonene relativt stabilt på verdier like i overkant av $200 \mu\text{g L}^{-1}$, mens de har ligget nærmere $300 \mu\text{g L}^{-1}$ de siste 5-6 årene. Årsmiddelkonsentrasjonen har variert mer ved Ose enn ved de øvrige stasjonene. Hovedforklaringen til dette kan være at variasjonen på stasjonene nedstrøms Byglandsfjorden kan være dempet (jevnet ut) pga. magasinering og tidsforsinkelse i det relativt store innsjøbassenget. I 2000 hadde Ose en middelkonsentrasjon av total nitrogen på $180 \mu\text{g L}^{-1}$, mens de andre lå i området $225-235 \mu\text{g L}^{-1}$, konsentrasjoner som var svakt lavere enn året forut.

Ved Evje ble det ikke registrert noen markert topp i konsentrasjonen av total nitrogen i 2000 som påvist flere tidligere år. Ved de øvrige stasjonene var det kun små variasjoner i konsentrasjonene av total nitrogen.

Nitratkonsentrasjonen i vassdraget viser et mer sesongmessig svingemønster, med de laveste verdiene i sommerhalvåret (Vedlegg B). Dette skyldes i hovedsak at nitrat tas opp av planter i vann og på land i løpet av vekstsesongen.



Figur 10. Total fosfor ved ulike stasjoner i Otra. Øverst: middelveidier. Midten og nederst: enkeltmålinger de siste 5 år.



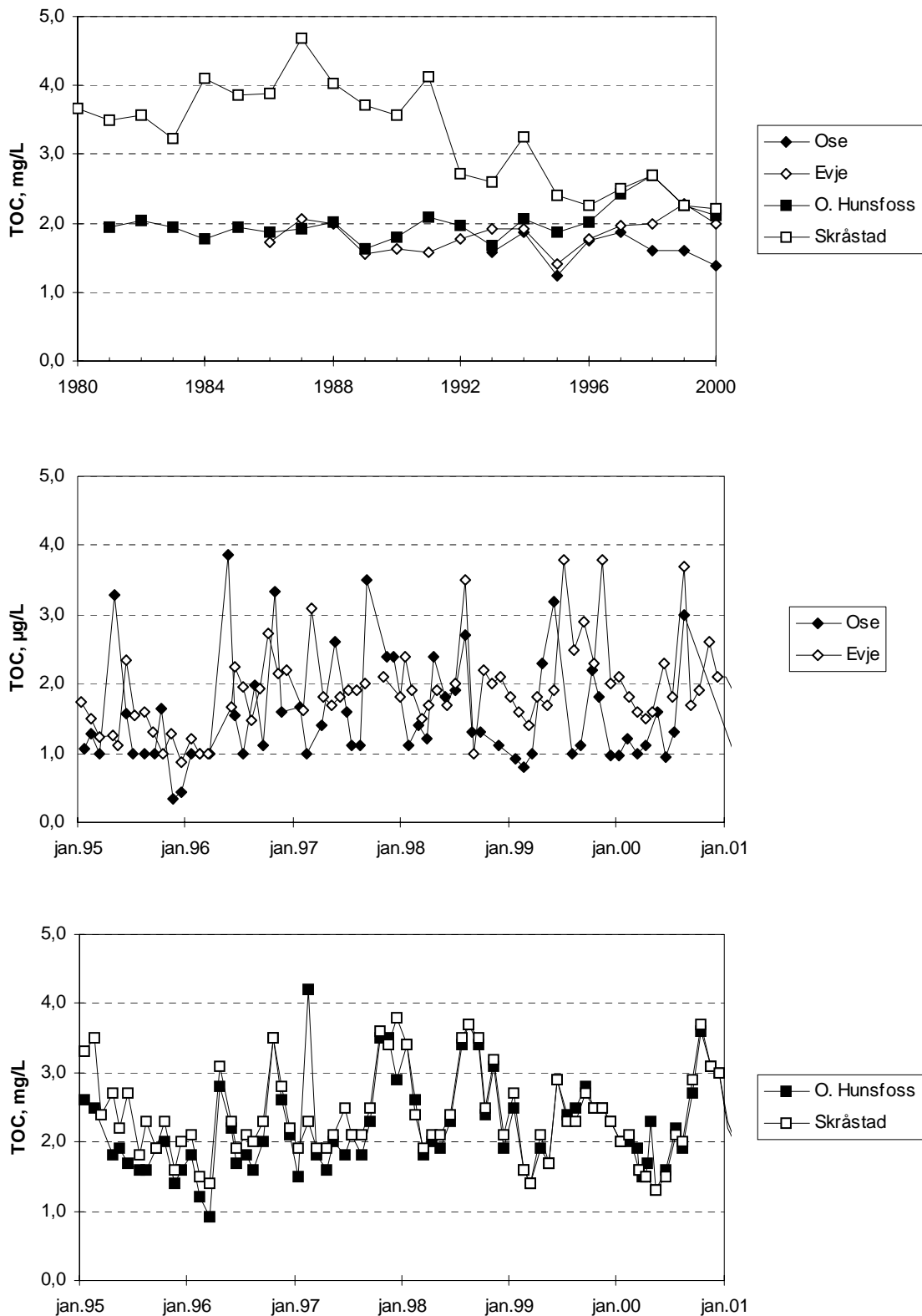
Figur 11. Total nitrogen ved ulike stasjoner i Otra. Øverst: middelværdier. Midten og nederst: enkeltmålinger de siste 5 år.

2.4 Organisk stoff

Treforedlingsindustrien i Vennesla-området har tidligere belastet Otra med store mengder løst organisk stoff og trefibermasse. Omfattende rensetiltak medførte gradvis reduserte utslipp i løpet av 1980- og 1990-tallet, og sommeren 1995 ble det tatt i bruk en avskjærende industriavløpsledning som nå fører det meste av industriutslippene direkte til Kristiansandsfjorden. Ved siden av det organiske stoffet som tilføres vassdraget fra menneskelige kilder, finnes det også en del naturlig organisk materiale (bl.a. humusstoffer) i vannet. Humus er tungt nedbrytbare organiske forbindelser som bl.a. gir den karakteristiske brune fargen på avrenningsvann fra myrområder. Otra er relativt lite humuspåvirket, med naturlige TOC-konsentrasjoner som vanligvis ligger under 3 mg L⁻¹.

KOF_{Mn} brukt som parameter for organisk stoff innenfor overvåkingsprogrammet inntil 1998, da den ble erstattet med parameteren totalt organisk karbon (TOC). På grunnlag av en fem års overgangsperiode 1992-1997, da begge parametre ble analysert, har en kommet fram til en brukbar linær sammenheng: $TOC = 0,7112KOF_{Mn} + 0,4077$. ($R^2 = 0,726$) (Kaste et al. 1998). En KOF-verdi på ca 2 mg L⁻¹ tilsvarer dermed omlag 1,8 mg L⁻¹ TOC. Denne verdien er tidligere brukt som et omtrentlig mål på det naturlige bakgrunnsnivået i elva (Hindar et al. 1993). I tidsrommet 1980-1992 har årsmiddelkonsentrasjonene i elva nedstrøms industribedriftene i Vennesla ligget betydelig over dette bakgrunnsnivået. Den høyeste årsmiddelkonsentrasjonen av KOF ved Skråstad (6 mg L⁻¹ som tilsvarer 4,7 mg L⁻¹ TOC) ble registrert i 1988.

I 2000 var middelkonsentrasjonene av TOC ved Ose, Evje, oppstrøms Hunsfoss og Skråstad var hhv. 1,4, 2,0, 2,1 og 2,2 mg L⁻¹ (figur 12). Stasjonen ved Skråstad hadde med dette samme middelkonsentrasjon av TOC som stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 2000. Dette viser at bidraget fra industribedriftene nedstrøms Vennesla nå knapt er målbart i hovedelva. Nedlegging av cellulosefabrikken ved Hunsfos våren 1999 har ytterligere bidratt til å redusere den organiske belastningen på elva. Det er forholdsvis stor naturlig variasjon i konsentrasjonene av organisk stoff i elva (TOC: 1,1-3,8 mg L⁻¹). Dette skyldes i stor grad at humustilførslene til vassdrag ofte varierer med ulike vannførings- og klimaforhold.



Figur 12. Totalt organisk karbon ved ulike stasjoner i Otrå. Øverst: middelverdier. Midten og nederst: enkeltmålinger de siste 5 år.

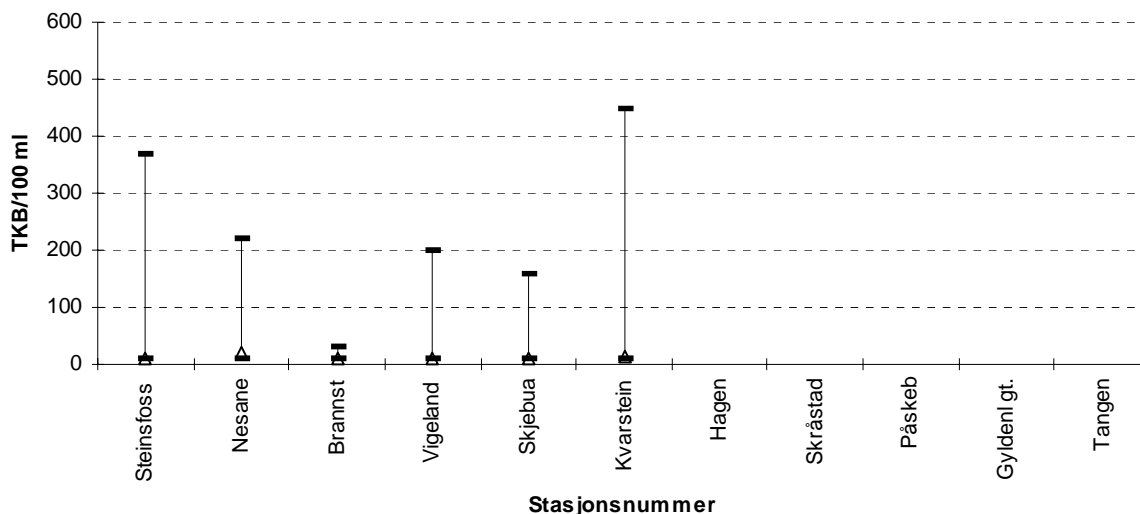
2.5 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. Sosial- og helsedepartementet (1995) har utarbeidet "Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m." på grunnlag av EUs direktiver om drikkevann. Denne forskriften er gjort gjeldende fra 1.1.95. I følge disse forskriftene må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet skal oppnå betegnelsen "god drikkevannskvalitet".

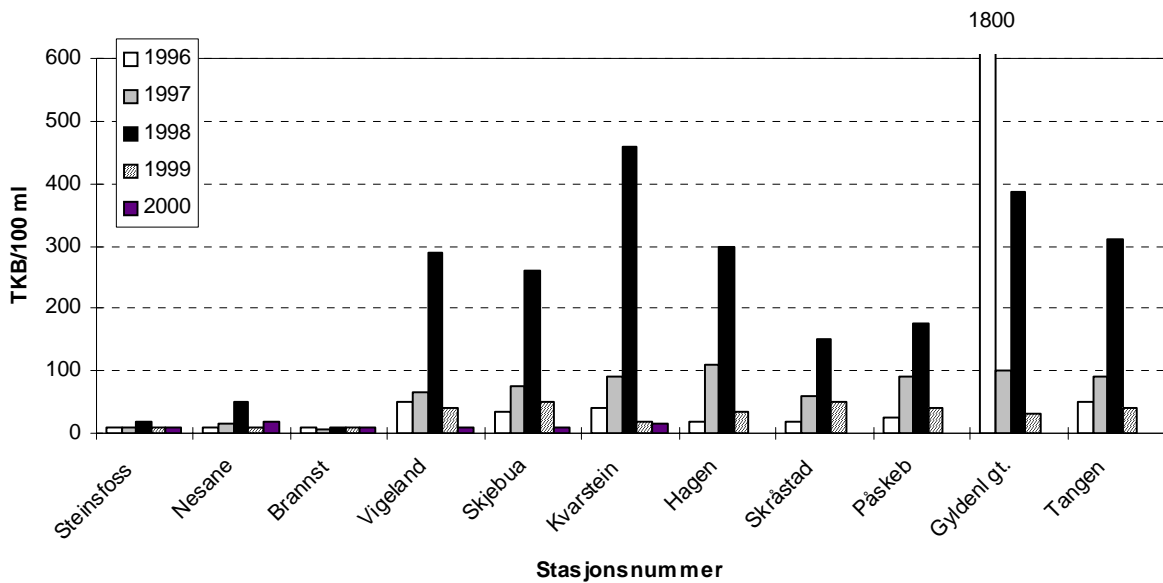
Statens helsetilsyn (1994) har utarbeidet vannkvalitetsnormer for friluftsbad som er gjort gjeldende fra 1.7.94. Ut fra disse normene skal $\geq 90\%$ av prøvene ha mindre enn 100 TKB 100 ml^{-1} og ingen prøver ha over 1000 TKB 100 ml^{-1} dersom kravene til betegnelsen "god badevannskvalitet" skal oppnås. Badevannskvaliteten karakteriseres som "mindre god" dersom kravene ovenfor ikke tilfredsstilles, men $\geq 90\%$ av prøvene inneholder mindre enn 1000 TKB 100 ml^{-1} . Dersom $\geq 10\%$ av prøvene inneholder mer enn 1000 TKB 100 ml^{-1} må vannet karakteriseres som uegnet for bading. Det skal minst tas 10 prøver fordelt over en eller to badesesonger.

I motsetning til i tidligere år var medianverdien lav på alle stasjoner i 2000 (figur 13 og Vedlegg B.2). Alle stasjonene tilfredsstilte kravene til betegnelsen "god badevannskvalitet" i 2000. Flere stasjoner ble i 1999 karakteriseres som "mindre god". Ingen av stasjonene fikk karakteren "ikke akseptabel" i 1999, noe som var tilfelle ved tre av stasjonene i 1998.

Den hygieniske vannkvaliteten i 2000 var totalt sett den beste som er målt siden overvåkingen begynte i 1996. Etter at det ble registrert generelt høye bakteriekonsentrasjoner i elva i 1998 (Kaste et al. 1999), var verdiene i 2000 lavere enn i 1996 (figur 14). Resultatene hittil viser at det kan være relativt store variasjoner fra år til år, noe som sannsynligvis har sammenheng med varierende nedbør / vannføringsforhold og muligheter for lekkasjer og overløp fra kloakknett.



Figur 13. Forekomst av tarmbakterier på ulike stasjoner i nedre Otra i perioden 13. juni – 29. august 2000 (se avsnitt 1.3 for stasjonsoversikt). Figuren viser medianverdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen.



Figur 14. Tarmbakterier i nedre Otrå - sammenligning av medianverdier for perioden 1996-2000.

2.6 Klassifisering av vannkvalitetstilstand i 2000

De undersøkte lokalitetene er klassifisert i henhold til SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (tabell 1, Vedlegg A). Samtlige stasjoner var ubetydelig påvirket av næringssalter og organisk stoff (klasse I, "meget god"), men markert påvirket av forurening (klasse III, "mindre god"). Kravet for å oppnå klasse II med hensyn til forurening, er at alle målingene gjennom året skal være over 6,0. Stasjonen Ose var nærmest dette med pH > 6.0 i 6 av 10 prøver i 1999.

Stasjonen oppstrøms Hunsfoss og Otrå ved Skråstad var hhv. moderat (klasse II) og markert ("klasse III) påvirket av tarmbakterier i 1999. Dette var en klar forbedring i forhold til i 1998 da stasjonene lå i hhv. klasse III og IV.

Tabell 1. Samlet vurdering av vassdragets vannkvalitetstilstand. I = meget god, II = god, III = mindre god, IV = dårlig, V = meget dårlig. Klassifiseringsgrunnlaget er gitt i Vedlegg A.

ID-nr:	Stasjoner	Næringssalter	Organisk stoff	Surhet	Tarmbakterier
535	Ose bru	I	I	III	
492	Evje	I	I	III	
460	Oppstrøms Hunsfoss	I	I	III	I
450	Skråstad	I	I	III	I

3. Bunndyr

3.1 Innledning

Bunndyr er en gruppe organismer som omfatter arter med svært forskjellige egenskaper og funksjoner i vassdraget. Mens enkelte arter klassifiseres som rentvannsarter, ved at de kun finnes i vann upåvirket av forurensninger, er andre arter mer tolerante overfor forurensninger. Artsrikdommen og de enkelte artenes vannkjemiske toleranse gjør denne dyregruppen særs velegnet til bruk ved overvåking av forurensede resipienter. Foruten å være viktig ved klassifisering av naturtilstand, er bunndyrsamfunnet viktige for omsetningen av organisk materiale som tilføres et vassdrag. Bunndyr bidrar således til å rense vannet. Bunndyrene har også en viktig funksjon som næringsgrunnlag for fisken i vassdragene våre.

Sammensetningen av et dyresamfunn på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange artene har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil bunndyrsamfunnet endres. Ved å analysere bunndyrsamfunnets sammensetning er det mulig å påvise miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten (Aanes og Bækken 1989). I forhold til fysisk- kjemiske målinger, som kun gir et øyeblikks bilde av tilstanden i vassdraget, gir bunndyrene gjennom sitt livsløp et integrert bilde av alle forhold i vassdraget. Gjennom undersøkelse av bunndyr får en frem en samlet effekt av alle miljøfaktorene som påvirker vannkvaliteten på prøvetakingsstedet.

Bunndyrundersøkelsene i nedre Otra ble videreført i 1999 og 2000 med finansiering fra Otra Laxefiskelag. For Otra Laxefiskelag var det ønskelig å kunne følge med i den positive responsen bunndyrene i denne delen av vassdraget har vist på bedringen i den fysisk-kjemiske vannkvaliteten de siste årene. Samtidig så man det som gunstig å ha et materiale som det kunne refereres til hvis det skulle komme nye forurensingsepisoder i vassdraget. Ved å undersøke bunndyrsamfunnet kan det også vurderes om de gjennomførte tiltakene er tilstrekkelige til å gi grunnlag for en biologisk restituering. I tillegg til de faste rutinestasjonene i hovedvassdraget ble det etter ønske fra Laxefiskelaget hentet inn prøver fra bunndyrsamfunnene i viktige sidevassdrag som Straisbekken, Lonanebekken, Kjeksebekken og Høyebekken. På samme måte som fiskens helse benyttes som et mål for miljøbelastning, benyttes her bunndyrsammfunnet som en indikator på vannkvalitetsforbedringer. Mens vannprøver kan antyde at et vannkvalitetsmål er oppfylt, vil biologiske responser bekrefte at målet er nådd. Dersom de biologiske målene ikke oppnås kan dette enten skyldes at det vannkjemiske målet likevel ikke er oppnådd (f.eks. vil vannkjemiske episoder ofte ikke påvises), at artene ikke har rukket å respondere på forbedringene, eller ved at målet har vært satt for lavt og vil ikke tillate reetablering av mer opprinnelig biologisk mangfold.

3.2 Resultat

3.2.1 Oppstrøms Hunsfoss

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet innsamlet i 1999 og 2000 er vist i tabell 2 (vårprøver) og tabell 3 (sommerprøver). Sommerdataene er sammenstillt med tilsvarende resultater fra perioden 1987 til 1998 (tabell 3). Fjærmygglarver har vært den dominerende bunndyrgruppen i materialet i hele undersøkelsesperioden, også i 1999 og 2000. Andre vanlige grupper er fåbørstemark, vannmidd og larver av knott og vår- og steinfluer. I materialet fra årene 1996 og 1997 manglet larver av knott, mens gruppen igjen er registrert etter 1998. 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 de siste årene er denne dyregruppen igjen registrert i bunndyrmaterialet fra

denne stasjonen, men da med unntak for 1999. Tettheten av bunndyr sommeren 1999 var omtrent som året før, mens tettheten var redusert til nær det halve i 2000. Dette skyldes i hovedsak redusert tetthet av fjærmygglarver.

De store variasjonene i tettheten av bunndyr på denne stasjonen (tabell 3) er først og fremst knyttet til store endringer i tettheten av fjærmygglarver. 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.

Døgnfluefaunaen, er en viktig gruppe i bunndyrsamfunnet når miljøtilstanden i et vassdrag skal beskrives. På stasjonen oppstrøms Hunsfoss var denne dyregruppen i perioden 1987-1991 og 1996 – 1998 utelukkene representert av arten *Leptophlebia vespertina* (tabell 6 og tabell 15). At denne arten var borte fra juli materialet i 1994, 1995 og 1999 kan være knyttet til tilfeldigheter under prøvetakingen (bl.a. vannstand- temp. mm.), men populasjonen ser ut til å være liten. *L. 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 (sammen med *Leptophlebia marginata*) som er meget tolerant overfor surt vann (Bækken og Aanes, 1990). I forsurrede elver ser en ofte at mengden av *L. vespertina* øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner. En nær beslektet art fra slekten *Paraleptophlebia sp.* ble registrert på stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1995. Vårprøvene fra mai 2000 viser at også andre døgnfluearter er på vei tilbake til denne delen av vassdraget (tabell 6).

Blant steinflueartene har *Leuctra fusca* vært den vanligste i materialet fra juli, men i 1998 ble *L. hippopus* registrert i bunndyrmaterialet og i 1999 ble *Isoperla grammatica* påvist for første gang (tabell 7). Slekten *Leuctra* har med unntak for året 1992 alltid vært tilstede i bunndyrmaterialet fra denne stasjonen. Artene er tolerante overfor forsurening. Det ble i 1993 registrert en ny steinflue art på stasjonen oppstrøms Hunsfoss, nemlig *Taeniopteryx nebulosa*. Denne var også tilstede i materialet fra 1994, men er senere ikke registrert i bunndyr prøvene fra denne stasjonen. Dette har nok dels en sammenheng med artens livssyklus ved at den normalt klekker tidlig på våren og vil derved ikke være tilstede i bunnsfaunaen i juli. Materiale som ble samlet inn i mai 2000 viser en mere variert steinfluefauna med minst 6 arter i materialet (tabell 6).

Vårfluefaunaen (tabell 6 og tabell 7) besto i juli av kun 2 arter mens det i maiprøvene ble registrert 7 arter. Vårfluefaunaen på denne stasjonen indikerer tydelig stasjonens næringstilbud (drift av plankton fra Venneslafjorden). Nettspinnende arter dominerer sterkt. Disse vårfluene lager nett som filtrerer næringspartikler ut av vannmassene. Dette er et karakteristisk faunainnslag ved utløp av innsjøer. Vårfluefaunaen domineres i 1999 og 2000 som tidligere av artene *Polycentropus flavomaculatus* og *Neuroclipsis bimaculata*, alle har god toleranse overfor surt vann.

Miljøforholdene på stasjonen oppstrøms Hunsfoss synes ikke å ha endret seg vesentlig fra det som er registrert tidligere. Samlet viser resultatene at bunndyrsamfunnet på denne stasjonen har en typisk utløpspåvirket fauna. Bunnfaunaen synes å indikere en svak positiv utvikling i pH de siste årene.

Forsuringssituasjonen på denne stasjonen er i figur 17 og figur 18 vist ved å benytte Raddum's forsuringssindaks (Raddum og Fjellheim, 1984). Resultatene gir beste vannkvalitet på materialet som ble samlet inn i mai, men indikerer en forsuringpåvirkning når samme vurdering gjøres på det bunndyrmaterialet som ble samlet inn både i juli 1999 og i 2000.

3.2.2 Nedstrøms Vigeland

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble hentet inn i 1999 og 2000 nedstrøms Vigeland er vist i tabell 2 og tabell 4. Dataene er i tabell 4 sammenstilt med tilsvarende resultater fra

perioden 1987 til 1997. Resultatene fra 2000 viste på mange måter at vi nå er kommet over i en ny fase når det gjelder forurensingstilstanden og vannkvaliteten i nedre Otra, *vassdraget er i ferd med å restituere seg*. Dette er særlig knyttet til forurensingstilstanden i denne delen av vassdraget. Den positive utviklingen ble da dokumentert ved at viktige arter i bunnfaunaen nå for første gang på mange år igjen ble registrert i bunndyrmaterialet fra denne stasjonen.

Bunndyrtettheten i juli var på stasjonen nedstrøms Vigeland både i 1999 og i 2000 lavere enn ved tilsvarende prøvetakinger årene forut (tabell 4). Forskjellene har først og fremst sammenheng med at tettheten av grupper (fåbørstemark og larver av fjærmygg) som tidligere var sterkt begunstiget med utslipp av organisk materiale og næringssalter fra industrien oppstrøms stasjonen nå har avtatt. Men bunndyrsamfunnets domineres fremdeles av disse to gruppene (tabell 10), og utgjør ca 85 % av alle bunndyrene i materialet fra stasjonen i 1999 og 2000. Av andre grupper som er tallrike i bunndyrsamfunnet på denne stasjonen i juli kan nevnes knott og vannmidd.

Når disse to gruppene fjærmygglarver og fåbørstemark har en slik dominans i bunndyrsamfunnet er det en sterk indikasjon på at *det fremdeles er en store tilgang på organisk materiale/næringssalter og et næringsrikt substrat*. I tabell 10 er den prosentvise dominansen de to gruppene fjærmygg og børstemark har i bunnfaunaen sammenstillt for hvert år i perioden 1987 til 2000.

Forsuringssituasjonen i vassdraget har endret seg. Materialet som ble innsamlet i mai 1999 og 2000 viser en positiv utvikling med større tetthet og større variasjon i bunnfaunaen (tabell 2 og tabell 6). Raddum's forsuringssindeks gir beste tilstandsklasse i mai 1999 og 2000, men indikerer samtidig et forsuringspåvirket samfunn i juli (figur 17 og figur 18). Døgnflueslekten *Baetis* er regelmessig nå å finne i prøvene som hentes inn i mai, og i tillegg viser materialet at også andre døgnfluearter etterhvert begynner å rekolonialisere vassdraget (tabell 6) Men tettheten er fremdeles lavere enn forventet og sammensetningen av bunndyrsamfunnet er fortsatt redusert på grunn av den generelle forsuringen av vassdraget. Særlig er dette markert i materialet som hentes inn i juli (figur 17 og figur 18) der indeksen som er brukt for å beskrive forsuringen i vassdraget bare er det halve av hva den er i mai. *Baetis* larver ble ikke registrert i julimaterialet fra 1999 og 2000.

Når døgnfluelarven *B.rhodani* ble registrert i bunndyrsamfunnet fra stasjonen ved Vigeland i 1998 hadde vassdraget kommet over en terskel mhp forsuringspåvirkning. Det er særlig viktig å understreke funnet av denne arten både i prøvene fra mai og juli dette året. Arten hadde da ikke vært registrert tidligere så lenge overvåkingen av nedre deler av Otra har pågått. *Baetis* døgnfluen er vår viktigste indikatorart med hensyn på forsuring (Bækken og Aanes 1990). Vi kan betrakte dem som små sensorer på elvebunnen som kontinuerlig reagerer på vannkvaliteten i vannet som passerer forbi. Dersom denne skulle være utenfor det som er artens toleranseområde vil den forsvinne.

Døgnfluelarvene av slekten *Baetis* har vist seg å ha en nedre grense for pH i området rundt pH 5,5. Når disse nå igjen finnes i vassdraget indikerer dette at surheten nedstrøms Hunsfoss ved Vigeland fra høsten 1997 i vinterhalvåret ikke har vært noe særlig lavere enn pH 5,5.

Også blant gruppen vårfluer har det vært en positiv utvikling i 1998 sammenlignet med tidligere år. Flere nye arter er kommet til, og mens det i 1994 ble registrert kun 2 arter har antallet økt til 3 i 1995 og 96, til 5 i 1997 og til 7 vårfluearter i 1998, og flere av dem er ikke registrert på denne stasjonen tidligere i overvåkingen av vannkvaliteten. Resultatene fra juli 2000 viser derimot en redusert vårfluefauna med bare 3 individer og 3 arter, mens tilsvarende for mai er noe større tetthet, med henholdsvis 2 og 5 vårfluearter (tabell 6).

Steinfluer er tidligere bare blitt funnet sporadisk i materialet fra denne stasjonen, men synes etter 1993 å være et mere permanent innslag i bunnfaunasamfunnet på stasjonen nedstrøms Vigeland

(tabell 4). Gruppen steinfluer var representert i materialet fra 1998 ved arten *L. hippopus* i juli og med 4 arter i mai. Det samme bilde gir materialet fra juli i 1999 og 2000, mens artsantallet i maiprøvene er 6 i 1999 og 5 i 2000 (tabell 6).

3.2.3 Stasjonen ved Haus

Resultatene fra bearbeidingen av resultatene fra stasjonen ved Haus i 1999 og 2000 viser på mange måter det samme bilde av vannkvaliteten som bunndyrmaterialet ga for stasjonen ved Vigeland. Tettheten av bunndyr i juli er som ved denne stasjonen (tabell 4 og tabell 5) og artssammensetningen er nær identisk (tabell 7) med hva vi registrerte i Otra ved Vigeland. Materialet fra mai i disse to årene viser en tetthet som er noe lavere i 1999 enn stasjonen oppstrøms, men i 2000 er dette bildet snudd. Forskjellen har sammenheng med endringer i tettheten av fjærmygglarver og at gruppen steinfluer hadde spesielt stor tetthet i 2000. Antall arter i de tre gruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer er vist i figur 15 og figur 16. Resultatene viser klart at det største artsantallet finner vi om våren i Otra, og da ved stasjonen ved Haus (tabell 6).

3.2.4 Responsvurdering, hovedvassdrag

Selv om det gjennom bunndyrmaterialet fra 1998 ble dokumentert at vannkvaliteten har tatt et stort skritt i riktig retning så er bunndyrsamfunnet som registreres på stasjonene nedstrøms Vigeland fremdeles mangelfullt sammensatt. Det kan se ut som om utviklingen har stagnert noe og da særlig i sommerperioden. Fremdeles er det her et noe atypisk bunndyrsamfunn vi registrerer hvor mange av de viktige næringsdyrene for fisken i vassdraget er borte eller svært fåtallige.

Restitueringen av vassdraget tar tid og innvandringen av nye arter når vannkvaliteten igjen blir akseptabel tar også tid av naturlige årsaker. Derfor er det viktig å følge nøye med i bunnfaunaens utvikling de nærmeste årene, og ikke minst er dette viktig av hensyn til den rolle dyregruppen spiller som næringsgrunnlag for vassdragets produksjon av laks og ørret.

Situasjonen i nedre deler av Otra var og er tildels fremdeles preget av tilførsler av næringssalter og organisk stoff samt at vassdraget i perioder har en noe lav pH. I en slik resipient vil bunndyrsamfunnets respons være avhengig av mengden av forurensingskomponenter 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. Dette var situasjonen før avløpsledningen ble lagt.

Tungt nedbrytbare stoffer (f.eks trefiber/flis ol) 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. Også dette var situasjonen før avløpsledningen ble lagt.

Den store tilførselen av organisk materiale resulterte tidligere i en tett bestand av soppen *Fusarium sp.* som dekket bunnssubstratet 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 med mikroorganismer som næring og som skjul, men samtidig må disse dyregruppene tåle et redusert oksygeninnhold i vannet. Børstemarken 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 1998 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 og 97 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 enda bedre oppvekst av fiskebestandene i vassdraget. Slik var ikke forholdene i disse to årene og noen større bedring i 1998 var det heller ikke mulig å se bortsett fra innslaget av den forsuringfølsomme arten *Baetis*, som merkerte at forsuringssituasjonen var bedret nedstrøms Hunsfoss. Soppen som tidligere dekket elvebunnen var blitt erstattet med lange trådalger som dekket elvebunnen nær 100% på prøvetakingsstedet i juli. 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 fjærmyggglarver som kan finne skjul og mat i mattene av alger. Tilslamming og dårlig vannutskiftning i substratet fører nå som tidligere til at det er bare det aller øverste laget av substratet var egnet for bunndyrproduksjon. Krypsiv har også blitt mere vanlig de siste årene noe som resulterer i store endringer substratet ved at veksten fungerer som et filter og akkumulerer finstoff (økt nedslamming).

Undersøkelsene så langt viser et vassdrag som er preget av flere miljøfaktorer, de biologiske forholdene er ikke stabile og potensiale for en videre utvikling av bunnfaunaen er klart tilstede. Dette vil ha store positive effekter på dyrelivet både i og ved vassdraget. Et rikt og variert bunndyrsamfunn vil også gi en økt resipientkapasitet og en bedret selvrensing i vassdraget. Dette vil gi som resultat en bedret vannkvalitet i nedre deler av Otra.

3.3 Otra's sidebekker

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble samlet inn fra Lonanebekken, Straisbekken, Høyebekken og Kjeksebekken er stilt sammen i tabell 11, tabell 12, tabell 13 og tabell 14. I figur 17 og figur 18 er forsuringssituasjonen vist i de ulike bekkene under vår og sommersituasjonen. I figur 15 og figur 16 er det gjort en sammenligning mellom bekkene og antallet arter innen de viktige bunndyrgruppene døgn- stein og vårfluer.

3.3.1 Forsuring

Under vårsituasjonen viser resultatene at Høyebekken og Straisbekken er påvirket av forsuring, mens Lonanebekken og Kjeksebekken da har en god vannkvalitet med hensyn på forsuring. Alle de undersøkte bekkene viser ingen forsuringproblemer i sommerperioden. Et bilde som er motsatt av det materialet fra hovedvassdraget ga for denne perioden.

3.3.2 Bunndyrtetthet og variasjon

Lonanebekken hadde sammen med Høyebekken størst bunndyrtetthet ved prøvetakingen i mai fulgt av Straisbekken og Kjeksebekken (tabell 11). Tilsvarende resultater fra sommerprøvene viser størst tetthet i Høyebekken (tabell 12). Størst mangfold innen bunndyrsamfunnet hadde Lonanebekken både i mai og i juli, tett fulgt av Straisbekken og Kjeksebekken.

Vårfluen *Lype reducta* som ble funnet i materialet fra Straisbekken i mai 2000 er ansett som en sjelden art i Norge.

Tabell 2. Bunnfaunaens sammensetning på stasjonene i nedre deler av Otravassdraget i mai 1999 og 2000. Antall individer pr 3 x 1 min. prøve. Metode NS 4719. 250 µm.

Dyregruppe	Utløp Venneslafj. 14/5 -1999	Utløp Venneslafj. 8/5 -2000	Otra v/Vigeland 14/5 -1999	Otra v/Vigeland 8/5 -2000	Otra v/Haus st. 3 14/5 -1999	Otra v/Haus st. 3 8/5 -2000
Rundmark						
Fåbørstemark		145	144	120	32	48
Igler		1		1	1	1
Muslinger		1				
Vårfluelarver		92	14	30	124	42
Steinfluelarver		94	162	48	32	469
Døgnfluelarver		30	14	59	90	45
Billelarver				1		
Biller voksne						
Fjærmygg larver		1835	1896	588	1496	976
Fjærmygg pupper		40	48	24	16	24
Knottlarver		60	16	36	1	2
Knottpupper						
Stankelbeinlarver						
Diverse		17	32	24	64	64
Vannmidd		38	24	12	3	1
Sviknottlarver						
Total ind. antall		2353	2350	943	1859	1696
Antall grupper		10	8	10	9	9

Tabell 3. Bunndyrsamfunnets sammensetning på stasjonene oppstrøms Hunsfoss Fabrikker A/S – utløp Venneslafjord. 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92, 11.07.93, 08.07.94, 10.07.95, 13.07.96, 09.07.97, 07.07.98, 07.07.99 og 10.07.2000. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve. Metode NS 4719. 250 µm.

År :	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Rundmarker	44	120	20	32	32	48	112	5		144	36		
Børstemark	108	72	24	56	96	176	176	83	246	105	325	176	136
Igler										1	1		
Døgnfluer	120	72	8	40		8		1	8	5	2		2
Steinfluer	20	24	12	22		200	448	122	29	74	26	45	36
Vårfluer	128	48	24	64	48	64	64	57	173	77	10	32	13
Biller, larver													24
Biller, voksne										12			
Fj.mygg larver	1248	366	740	984	1152	944	2144	280	984	3991	413	400	288
Fj.mygg pupper	16	16	8			16	16			13		2	3
Knott	4	16	4				48	5			14	280	
Vannmidd	104	304	108	152	272	160	288	131	195	50	99	24	80
Andre tovinger	28	40	4			16	16		48	84	12	32	8
Sum ant. ind.	1820	437	952	1350	1600	1632	3328	684	1683	4520	938	991	590
Antall grupper	9	9	9	5	8	8	8	8	7	10	10	7	8

Tabell 4. Bunndyrsamfunnets sammensetning på st. 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, 13.07.96, 09.07.97, 07.07.98, 07.07.99 og 10.07.2000. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve. Metode NS 4719. 250 µm.

År :	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Rundmarker	4	232	56	208	80	128	224	51	168	198	134		
Børstemarket	35	1920	568	256	288	608	320	557	357	255	725	88	152
Igler					48			3		47	3		
Muslinger											1		1
Døgnfluer											12		
Steinfluer			8			48	64	36	50	47	12		14
Vårfluer						32	2	33	99	93	66		5
Biller, larver				192	112	112		6		18		2	
Biller, voksne	1	16	8		16	16		12					
Fj.mygg larver	105	344	1520	2048	1248	1440	7680	708	5550	3338	1529	768	112
Fj.mygg pupper	2	8	16	96		32	96	47	48		13	8	11
Knott									24		51	36	1
Vannmidd	3	152	28	48	32	288	128	167	192	36	301	90	8
Andre tovinger			8		16	16		9	24	18	7	12	8
Sum ant.ind.	153	2680	2212	2848	1840	2720	8516	1629	6512	4050	2866	1004	312
Antall grupper	5	7	5	8	8	6	9	8	19	13	6	8	

Tabell 5. Bunndyrsamfunnets sammensetning på st. Haus i Otra 07.07.98, 07.07.99 og 10.07.2000. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve. Metode NS 4719. 250 µm.

År :	99	2000
Rundmarker		
Børstemarket	56	40
Igler		
Muslinger		1
Døgnfluer		
Steinfluer	44	68
Vårfluer	10	12
Biller, larver		8
Biller, voksne		
Fjærmygg larver	808	232
Fjærmygg pupper		
Knott	32	8
Knott pupper	2	
Vannmidd	48	8
Sviknott		
Andre tovinger	3	8
Totalt antall	1003	384
Antall grupper	7	8

Tabell 6. Arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer i Otra mai 1999 og mai 2000.

	Vennesla 14.05.99	Vennesla 08.05.00	Vigeland 14.05.99	Vigeland 08.05.00	Haus 14.05.99	Haus 08.05.00
DØGNFLUER						
Baetis sp						
Baetis rhodani		3	8	54	24	40
Heptagenia joernensis			2			
Heptagenia fuscogrisea		1				1
Leptophlebia sp		14	2	5	66	4
Leptophlebia marginata		12				
Leptophlebia vespertina			2			
Antall døgnfluearter		4	4	2	2	3
STEINFLUER						
Diura nanseni			2			
Isoperla sp.						
Isoperla difformis			10	8		
Isoperla grammatica		1			2	2
Siphonoperla burmeisteri		4				2
Brachyptera risi				8	2	3
Amphinemura sp.		2		23	2	5
Amphinemura borealis			48		4	22
A.sulcicollis		18	28		12	18
Protonemura meyeri			2	3		1
Nemoura cinerea		17				
Leuctra sp.		52	72	6	10	416
Leuctra fusca						
Antall steinfluearter		6	6	5	6	8
VÅRFLUER						
Rhyacophila nubila			4			2
Agapetus ochripes						
Wormaldia subnigra						
Hydroptila sp.				5		
Oxyethira sp.		6				9
Plectrocnemia conspersa		2			4	1
Polycentropus flavomaculatus		37		2	14	5
Neureclipsis bimaculata		17			28	
Polycentropidae indet		28	10	8	76	17
Hydropsyche siltalai					2	2
Hydropsyche sp.						
Micrasema sp.				2		
Lepidostoma hirtum				12		2
Limnephilidae indet.		1				4
Halesus radiatus						
Leptoceridae indet						
Sericostoma personatum						
Oecetis testacea		1				
Lype reducta						
Apatania sp						
Antall vårfluearter		7	2	5	5	8

Tabell 7. Arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer i Otra juli 1999 og juli 2000.

	Vennesla utløp 07.07.99	Vennesla utløp 10.07.00	Vigeland 07.07.99	Vigeland 10.07.00	Haus 07.07.99	Haus 10.07.00
DØGNFLUER						
Baetis sp						
Baetis rhodani						
Heptagenia joernensis						
Heptagenia fuscogrisea						
Leptophlebia sp						
Leptophlebia marginata						
Leptophlebia vespertina		2				
Antall døgnfluearter	0	1		0	0	0
STEINFLUER						
Diura nanseni						
Isoperla sp.						
Isoperla difformis						
Isoperla grammatica	1					
Siphonoperla burmeisteri						
Brachyptera risi						
Amphinemura sp.						
Amphinemura borealis						
A.sulcicollis						
Protonemura meyeri						
Nemoura cinerea						
Leuctra sp.	45	36		14	44	60
Leuctra fusca						2
Antall steinfluearter	2	1		1	1	2
VÅRFLUER						
Rhyacophila nubila						
Agapetus ochripes						
Wormaldia subnigra						
Hydroptila sp.						
Oxyethira sp.						
Plectrocnemia conspersa						2
Polycentropus flavomaculatus	24	12		1	7	7
Neureclipsis bimaculata	8	1			3	1
Polycentropidae indet						
Hydropsyche siltalai						
Hydropsyche sp.						
Micrasema sp.						
Lepidostoma hirtum				1		1
Limnephilidae indet.						
Halesus radiatus						
Leptoceridae indet						
Sericostoma personatum						
Oecetis testacea						
Lype reducta						
Apatania sp				1		1

Antall vårfluerarter	2	2	3	2	5
-----------------------------	----------	----------	----------	----------	----------

Tabell 8. Døgn- stein- og vårfluearter funnet i juli-materialet fra stasjonene oppstrøms Hunsfoss Fabrikker AS –i perioden 1987 til 2000. Antall dyr pr 3 x 1 min. sparkeprøve. Metode NS 4719.

År :	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Døgnfluer													
Leptohplebia vespertina	120	72	8	40		8			8	7	2		2
Paraleptophlebia sp.								1					
Steinfluer													
Siphonoperla burmeisteri			4										
Taeniopteryx nebulosa						8	16						
Leuctra fusca	20	24	8	22		192	432	120	29	115			
Leuctra hippopus											26		
Leuctra sp.												45	36
Isoperla grammatica												1	
Vårfluer													
Oxyethira sp.	48	8											
Plectrocnemia conspersa	48	16	16			16			16				
Polycentropus flavomaculatus	32	16		40	48	40	56	23	87	68	5	24	12
Neureclipsis bimaculata				24		8	8	9	48	12	5	8	1
Hydropsyche sp.			8										
Limnephilidae indet.													
Athripsodes sp.							1		22	2			
Sum ant. Ind.	268	136	44	126	48	272	513	153	210	204	38	78	51
Antall grupper	5	5	5	4	1	6	5	4	6	5	4	4	4

Tabell 9. Døgn- stein- og vårfluearter funnet i juli-materialet fra stasjonen nedstrøms Vigeland i perioden 1987 til 2000. Antall dyr pr 3 x 1 min. sparkeprøve. Metode NS 4719.

År :	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Døgnfluer													
Leptohplebia vespertina													
Paraleptophlebia sp.													
Baetis rhodani											12		
Steinfluer													
Siphonoperla burmeisteri													
Amphinemura borealis												2	
Amphinemura sp.												1	
Taeniopteryx nebulosa													
Leuctra fusca	8		8			48	64	35	50	47			
L. hippopus											12		
Leuctra sp.												48	14
Vårfluer													
Neureclipsis bimaculata										18	22	4	
Oxyethira sp.									32				
Plectrocnemia conspersa													
Polycentropus flavomaculatus						16	1	2	10	43	25	8	1
P. irroratus											2		
Cynurus trimaculatus											1		
Lepidostoma hirtum												1	1
Limnephilidae indet.						16	1						
Athripsodes aterrimus											1		
Athripsodes sp.								22	57	8	8	1	
Rhyacophila nubila											3	1	
Holoontropus sp.											3		
Tinodes waeneri								9		21	12		
Apatania sp.												1	1
Sum ant. Ind.	8	8	8	80	66	68	149	140	90	67	17	17	17
Antall grupper	1	1	3	3	4	4	4	6	9	9	9	4	4

Tabell 10. Fjærmygglarver og børstemarkar' (prosentvise andeler) av bunnfaunaen på stasjonene: a: Oppstrøms Hunsfos, og b: stasjon 3 nedstrøms Vigeland Gård for perioden 1987 til 1999.**a : Oppstrøms Hunsfoss - Utløp Venneslafjord.**

År	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Fjærmygg larver	67	84	78	73	72	58	64	41	58	87	44	40	49
Fåbørstemark	6	2	3	4	6	11	5	12	15	2	35	18	23
Samlet	73	86	81	77	78	69	69	53	73	89	79	58	72

b : Stasjon 3. Vigeland Gård .

År	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Fjærmygg larver	69	13	69	72	68	53	90	47	86	82	53	76	36
Fåbørstemark	23	72	26	9	16	22	4	34	5	6	25	9	49
Samlet	92	74	95	81	84	75	94	81	91	88	78	85	85

Tabell 11. Bunndyrgrupper i sidebekker nedstrøms Vigeland. Prøver hentet inn den 14. 05. 1999 og 8. 05. 2000. Antall individer pr 3 x 1 min. prøve. Metode NS 4719. 250 µm.

	Lonane bekken 14.05.99	Lonane bekken 08.05.00	Strais bekken 08.05.00	Høye bekken (Kilen) 14.05.99	Høye bekken nedre 08.05.00	Høye bekken øvre 08.05.00	Kjekse bekken 08.05.00
Fåbørstemark	144	24	88	112	56	48	16
Igler			2				
Snegler							
Småmuslinger		3	2	1			
Vannmidd	64	16	4	64	24	32	16
Muslingkrepss	40	1	1		1		1
Øyestikkere	1						1
Døgnfluer	248	136					94
Steinfluer	416	101	36	37	455	123	126
Billelarver	1		42	8	8	4	
Biller voksne	1	1		1			
Vårfluer	15	9	8	11	10	48	7
Knottlarver	2	1		2	1	1	1
Knott pupper							
Fjærmygglaver	248	1480	240	1592	648	368	112
Fjærmygg pupper	16			32			8
Andre tovinger	24	24	248	56		16	16
Totalt ant.ind.	1220	1796	671	1916	1203	640	398
Antall grupper	11	11	10	9	8	8	10

Tabell 12. Bunndyrgrupper i sidebekker nedstrøms Vigeland. Prøver hentet inn den 7. 07. 1999 og 10. 07. 2000. Antall individer pr 3 x 1 min. prøve. Metode NS 4719. 250 µm.

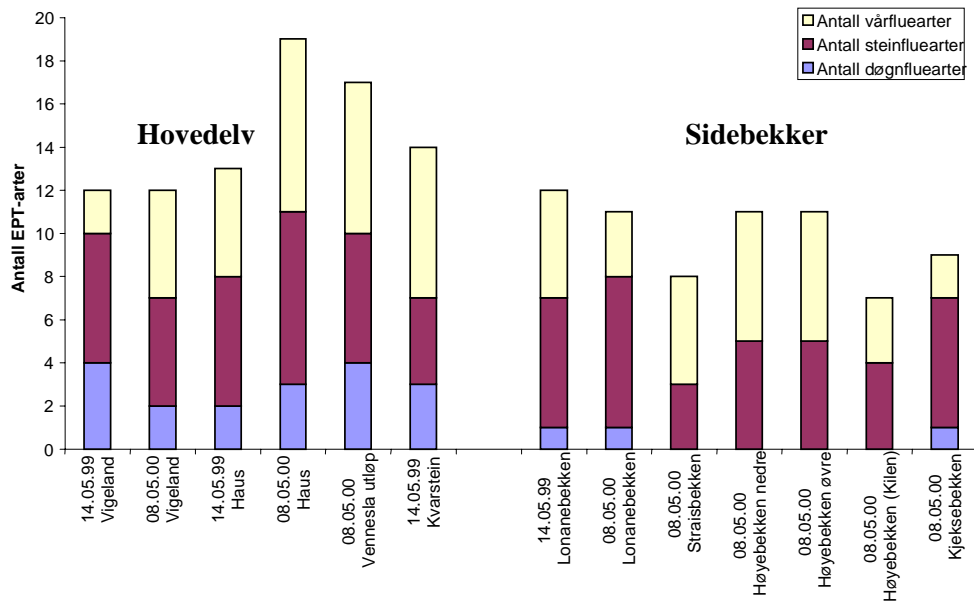
	Lonane bekken 07.07.99	Lonane bekken 10.07.00	Strais bekken 10.07.00	Høye bekken 07.07.99	Høye bekken 10.07.00	Kjekse bekken 10.07.00
Fåbørstemark	3	9	25	21		16
Igler						
Snegler		4		2		
Småmuslinger		2				
Vannmidd						
Muslingkreps						
Øyestikkere					2	
Døgnfluer	14	18	4		11	12
Steinfluer	18	122	29	39	258	184
Billelarver	1					
Biller voksne						
Vårfluer	24	4	2	8	45	4
Knottlarver	15	12	29		78	14
Knott pupper						
Fjærmygg larver	45	132	312	328	576	56
Fjærmygg pupper	10			20		
Andre tovinger	3		13	3	4	3
Sum ant.ind.	133	303	414	421	974	289
Antall grupper	8	8	7	6	7	7

Tabell 13. Arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer i bekker ved Otra mai 1999 og mai 2000.

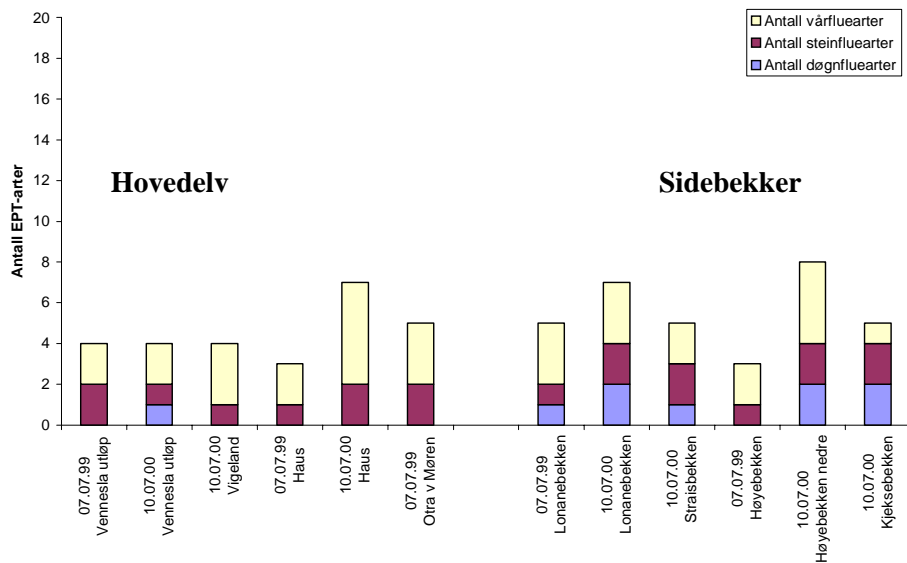
	Lonane bekken	Lonane bekken	Strais bekken	Høye bekken nedre	Høye bekken øvre	Høye bekken (Kilen)	Kjekse bekken
	14.05.99	08.05.00	08.05.00	08.05.00	08.05.00	08.05.00	08.05.00
DØGNFLUER							
Baetis sp							
Baetis rhodani	248	136					94
Heptagenia joernensis							
Heptagenia fuscogrisea							
Leptophlebia sp							
Leptophlebia marginata							
Leptophlebia vespertina							
Antall døgnfluearter	1	1					1
STEINFLUER							
Diura nanseni							
Isoperla sp.						2	1
Isoperla difformis							
Isoperla grammatica		1		2		2	
Siphonoperla burmeisteri	11	6		5	18		5
Brachyptera risi	1	1			5	28	70
Amphinemura sp.		20					
Amphinemura borealis	104	44	2	28	28		12
A.sulcicollis	19	13	6	20	8		10
Protonemura meyeri	1						
Nemoura cinerea							
Leuctra sp.	280	16	28	400	64	5	28
Leuctra fusca							
Antall steinfluearter	6	7	3	5	5	4	6
VÅRFLUER							
Rhyacophila nubila	7	4	2	1	10	6	2
Agapetus ochripes							
Wormaldia subnigra							
Hydroptila sp.							
Oxyethira sp.				1			
Plectrocnemia conspersa	1			2	4	3	5
Polycentropus flavomaculatus	2	1		4	9	2	
Neureclipsis bimaculata							
Polycentropidae indet	1		2		6		
Hydropsyche siltalai	4	4		1	10		
Hydropsyche sp.					9		
Micrasema sp.							
Lepidostoma hirtum							
Limnephilidae indet.			2	1			
Halesus radiatus							
Leptoceridae indet							
Sericostoma personatum			1				
Oecetis testacea							
Lype reducta			1				
Apatania sp							
Antall vårfluearter	5	3	5	6	6	3	2

Tabell 14. Arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer i bekker ved Otra juli 1999 og juli 2000.

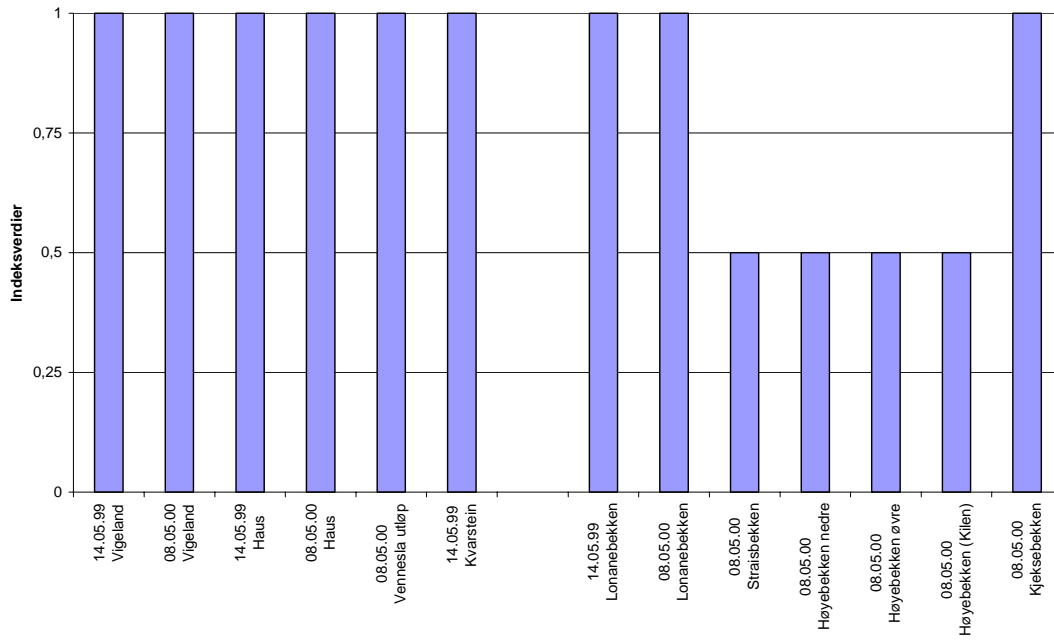
	Lonane bekken 07.07.99	Lonane bekken 10.07.00	Strais bekken 10.07.00	Høye bekken 07.07.99	Høye bekken nedre 10.07.00	Kjekse bekken 10.07.00
DØGNFLUER						
Baetis sp		15	4		9	2
Baetis rhodani	14	3			2	10
Heptagenia joernensis						
Heptagenia fuscogrisea						
Leptophlebia sp						
Leptophlebia marginata						
Leptophlebia vespertina						
Antall døgnfluearter	1	2	1		2	2
STEINFLUER						
Diura nanseni						
Isoperla sp.						
Isoperla difformis						
Isoperla grammatica						
Siphonoperla burmeisteri						
Brachyptera risi						
Amphinemura sp.						
Amphinemura borealis						
A.sulcicollis						
Protonemura meyeri						
Nemoura cinerea						
Leuctra sp.	18	106	24	39	243	174
Leuctra fusca		15	5		15	10
Antall steinfluearter	1	2	2	1	2	2
VÅRFLUER						
Rhyacophila nubila	2	2	1	7	9	
Agapetus ochripes						
Wormaldia subnigra	21			1	32	
Hydroptila sp.						
Oxyethira sp.						
Plectrocnemia conspersa						4
Polycentropus flavomaculatus	1	2			2	
Neureclipsis bimaculata						
Polycentropidae indet						
Hydropsyche siltalai					3	
Hydropsyche sp.						
Micrasema sp.						
Lepidostoma hirtum						
Limnephilidae indet.						
Halesus radiatus		2				
Leptoceridae indet						
Sericostoma personatum			1			
Oecetis testacea						
Lype reducta						
Apatania sp						
Antall vårfluearter	3	3	2	2	4	1



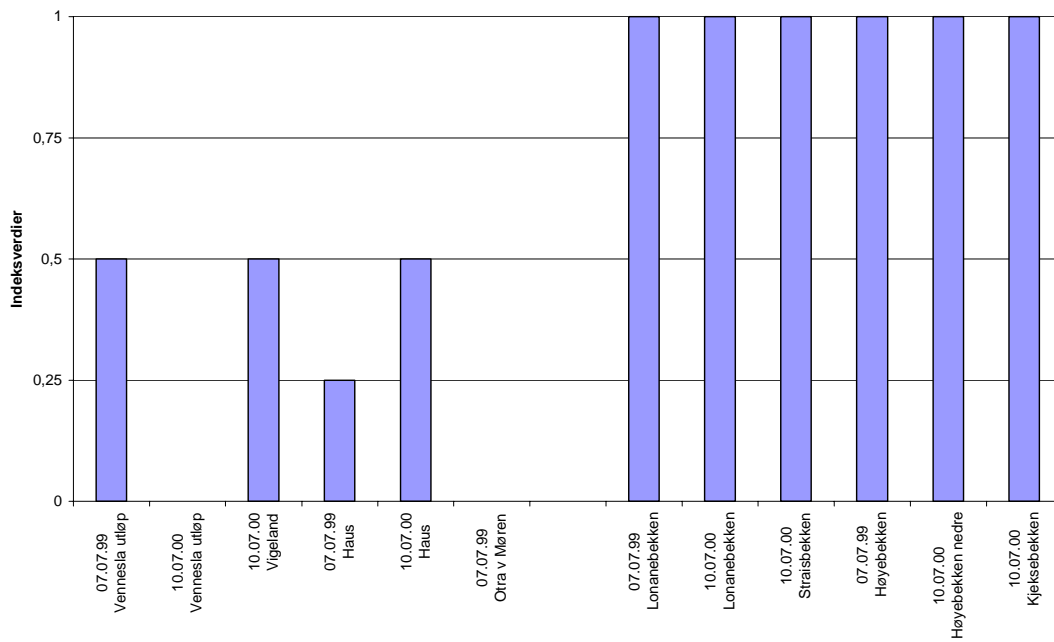
Figur 15. Antall EPT-artet (døgnfluer, steinfluer, vårfluer) i Otrå og i sidebekker til Otrå mai 1999 og mai 2000.



Figur 16. Antall EPT-artet (døgnfluer, steinfluer, vårfluer) i Otrå og i sidebekker til Otrå juli 1999 og juli 2000.



Figur 17. Forsuringsindekser (Raddum indeks) i Otra og bekker ved Otra mai 1999 og mai 2000.



Figur 18. Forsuringsindekser (Raddum indeks) i Otra og bekker ved Otra juli 1999 og juli 2000.

4. Fisk

4.1 Innledning

Otra ble undersøkt med hensyn til laksunger første gang i 1939 med finmasket not, og det ble den gang påvist høy tetthet av laksunger og ørret bl.a. ved Hagen (Rosseland 1968). Senere er det fisket med elektrisk fiskeapparat hvert år i perioden 1957-67 over en strekning på 1,5-3 km fra Skråstad og oppover uten at det ble påvist laksunger i det hele tatt (Rosseland 1968). Dette ble satt i sammenheng med utslipp fra lokal industri, og var den direkte årsak til nedgangen i fangstutbytte av laks fra midten av 1950-tallet. På midten av 1980-tallet ble det flere år registrert ca 50 laks i nedre deler av elva (Sivertsen 1989). Det ble likevel ikke påvist laksunger nedstrøms Vigelandfossen (Haraldstad 1986), og vannkvaliteten i hovedvassdraget ble antatt å hindre en vellykket reproduksjon (Sivertsen 1989). Det ble foretatt nye ungfiskundersøkelser i 1988, men det ble heller ikke da påvist laks- eller ørretunger på stasjonene nedenfor Vigeland verken i juli eller november (Brabrand 1989). Etter dette er det ikke foretatt fiskeundersøkelser i vassdraget før det i 1997 ble gjennomført et elfiske for å vurdere skaden etter et giftutslipp i vassdraget (Aanes og Lydersen 1997). Store mengder død laks og ørret ble plukket opp fra elva, men det ble også påvist laksunger i vassdraget. Tettheten av ungfisk var imidlertid svært lav – henholdsvis 4,4 og 1,5 individer pr. 100 m² for laks og ørret (Aanes og Lydersen 1997). Sammen med funn av tre laksyngel i Otra i 1995 var dette den første påviste rekruttering av laks på ca 40 år i vassdraget.

I 1997 etablerte Fylkesmannen i Vest-Agder, NIVA og Otra Laxefiskelag et samarbeid om overvåking av elva. I den sammenheng startet NINA (Norsk institutt for naturforskning) en overvåking av ungfiskbestandene av laks og ørret i lakseførende del av vassdraget høsten 1998 som et tillegg til tidligere overvåking av vannkvalitet, vannvegetasjon og bunndyr (Kaste et al. 1999). Dette arbeidet ble videreført i 1999 og 2000, og programmet ble utvidet til også å omfatte Straisbekken.

4.2 Resultater

4.2.1 Voksen fisk

Fangststatistikk

Det har vært en betydelig oppgang av laks i Otra utover på 1990-tallet. I dag fremstår Otra som Sørlandets beste lakseelv, og det er registrert høye fangster hvert år siden kortsalget startet i 1992 (tabell 15). Innrapportert fangst i 1998 på 5,8 tonn var den høyeste registrerte i løpet av hele 1900-tallet. I 2000 var fangsten 3619 kg laks og 244 kg sjøørret. Sesongen var preget av lite vann i første del av sesongen, og et dårlig fiske. Totalfangsten i sesongen ble likevel mer enn de fleste hadde forventet.

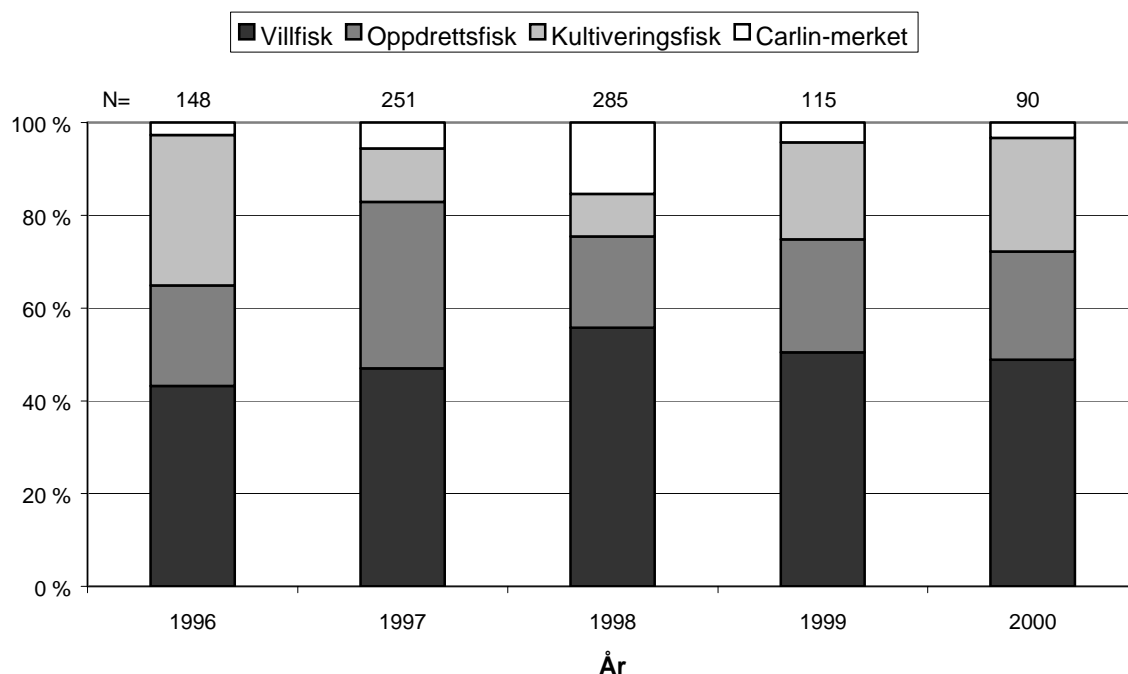
Tabell 15. Fangst av laks og sjøørret i Otra i årene 1993-2000. Kilde: www.otralax.no. Da det kan komme inn fangstrapporter etter at statistikken er sendt inn til Fylkesmannen kan det være enkelte avvik i forhold til den offisielle statistikken.

År	Laks		Sjøørret	
	Antall	Vekt, kg	Antall	Vekt, kg
1993	804	2462	397	190
1994	1668	4019	216	166
1995	987	2419	395	201
1996	589	1423	211	110
1997	886	2041	52	42
1998	2768	5843	201	237
1999	1039	2446	151	134
2000	1501	3619	189	244

Skjellprøver

Otra Laxefiskelag har organisert innsamling av skjellprøver av voksen laks fra Otra hvert år siden 1996. Resultatene fra det bearbejdede materialet viser at andelen villfisk har ligget mellom 43 og 56 % i disse årene (figur 19). Fordelingen mellom villfisk og kultiveringsfisk i 1996 er litt usikker da "typebestemmelsen" (grupperingen i kategorier) er gjort litt annerledes i 1996 enn i de andre årene. Andelen oppdrettsfisk har variert mellom 20 og 36 %. I 1998 var det en betydelig andel Carlin-merket fisk i materialet (11 %) som hovedsakelig stammet fra utsetninger i Audna. Et varierende antall merket fisk fra Audna har forekommet i alle år, men det har også vært innslag av merket fisk fra Mandalselva, Dirdalselva og Imsa. Det er i tillegg angitt laks med fettfinneklipping fra årene 1998-2000. Laksyngel som er merket på denne måten er bl.a. satt ut i Audna fra 1996 og Mandalselva fra 1997. Resultatet fra 2000 viser at fordelingen mellom villlaks, oppdrettslaks og kultiveringslaks er uforandret sammenlignet med tidligere år med 46 % villfisk, 26 % kultiveringsfisk, 5 % Carlin-merket laks og 22 % oppdrettslaks i det undersøkte skjellmaterialet.

Da det ikke er satt ut laks i Otra etter 1990 stammer beviselig minst halvparten av den voksne laksen fra utsetninger i andre vassdrag eller som rømt fisk fra oppdrettsanlegg. Hvor stor del av villaksen som har vokst opp i Otra med sidebekker er det vanskelig å ha noen klar formening om så langt.

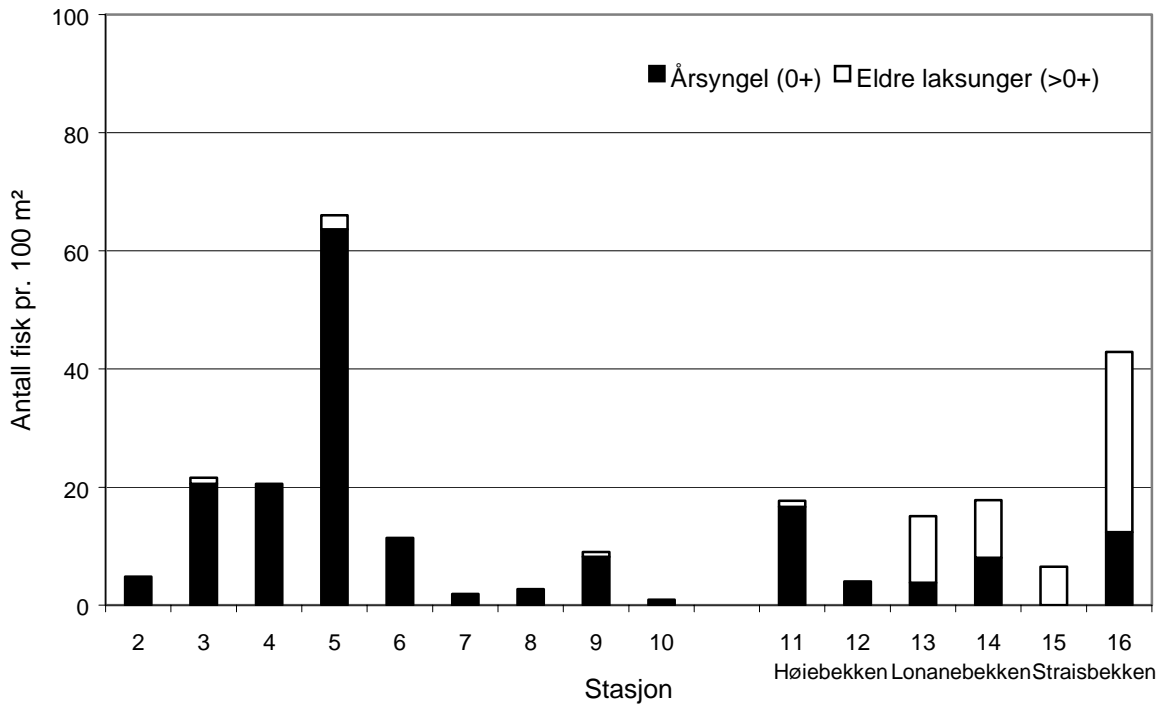


Figur 19. Skjellanalyser av voksen laks fra Otra i årene 1996-2000. Fisken er "typebestemt" og fordelt på villfisk, oppdrettsfisk og kultiveringsfisk. Carlin-merket fisk er skilt ut som en egen gruppe. N er antall skjellprøver som er undersøkt.

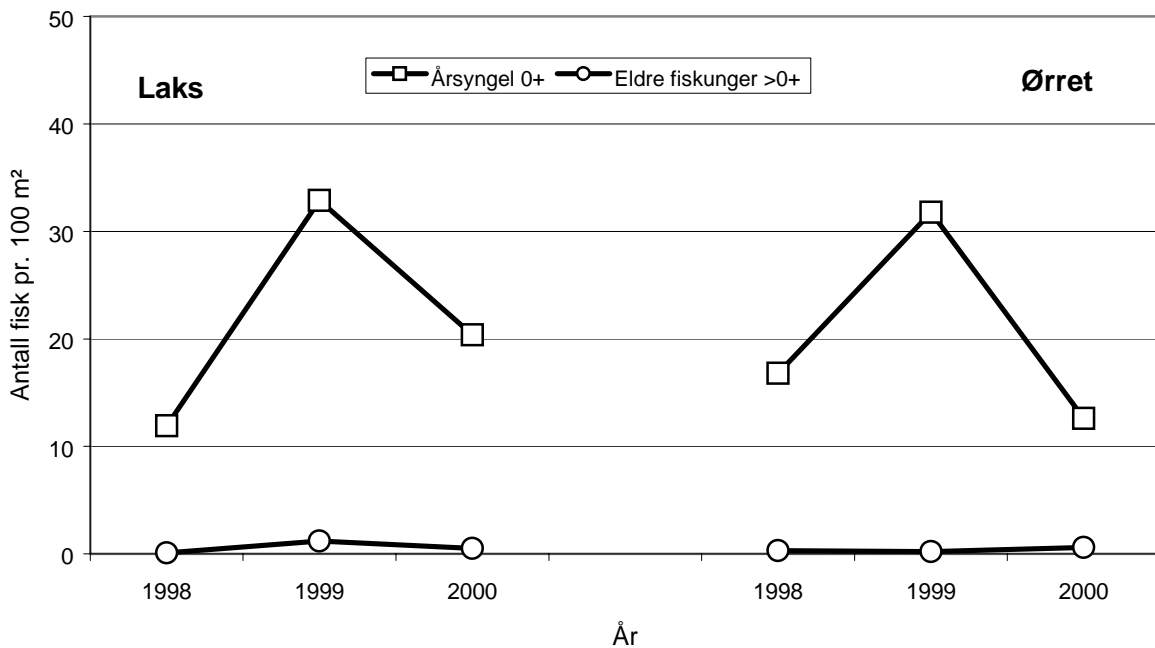
4.2.2 Ungfisk

Laks

Det ble funnet laksyngel på alle stasjonene i lakseførende strekning i 2000. Det var fra lav til moderat høy tetthet av laksyngel i 2000 varierende fra 1 individ pr. 100 m² på stasjon 10 til 64 individer på stasjon 5 (figur 20). Gjennomsnittlig tetthet for alle stasjonene i hovedvassdraget var lavere i 2000 enn i 1999, men likevel noe høyere enn i 1998 (figur 21). Tetthet1 var henholdsvis 33 og 20 individer pr. 100 m² i 1999 og 2000 (jf. Vedlegg D.2). Yngeltettheten varierer en del mellom år, men følger langt på vei tendensen som er funnet i andre vassdrag i regionen i 2000 (f.eks. Audna, Lygna, og Mandalselva) (tabell 16).



Figur 20. Tetthet pr. 100 m² av laks på de enkelte stasjonene i Otra i august 2000. Stasjon 2-10 ligger i hovedvassdraget med stasjon 2 ved Vigeland Bruk, 11-12 i Høiebekken, stasjon 13-14 i Lonanebekken og stasjon 15-16 i Straisbekken.



Figur 21. Tetthet1 pr. 100 m² av laks- og ørret i lakseførende del av Otra i 1998-2000.

Tabell 16. Ungfisktettheter (tetthet1) pr. 100 m² samlet for laks (yngel og eldre laksunger) og ørret (yngel og eldre ørretunger) i de største elvene i Aust- og Vest-Agder i 1995-2000 (DN 1997; 1998a; 1998b, 1999, 2000, B. M. Larsen unpubl. data, B. Barlaup pers. medd.). i.u. = ikke undersøkt.

	Storelva (Vegår)	Tovdals- elva	Mandals-elva	Audna	Lygna	Kvina	Otra
Laks							
1995	23	0	0	15	5	8	i.u.
1996	39	0	<1	18	1	4	i.u.
1997	39	8	1	29	7	11	4
1998	21	3	6	19	5	7	11
1999	44	8	25	48	43	33	34
2000	41	2	20	31	13	31	21
Ørret							
1995	28	20	15	45	44	29	i.u.
1996	20	26	15	48	31	23	i.u.
1997	42	50	12	24	29	25	2
1998	30	26	20	23	27	16	17
1999	41	40	28	25	52	23	32
2000	39	36	27	27	35	12	13

Eldre laksunger var fortsatt tilstede bare i svært lave tettheter i lakseførende del av vassdraget i 2000 slik vi også så det i 1998 og 1999. Utbredelsen i vassdraget var også liten, og det ble bare fanget eldre laksunger på tre av stasjonene. Det ble imidlertid fanget eldre laksunger i tilknytning til ytterligere en stasjon, men tilslaget var likevel betydelig lavere enn forventet utfra utbredelse og tetthet av laksyngel i 1999. Selv om de større laksungene i noen grad kan oppholde seg i de dypere partiene av elva der de er utenfor rekkevidden av elfiske kan ikke dette forklare alt (basert på erfaringer fra andre vassdrag). Fortsatt dårlig vannkvalitet synes å være viktigere for å forklare resultatene fra de siste årenes overvåking.

Flere høye målinger av labilt aluminium ved Hunsfoss etter 1996 tyder på at vassdragsfeltet mellom Evje og Vennessla fortsatt er påvirket av forsurening og bidrar med aluminium (Kroglund et al. 1999). Dette ble bekreftet gjennom et eget prosjekt om sidebekkene nedenfor Byglandsfjorden og deres betydning for vannkvaliteten i Otra (Kroglund m. fl. 2001). Ved høy vannføring i de sure sidebekkene kan det oppstå sterke forsuringproblemer også i hovedvassdraget (ustabil aluminiums-kjemi og pH-fall). Dette medfører at vannkvaliteten i anadrom strekning av Otra er mer variabel enn vannkvaliteten høyere oppe i vassdraget. Vannprøver tatt på Skråstad vinteren/våren 1998/1999 viste en betydelig pH-reduksjon i januar/februar (Kaste et al. 2000). Perioden med lav pH falt som forventet sammen med en periode med høy konsentrasjon av labilt aluminium. Denne og tilsvarende episoder om vinteren har virket negativt på laksungene i Otra, og har resultert i en dårligere overlevelse gjennom vinteren enn forventet.

I sidebekkene (Lonanbekken, Høiebekken og Straisbekken) ble det funnet laksunger i varierende antall på alle stasjonene i 2000 (Figur 20). Det er imidlertid betydelige årlige variasjoner i tettheten av laksyngel i sidebekkene. I 1999 var det spesielt høy tetthet av yngel i Høiebekken (gjennomsnittlig 69 individer pr. 100 m²), men i 2000 var dette redusert til henholdsvis 17 og 4 individer pr 100 m² på stasjon 11 og 12. Den høye tettheten av laksyngel i Høiebekken i 1999 ga forventninger om en høy tetthet av ettårige individer i 2000, men det ble bare fanget ett individ til sammen på de to stasjonene. Det er tidligere bekreftet at fisk i Høiebekken blir eksponert for surt vann om vinteren (Kroglund et al. 1999), og vannprøver tatt under flommen høsten 2000 bekreftet dette. Da ble pH målt til 4,9 i november (Sandø 2001). Dette kan bety at det i enkelte år fortsatt oppstår fiskedød i forbindelse med høy nedbør og kraftige forsuringsepisoder.

Forholdene var bedre i Lonanbekken og Straisbekken der tettheten av eldre laksunger var henholdsvis 10 og 19 individer pr. 100 m² i gjennomsnitt i 2000. Dette var en nedgang i antall eldre laksunger i Lonanbekken sammenlignet med 1999, men likevel høyere enn det vi hadde forventet utfra det lave antallet laksyngel som ble funnet i 1999. I Straisbekken var tettheten av laksyngel likt i 1999 og 2000, men det var en økning i antall eldre laksunger med 31 individer pr. 100 m² på den nederste stasjonen (Figur 20). Tetthet1 for laksyngel og eldre laksunger i sidebekkene var henholdsvis 7 og 10 individer pr. 100 m² i 2000. Dette var en lavere tetthet av laksyngel sammenlignet med 1999 og lavere enn det som ble funnet i hovedvassdraget i 2000. Det var samme gjennomsnittlige tetthet av eldre laksunger i 1999 og 2000, og dette er en betydelig høyere tetthet av eldre laksunger enn det som blir funnet i hovedvassdraget. På tross av et begrenset oppvekstareal og noe varierende vannkvalitet vil bekkene derfor fortsatt bidra positivt til bestanden av laks i Otra.

Det ble gjennomført histologiske undersøkelser av gjeller fra laks og ørret i lakseførende del av Otra i 1998, 1999 og 2000. Det ble for første gang påvist en meget sparsom metallakkumulering på gjelleoverflaten hos enkelte laksunger fanget i 2000; to av tre individer fra stasjon 8 og en av fem individer fra stasjon 12 (tabell 17). Hos tre av fem ørret fra stasjon 8 ble det i tillegg påvist hypertrofi og hyperplasi av kloridceller i 2000. Dette kan være en kompensatorisk reaksjon for dårlig vannkvalitet. Det ble i tillegg påvist metallakkumulering i gjellepitelet til all fisk i vassdraget i 2000. Det ble undersøkt 8 laksunger i hovedvassdraget, og alle hadde til dels store mengder metall akkumulert i epitelet (tabell 17). Hos ørretungene var situasjonen den samme, og det var bare små forskjeller innad i vassdraget. Det ble påvist noe mindre metallakkumulering i gjellepitelet hos fisk fra Høiebekken, men også der hadde all fisk (5 laks og 5 ørret) slik akkumulering. Forholdene var tilsynelatende verre i 2000 enn på tilsvarende tid i 1999, og mer sammenlignbart med forholdene i 1998. Histologiske endringer indikerte en suboptimal vannkvalitet i vassdraget i alle tre årene, men mest utpreget i 2000. All påvisbar metallakkumulering på gjelleoverflaten vil ha negative effekter på individnivå, og mulige negative effekter på populasjonsnivå (Kvellestad og Larsen 1999). Det er imidlertid mer usikkert om det er negative effekter knyttet til de vevsendringene som er påvist i gjellepitelet i de andre årene. Det er likevel antatt at også all metallakkumulering i epitelet er et uttrykk for eksponering for en suboptimal vannkvalitet.

Innholdet av aluminium i gjellene målt kvantitativt hos fisk i Otra var forholdsvis lavt på lakseførende strekning og i Høiebekken i 2000 sammenlignet med 1998 og 1999 (Tabell 18). Dette var et bedre resultat enn forventet når tallene sammenlignes med den histologiske undersøkelsen som viste at forholdene var dårligst i 2000. Det er usikkert hva dette skyldes da det ikke er funnet forskjeller i metodikk eller framgangsmåte som skulle tilsi et slikt avvik mellom årene. For gjelle-Al er det satt en grense for effekt på fisken ved 10-30 µg Al g⁻¹ tørrvekt (Kroglund et al. 1999). Samlet hadde om lag halvparten av ørreten i Otra en normal gjelleltilstand og ingen antatt fysiologisk effekt på grunn av gjelle-Al i august 1998-2000 (<10 µg Al g⁻¹ tørrvekt). Individer med gjelle-Al som representerte en moderat effekt (31-100 µg Al g⁻¹ tørrvekt) utgjorde 23 % av materialet. Ingen ørretunger hadde >100 µg Al g⁻¹ tørrvekt. For all laks samlet i Otra var det også nær halvparten av individene som hadde en normal gjelleltilstand i august 1998-2000. Individer med en moderat eller betydelig fysiologisk effekt på grunn av gjelle-Al utgjorde 31 % av materialet. Høyeste målte innhold av aluminium var 191 µg Al g⁻¹ tørrvekt. Konsentrasjonene av gjelle-Al var høyere i hovedvassdraget i 1999 sammenlignet med Høiebekken mens det i 2000 ikke er noen klare tendenser.

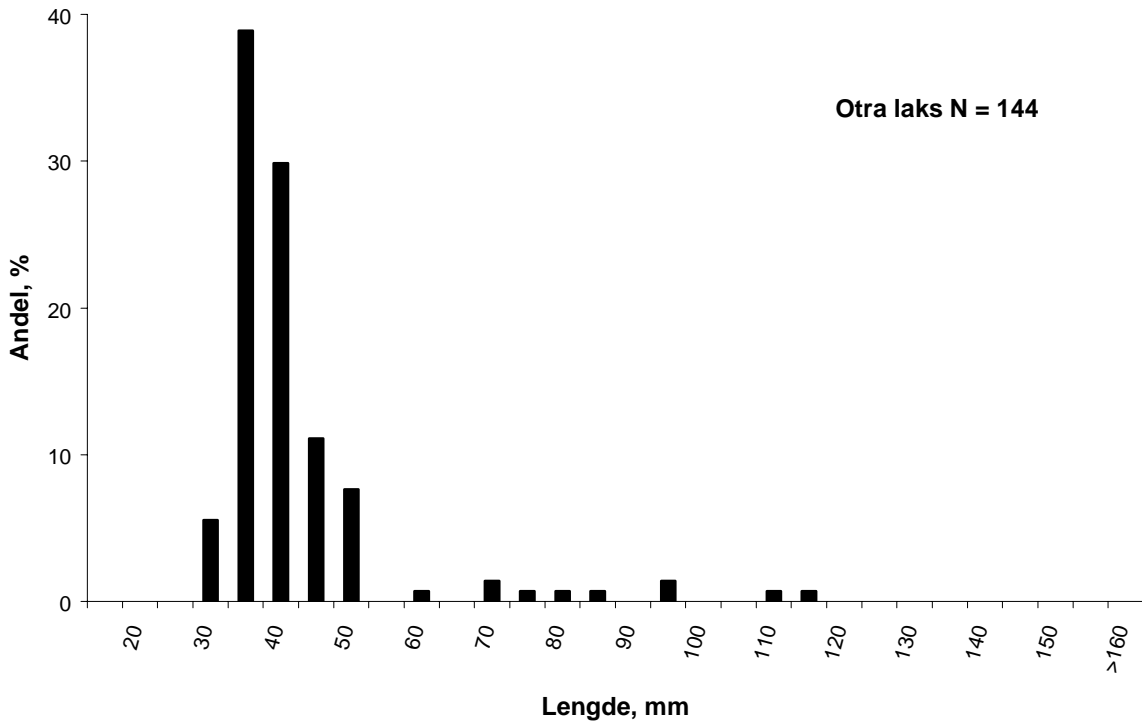
Tabell 17. Histologiske undersøkelser av gjeller fra fisk i Otra i august 1998-2000. N er antall fisk undersøkt. Spesialfarging med solochrome azureine (ASA) påviser metaller på og i gjellevev. ASA+overfl. = ASA-positivt materiale på gjelleoverflaten. Andel av fisken som har ulike grader av metallakkumulering (0-3) på gjelleoverflaten er oppgitt. ASA+int. = ASA-positivt materiale i gjelleepitelet. Andel av fisken som har ulike grader av metallakkumulering (0-3) i gjelleepitelet er oppgitt. 0 = ikke påvist, (1) = særskilt sparsom forekomst, 1 = sparsom forekomst, 2 = moderat forekomst og 3 = betydelig forekomst. For nærmere beskrivelse se Kvellestad og Larsen (1999).

Art	År	Stasjon	N	ASA+ overfl., %					ASA+ int., %				
				0	(1)	1	2	3	0	(1)	1	2	3
Laks	1998	7	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		9	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	1999	2,3,5	5	100	0	0	0	0	40	40	20	0	0
		8	1	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0
	2000	12	5	100	0	0	0	0	80	0	20	0	0
		3,5	5	100	0	0	0	0	0	0	0	20	80
Ørret	1998	8	3	33	67	0	0	0	0	0	0	0	100
		11-12	5	80	20	0	0	0	0	0	60	40	0
	1999	2,4	4	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0
		5-7	7	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0
		8,10	7	100	0	0	0	0	0	0	0	57	43
	2000	2,3	4	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
		8	3	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0
		3,5	5	100	0	0	0	0	0	0	0	80	20
		8	5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
			11	5	100	0	0	0	0	0	40	40	20

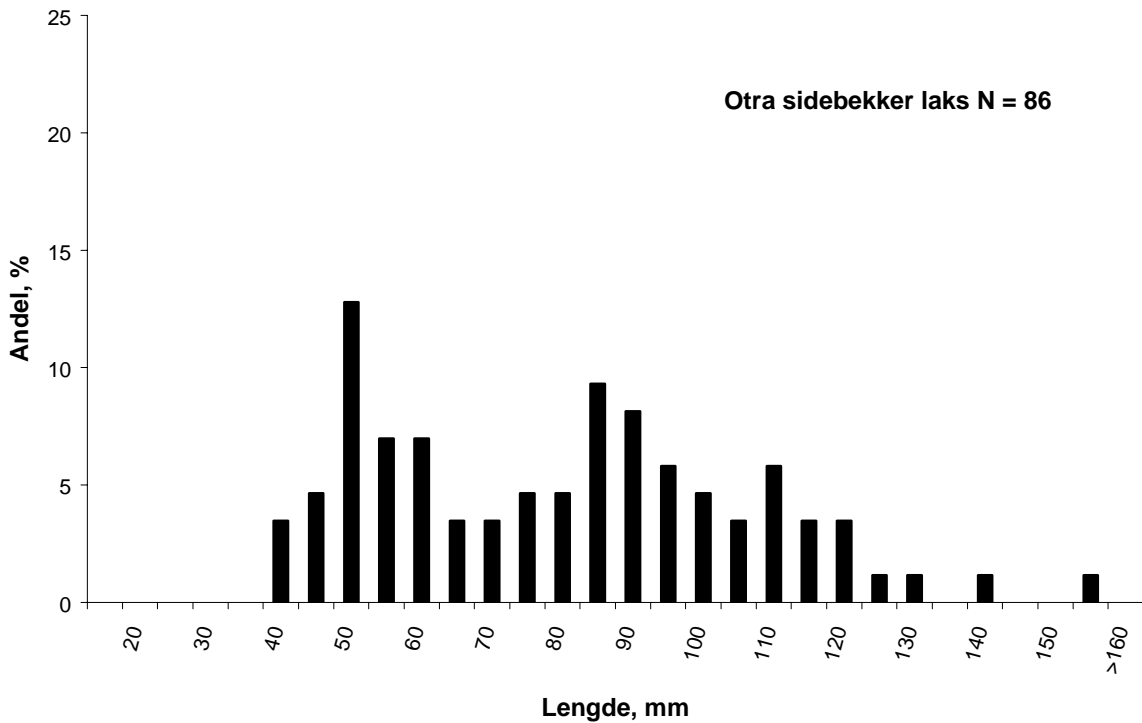
Tabell 18. Kvantitative analyser av aluminiumsinnhold i gjeller ($\mu\text{g Al g}^{-1}$ tørrvekt) fra fisk i Otra i august 1998-2000. N er antall fisk undersøkt.

Art	År	Stasjon	N	Gjelle-Al	
				$\mu\text{g Al g}^{-1}$ tørrvekt	Maks-verdi
Laks	1998	5-7	1	43	43
		8-10	1	31	31
	1999	2-4	4	41±31	80
		8-10	1	191	191
	2000	12	7	19±13	44
		3,5	5	6±5	14
Ørret	1998	8	3	16±10	25
		11-12	5	11±9	21
	1999	2-4	4	9±15	31
		5-7	7	26±20	54
		8-10	9	20±26	88
	2000	2-4	4	26±20	46
		8-10	8	29±22	70
		12	2	17±21	31
		3,5	5	5±2	7
			8	6	7±5
		11-12	6	28±16	51

Laksungene i hovedvassdraget varierte i lengde fra 32 til 115 mm i august 2000 (figur 22). Laksungene i sidebekkene varierte i lengde fra 41 til 157 mm (figur 23). Årsyngelen var gjennomsnittlig 41 mm i hovedvassdraget, og det var små vekstforskjeller innad i vassdraget (tabell 19). Det var generelt bedre vekst i sidebekkene der gjennomsnittslengden var 55 mm. Best vekst var det i Høiebekken i 2000 (tabell 19).



Figur 22. Lengdefordeling av laks (N = 144) fra lakseførende del av Otra (stasjon 2-10) i august 2000.



Figur 23. Lengdefordeling av laks (N =86) fra sidebekker (stasjon 11-16 i Høiebekken, Lonanebekken og Straisbekken) i lakseførende del av Otra i august 2000.

Tabell 19. Gjennomsnittslengder (i mm) med standardavvik ($x \pm sd$) for årsyngel av laks og ørret i ulike deler av Otra i august 2000. N er antall undersøkte individer.

Stasjon	Laks		Ørret	
	$x \pm sd$	N	$x \pm sd$	N
1 Hunsfoss fabrikk	-	0	48 \pm 5	20
2-4 Vigeland bruk – Vigeland hovedgård	43 \pm 5	46	53 \pm 9	22
5-7 Åbål – Kvarstein	40 \pm 5	74	55 \pm 8	65
8-10 Haus – Hagen	39 \pm 4	14	52 \pm 7	21
1/2-10 Otra	41 \pm 5	134	53 \pm 8	128
11-12 Høiebekken	59 \pm 7	14	61 \pm 8	23
13-14 Lonanebekken	49 \pm 3	8	51 \pm 4	8
15-16 Straisbekken	54 \pm 7	12	53 \pm 6	73
11-16 Otra sidebekker	55 \pm 8	34	55 \pm 7	104

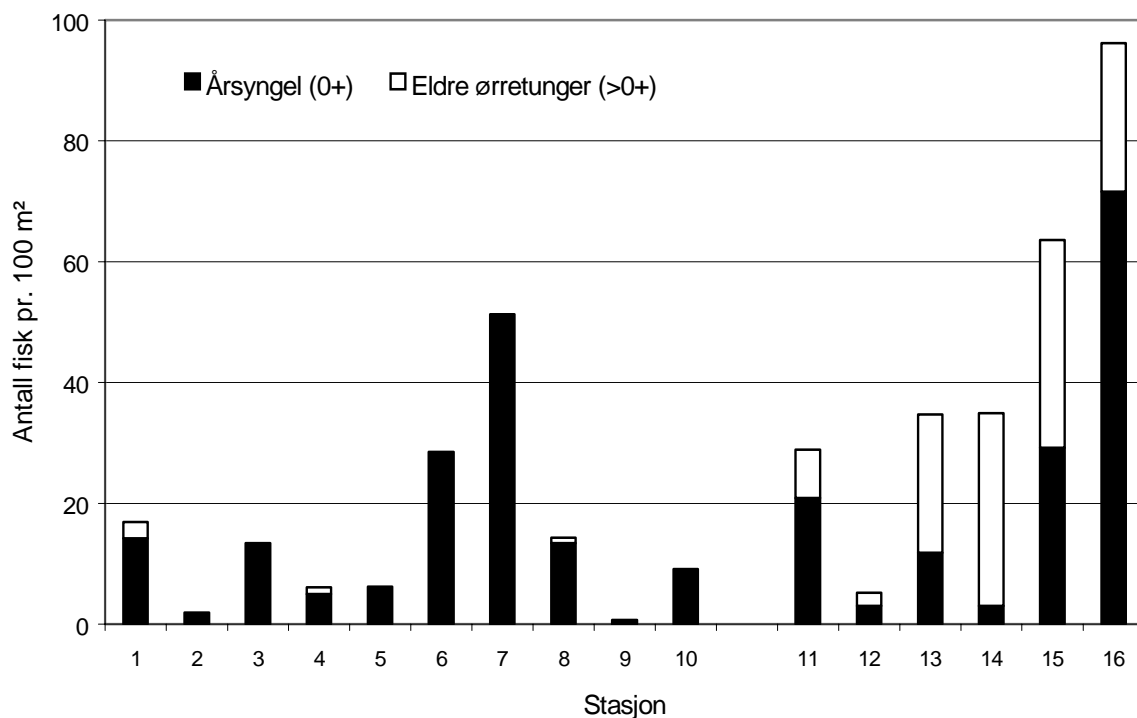
Tabell 20. Gjennomsnittslengder med standardavvik ($x \pm sd$) hos ungfisk av laks og ørret i lakseførende del av Otra i 1998-2000. Aldersbestemmelse av spritfiksert materiale. N er antall undersøkte individer.

		Alder 0+		Alder 1+		Alder 2+	
		$x \pm sd$	N	$x \pm sd$	N	$x \pm sd$	N
Laks							
Stasjon 1-10	1998	53 \pm 7	61	117	1	135	1
	1999	40 \pm 4	74	98 \pm 12	6	-	0
	2000	42 \pm 6	55	86 \pm 16	10	-	0
Høiebekken	1998	54 \pm 5	12	89 \pm 8	19	118 \pm 9	5
	1999	46 \pm 5	35	105 \pm 5	6	136	1
	2000	58 \pm 8	14	104 \pm 7	5	-	0
Lonanebekken	1998	48 \pm 6	13	83 \pm 11	17	-	0
	1999	46	1	92 \pm 9	22	126 \pm 12	15
	2000	50 \pm 2	5	82 \pm 9	8	117 \pm 6	5
Straisbekken	1999	49 \pm 4	15	96 \pm 6	4	123 \pm 11	8
	2000	53 \pm 7	12	93 \pm 11	26	135 \pm 5	2
	Ørret						
Stasjon 1-10	1998	60 \pm 8	101	126 \pm 15	9	190	1
	1999	48 \pm 6	86	113 \pm 14	11	171	1
	2000	52 \pm 7	66	108 \pm 11	19	-	0
Høiebekken	1998	55 \pm 7	14	111 \pm 20	7	160 \pm 7	3
	1999	48 \pm 6	28	122 \pm 5	3	178	1
	2000	61 \pm 8	22	125 \pm 12	7	-	0
Lonanebekken	1998	47 \pm 4	13	95 \pm 14	13	142 \pm 19	10
	1999	49 \pm 7	48	113 \pm 13	15	149 \pm 4	5
	2000	50 \pm 4	11	106 \pm 20	23	159 \pm 12	3
Straisbekken	1999	56 \pm 7	31	107 \pm 11	7	135 \pm 11	6
	2000	52 \pm 7	30	98 \pm 11	19	145 \pm 2	2

Lengden av ettårige laksunger var 86 mm i august 2000 på stasjonene i hovedvassdraget (tabell 20). Det var en lavere gjennomsnittslengde på laksungene i 2000 sammenlignet med 1999, og en større andel av laksungene må oppholde seg ett år lenger på elva før smoltifisering (treårig smolt). I sidebekkene var veksten best i Høiebekken der lengden av ettårige laksunger var 104 mm i august 2000 (tabell 20), og veksthastigheten indikerer en høy andel av toårig smolt. I Lonanebekken og Straisbekken var laksungene mindre på samme tidspunkt, og en større andel av fisken vil stå på elva ytterligere ett år. Alle de toårige hannene som ble undersøkt i disse to bekkene var gytepar. I Høiebekken forekom det også ettårige gytepar. I hovedvassdraget var ingen av laksungene gytemodne. Samlet for hele vassdraget var fordelingen mellom 1+ og 2+ laks henholdsvis 88 og 12 %, og begrepet eldre laksunger omfattet bare ett- og toårige laksunger i 2000.

Ørret

Det ble funnet ørret yngel på alle de undersøkte stasjonene i hovedvassdraget og i sidebekkene i 2000. Tettheten i hovedvassdraget varierte mellom 1 individ pr. 100 m² på stasjon 9 til 51 individer på stasjon 7 (figur 24). Gjennomsnittlig tetthet (tetthet1) var betydelig lavere i 2000 enn i 1999, og også noe lavere enn i 1998 (figur 21). Tetthet1 for ørret yngel i hovedvassdraget var 13 individer pr. 100 m². I sidebekkene var tetthet1 til sammenligning 26 individer pr. 100 m². Dette er også en nedgang sammenlignet med 1999, og dette skyldes en lavere tetthet av ørret yngel i Høiebekken og Lonanebekken i 2000. I Straisbekken derimot var det en moderat høy tetthet, og økende tetthet sammenlignet med året før.



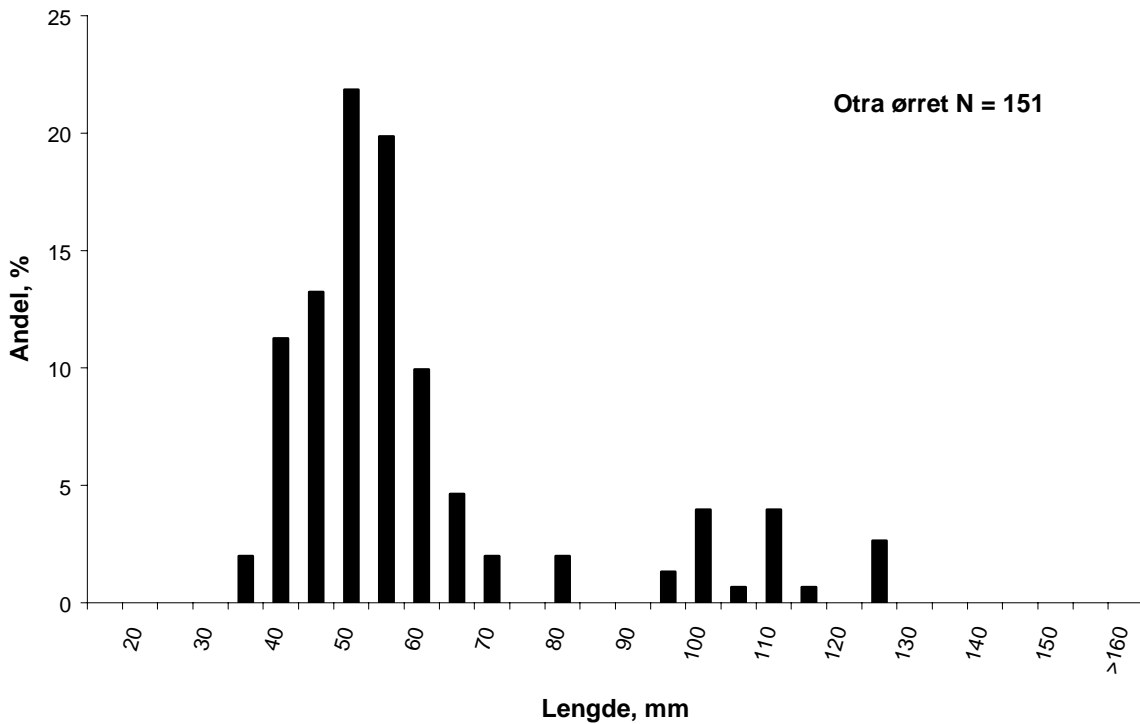
Figur 24. Tetthet pr. 100 m² av ørret på de enkelte stasjonene i Otrå i august 2000. Stasjon 1-10 ligger i hovedvassdraget med stasjon 1 ved Vennesla like ovenfor lakseførende strekning, stasjon 11-12 i Høiebekken, stasjon 13-14 i Lonanebekken og stasjon 15-16 i Straisbekken.

På samme måten som for eldre laksunger var det også svært lave tettheter av eldre ørretunger i lakseførende del av vassdraget i 2000. Eldre ørretunger ble bare funnet i lite antall (seks individer) på tre av stasjonene i hovedvassdraget (figur 24). Det ble imidlertid fanget ytterligere 17 individer i tilknytning til stasjonene 3, 5 og 8, og tettheten kan være påvirket av lav fangbarhet og "feil" plassering av stasjonene. Tettheten av eldre ørretunger var høyere og til dels betydelig høyere i sidebekkene (spesielt Lonanebekken og Straisbekken), men forskjellen kan ikke bare forklares med høyere fangbarhet av fisk i de små bekkene. I Høiebekken var tettheten av eldre ørretunger lavere enn forventet, når man ser på antall ørret yngel i bekken i 1999. Tetthet1 i hovedvassdraget og i sidebekkene samlet var henholdsvis 1 og 20 individer på 100 m² i 2000. Dette var samme lave tetthet i hovedvassdraget som tidligere år, men en økning i sidebekkene som hovedsakelig skyldtes en høyere tetthet av eldre ørretunger i Straisbekken sammenlignet med 1999.

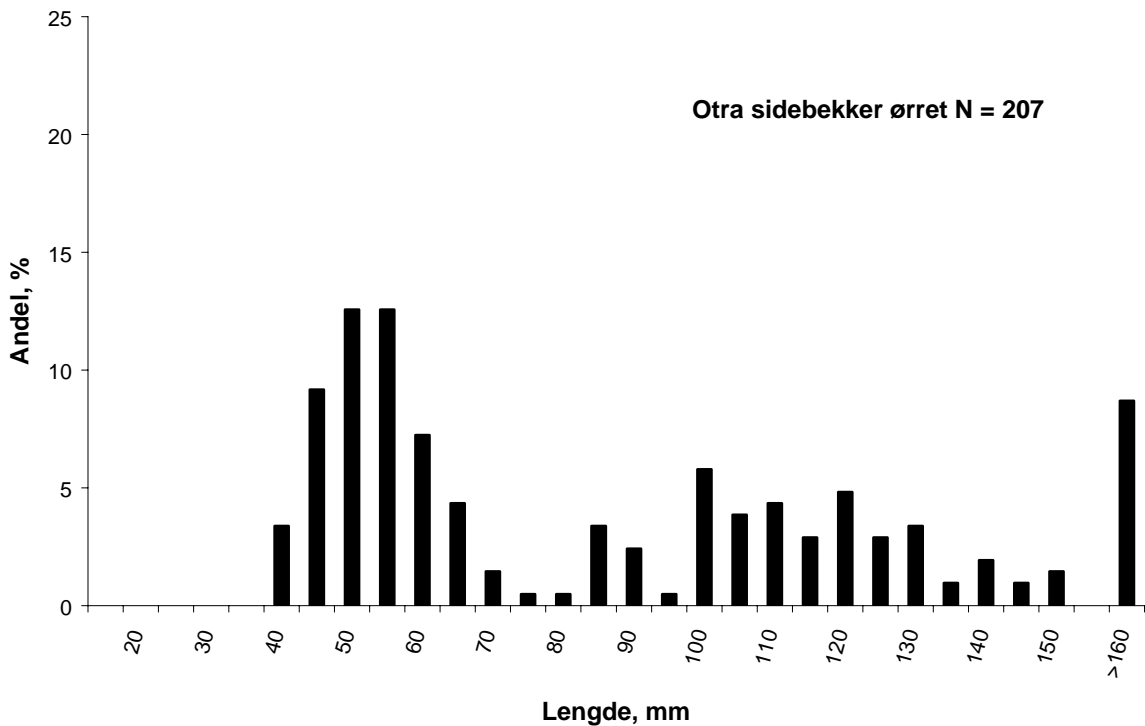
Ørretungene i hovedvassdraget varierte i størrelse fra 38 til 128 mm i august 2000 (figur 25). Ørretungene i sidebekkene varierte fra 41 til 252 mm (figur 26). Årsyngelen var gjennomsnittlig 53 mm i hovedvassdraget, og det var bare små vekstforskjeller innad i vassdraget (tabell 19). I

sidebekkene var veksten best i Høiebekken i 2000 der gjennomsnittslengden til ørretyngel var 61 mm til sammenligning.

Lengden av ettårige ørretunger var 108 mm på stasjonene i hovedvassdraget i august 2000 (tabell 20). Det var en lavere gjennomsnittslengde på ørretungene i 2000 sammenlignet med 1998 og 1999, og en større andel av ørretungene må oppholde seg ett år lenger på elva før smoltifisering (treårig smolt). I sidebekkene var veksten best i Høiebekken der lengden av ettårige ørretunger var 125 mm i august 2000 (tabell 20), og veksthastigheten indikerer en høy andel av toårig smolt. Fire av fem toårige hanner som ble undersøkt i Lonanebekken og Straisbekken var gytepar. I Høiebekken og Lonanebekken forekom det også ettårige gytepar. I hovedvassdraget var ingen ettårige ørretunger gytemodne, og eldre individer ble ikke påvist. Samlet for hele vassdraget var fordelingen mellom 1+ og 2+ ørret henholdsvis 93 og 7 %. Det ble imidlertid fanget noen større individer i sidebekkene som ikke ble aldersbestemt, men som sannsynligvis var 3+ og 4+ utfra lengden på fisken. Begrepet eldre ørretunger omfattet derfor i hovedsak ett- og toårige ørretunger, men med innslag av eldre årsklasser i sidebekkene.



Figur 25. Lengdefordeling av ørret (N = 151) fra hovedvassdraget ved Hunsfoss fabrikker og lakseførende del av Otra (stasjon 1-10) i august 2000.



Figur 26. Lengdefordeling av ørret (N = 207) fra sidebekker (stasjon 1-16 i Høiebekken, Lonanebekken og Straisbekken) i lakseførende del av Otra i august 1999.

4.3 Andre arter

Av andre arter ble det fanget ål i lite antall på alle stasjonene i hovedvassdraget, på en stasjon i Høiebekken, på en stasjon i Lonanebekken og på begge stasjonene i Straisbekken. I tillegg ble det fanget niøye og trepigget stingsild i mindre antall på en stasjon i hovedvassdraget. Bekkerøye ble funnet på begge stasjonene i Høiebekken og på en av stasjonene i Straisbekken i 2000. I tillegg ble det fanget skrubbe i Høiebekken. Det er tidligere også fanget abbor i hovedvassdraget nedenfor Vigeland Bruk (Kaste et al. 2000). Lenger oppe i vassdraget finnes ørekyte, og det er en fare for at denne med tiden kan spre seg til de lakseførende delene av vassdraget.

5. Konklusjoner

I de tidligere rapportene er det gitt anbefalinger til fremtidige oppfølgingsprogram. Ettersom overvåkingen av vassdraget er vedtatt opphørt vil effekter av tiltak igangsatt etter 2000 ikke bli dokumentert.

- De store tiltakene som er gjennomført på 1990-tallet har redusert/sanerte industri og kloakk utslippene. Reduksjon i sur nedbør har redusert forsuringen. Alle disse faktorene har medført at Otra har blitt en mer attraktiv elv for allmennheten, f.eks. til fiske, rekreasjon og bading. Etterhvert som denne bruken av elva øker, vil en også oppleve at kravene til vannkvalitet og til de estetiske forholdene omkring elva øker.
- Otra fremstår som et skoleeksempel på at miljøtiltak nytter. Over en relativt kort periode har vassdraget endret karakter fra å være synlig påvirket av industriutslipp til man i 2000 både ser etablering av forsurningsfølsomme evertebrater og laks i vassdraget. Mens det for 10 år tilbake var uaktuelt å bade i vassdraget, etableres det nå mange nye rekreasjonstibud. Mange av målene som ble satt for Otra er således nådd. Før vassdraget kan friskmeldes gjenstår imidlertid fortsatt en rekke oppgaver:
 - Konsentrasjonene av fosfor og organisk stoff er i ferd med å nærme seg naturtilstanden for vassdraget, men enkelte kilder gjenstår.
 - Forsuringen gjenstår som et alvorlig miljøproblemet som vil forsinke reetablering av biologisk mangfold og laks.
 - Relativt store variasjoner fra år til år, for eksempel i bakterietallene, viser at det fortsatt er forbedringsmuligheter.

Det ble i Kaste m.fl., 1999 anbefalt å gjennomføre ytterligere tiltak som:

- Ytterligere sikring av kommunalt kloakknnett mot lekkasjer og overløp under flom.
- Videre arbeid for å få alt avløpsvann fra Hunsfos inn på Otra-ledningen.
- Videreføre kommunenes og bedriftenes egenkontroll og registrering av uhellsutslipp til elva.
- Gjennomgå beredskapstjenesten ved akuttutslipp.
- Vurdere behov for kalking – eksempelvis av større, sure sidevassdrag nedstrøms Byglandsfjorden.
- Igangsette tiltak mot masseforekomster av grønnalger og krypsiv, vegetasjonsarter som er til ulempe for blant bading.

Det er fortsatt behov for disse tiltakene. Det bør også dokumenteres i hvilken grad:

- Dagens manøvreringsregimet har negative effekter på forhold knyttet til vannkjemi, begroing, bunndyrfauna og fiskepopulasjoner i vassdraget.
- Sedimentert materiale (fiber) på elvebunnen har effekt på begroingssamfunnet samt på gytemuligheter for fisk.
- Endringer i manøvreringsregimet ved Byglandsfjorden kan motvirke forsuringen i nedre deler av Otra.

Referanser

- Aanes, K. J. og T. Bækken. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Rapport 1: Generell del. NIVA-rapport no. 2278. 62 s. Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) og NIVA.
- Bækken, T. og K. J. Aanes. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Rapport 2: Forsuring. NIVA-rapport no. 2491. 46 s. Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) og NIVA.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04, TA-1468/1997, 31 s.
- Bohlin, T. 1984. Kvantitativt elfiske etter lax och öring - synpunkter och rekommendationer. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. Rapport 1984-4. 33 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. og Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Brabrand, Å. 1989. Fiskeribiologiske undersøkelser i nedre Otra med Kilefjorden, Gåseflåfjorden og Venneslafjorden. - Rapp. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Oslo. Rapport 114. 24 s.
- Brandrud, T.E., Halvorsen, G., Lindstrøm, E.-A., Raddum, G., Brettum, P., Dolmen, D., Halvorsen, G., Schnell, Ø., Storeid, S.E. og Walseng, B. 1999. Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1995-96. Utredning for DN 1999-9. 125 sider.
- Bratli, J.L., Holtan, H. og Jacobsen, T. 1995. Miljømål for vannforekomstene - forventet naturtilstand. SFT-veileder 95:04, TA-1141/1995, 41 s.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 1997. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. - DN-notat 1997-1. 288 s.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 1998a. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. - DN-notat 1998-1. 193 s.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 1998b. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1997. - DN-notat 1998-3. 376 s.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 1999. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1998. - DN-notat 1999-4. 463 s.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 2000. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1999. - DN-notat 2000-2. 536 s.
- DNMI 2000. Nedbørhøyder for 1999 fra meteorologisk stasjon 3955 Hannåsmyr, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Haraldstad, Ø. 1986. Lakseundersøkelse i Otra 1986. - Notat. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen. 8 s.
- Hindar, A., Næs, K. og Molvær, J. 1989. Betydning av sur nedbør for økte nitrogentilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA-rapport 2257, 45 s.
- Hindar, A., Kroglund, F. og Skiple, A. 1997. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet; vurdering av behovet for tiltak. NIVA-rapport 3606, 96 s.
- 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-rapport 2951, 43 s.
- Kaste, Ø. og Håvardstun, J. 1998. Vannkvalitetsundersøkelse i Otra med tilløp 1997. NIVA-rapport 3866, 36 s.
- Kaste, Ø., Brandrud, T.E., Lindstrøm, E.A. og Aanes, K.J. 1996. Otra 1992-1995. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 657/96, NIVA-rapport 3479, 51 s.
- Kaste, Ø., Henriksen, A., og Hindar, A. 1997b. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- Kaste, Ø., Lande, A., Larsen, B.M., Aanes, K.J. og Åsen, P.A. 1999. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1998. - Statlig program for forurensningsovervåking/NIVA. Rapport 767/99. 58 s.
- Kaste, Ø., Lindstrøm, E.A., Skiple, A. og Aanes, K.J. 1997a. Otra 1996. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 698/97, NIVA-rapport 3683, 39 s.
- Kaste, Ø., Lindstrøm, E.-A. og Aanes, K.J. 1998. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1997. NIVA-rapport 3883, 47 s.
- Kaste, Ø., Larsen, B.M., Lindstrøm, E.-A. & Aanes, K.J. 2000. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1999. - NIVA Rapport O-97034. 56 s.

- Kroglund, F., Berger, H.M., Lande, A., Kaste, Ø., Johansen, M.-B. & Håvardstun, J. 1999. Status for vann- og smoltkvalitet i Otra, Vest-Agder, våren 1999. – NIVA Rapport O-99097. 40 s.
- Kroglund, F. 2001. Betydning av sidebekkene for vannkvaliteten i Otra nedstrøms Byglandsfjord. – NIVA Rapport. [Under utgivelse].
- Kroglund, F., Berger, H.M., Lande, A., Kaste, Ø., Johansen, M.-B. og Håvardstun, J. 1999. Status for vann- og smoltkvalitet i Otra, Vest-Agder, våren 1999. – NIVA Rapport O-99097. 40 s.
- Kvellestad, A. og Larsen, B.M. 1999. Histologisk undersøkning av gjeller frå fisk som del av overvåking av ungfiskbestandar i lakseførende vassdrag. – NINA Fagrapport 36: 1-76.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurdering av vannkvalitesendringer i forbindelse med anleggsvirksomheten. NIVA-rapport 1905, 39 s.
- NVE 2000. Vannføring ved NVE-stasjon Heisel i 1999. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.
- Otra Laxefiskelag og Agder Skogeigarlag 1999. Driftsplan for Otra. - Rapport. 70 s.
- Raddum G.G. og A. Fjellheim. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. Verh. Int. Verein. Limnol. 22: 1973-1980.
- Rosseland, L. 1968. Otra. - Notat. Fiskeforskningen Vollebekk. 15 s. + vedlegg.
- Sandø, E. 2001. Kultiveringsutvalgets årsrapport for sesongen 2000. – Otra Laxefiskelag, Kultiveringsutvalget. Rapport. 11 s.
- SFT 1999. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1998. SFT-rapport 781/99, 240 s.
- Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksefiskbestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 10: 1-28.
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. og Buan, A.K. 1997. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. SFT- rapport 677/96, 73 s.
- Sosial og helsedepartementet 1995. Forskrift om vannforsyning og drikkevann mm. Nr. 68, I-9/95, 38 s.
- Statens helsetilsyn 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94, 8 s.
- 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 Soil Pollut. 85: 347-352.
- 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.
- Aanes, K.J. og Lydersen, E. 1997. Konsekvensutredning- laksedød Otra. NIVA-rapport 3806, 86 s.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra tabellen nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnethet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann-råvann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsfiske og jordvanning - åker og eng.

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder 97:04 (Andersen et al. 1997).

Virksomheter av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	Total fosfor, $\mu\text{g P L}^{-1}$	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Klorofyll a, $\mu\text{g L}^{-1}$	<2	2-4	4-8	8-20	>20
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	Prim. prod., g C/m ² år	<25	25-50	50-90	90-150	>150
	Total nitrogen, $\mu\text{g N L}^{-1}$	<300	300-400	400-600	600-1200	> 1200
Organiske stoffer	TOC, mg C L ⁻¹	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Fargetall, mg Pt L ⁻¹	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	Oksygen, mg O ₂ L ⁻¹	>9	6,5-9	4-6,5	2-4	<2
	Oksygenmetning, %	>80	50-80	30-50	15-30	<15
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	KOF _{Mn} , mg O L ⁻¹	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Jern, $\mu\text{g Fe L}^{-1}$	<50	50-100	100-300	300-600	>600
Mangan, $\mu\text{g Mn L}^{-1}$	<20	20-50	50-100	100-150	>150	
Forsurende stoffer	Alkalitet, mmol L ⁻¹	>0,2	0,05-0,2	0,01-0,05	<0,01	0,00
	PH	>6,5	6,0-6,5	5,5-6,0	5,0-5,5	<5,0
Partikler	Turbiditet, FTU	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff, mg L ⁻¹	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Siktedyp, m	>6	4-6	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termotol koli. bakt., ant. 100 ml ⁻¹	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000
Miljøgifter (tungmetaller) i vann	Kobber, $\mu\text{g Cu L}^{-1}$	<0,6	0,6-1,5	1,5-3	3-6	>6
	Sink, $\mu\text{g Zn L}^{-1}$	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Kadmium, $\mu\text{g Cd L}^{-1}$	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	>0,4
	Bly, $\mu\text{g Pb L}^{-1}$	<0,05	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5
	Nikkel, $\mu\text{g Ni L}^{-1}$	<0,5	0,5-2,5	2,5-5	5-10	>10
	Krom, $\mu\text{g Cr L}^{-1}$	<0,2	0,2-2,5	2,5-10	10-50	>50
	Kvikksølv, $\mu\text{g Hg L}^{-1}$	<0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	>0,02

Nøkkelparametre er gitt i kursiv.

Vedlegg B. Primærdata - vannkjemi og bakterier

Forkortelser:

Ca	Kalsium	TOC	Totalt organisk karbon	K	Kalium	TOT-N	Total nitrogen
ALK-E	Alkalitet	Kond	Konduktivitet	Cl	Klorid	TOT-P	Total fosfor
RAI	Reaktivt aluminium	Mg	Magnesium	SO ₄	Sulfat	ANC	Syrenøytraliserende kapasitet
ILAI	Ikke-labilt aluminium	Na	Natrium	NO ₃ -N	Nitrat	KOF	Kjemisk oksygenforbruk (Mn)
LAI	Labilt aluminium						

B.1 Vannkjemi

LOK	DATO	pH	CA	ALK-E	a/AL	PK-AI	RAL	ILAL	LAL	TOC	Kond	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	TOT-N	TOT-P	ANC	
			mg L ⁻¹	µekv L ⁻¹	µg L ⁻¹		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	m L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	
450	Skråstad	17.01.00	5,71	0,93	9	143	53	90	55	35	2,0	1,8	0,24	1,31	0,20	2,40	1,80	150	285	3	12,4
450	Skråstad	15.02.00	5,58	0,96	5	157	62	95	54	41	2,1	2,0	0,28	1,61	0,22	3,10	1,90	146	255	2	9,2
450	Skråstad	21.03.00	5,81	0,93	10	99	39	60	40	20	1,6	1,5	0,23	1,18	0,18	2,00	1,60	131	220	2	22,2
450	Skråstad	12.04.00	5,94	0,96	13	95	52	43	30	13	1,5	1,5	0,22	1,14	0,19	2,00	1,60	134	215	2	21,1
450	Skråstad	16.05.00	6,11	0,9	14	76	41	35	26	9	1,3	1,4	0,19	0,99	0,19	1,60	1,50	124	205	2	23,2
450	Skråstad	19.06.00	6,11	0,97	12	71	25	46	38	8	1,5	1,6	0,21	1,25	0,19	2,10	1,60	110	200	2	24,5
450	Skråstad	24.07.00	5,86	0,93	8	109	57	52	36	16	2,1	1,7	0,21	1,37	0,20	2,40	1,60	80	205	3	21,7
450	Skråstad	15.08.00	6,12	0,96	10	94	57	37	29	8	2,0	1,7	0,23	1,42	0,20	2,30	1,60	97	235	4	28,6
450	Skråstad	18/09/00	5,93	0,99	8	119	46	73	54	19	2,9	1,7	0,23	1,49	0,22	2,40	1,70	91	230	3	
450	Skråstad	16/10/00	5,56	0,88	0	200	90	110	88	22	3,7	1,7	0,23	1,35	0,23	2,20	1,70	91	270	7	
450	Skråstad	20/11/00	5,49	0,94	2	185	73	112	86	26	3,1	2,0	0,25	1,67	0,23	2,90	1,80	125	275	4	
450	Skråstad	18/12/00	5,51	0,84	3	156	53	103	79	24	3,0	1,7	0,20	1,41	0,21	2,30	1,70	129	240	4	
450	Skråstad	Mid	5,81	0,93	8	125	54	71	51	20	2,2	1,7	0,23	1,35	0,21	2,31	1,68	117	236	3,17	20,36
450	Skråstad	Min	5,49	0,84	0	71	25	35	26	8	1,3	1,4	0,19	0,99	0,18	1,60	1,50	80	200	2,00	9,20
450	Skråstad	Maks	6,12	0,99	14	200	90	112	88	41	3,7	2,0	0,28	1,67	0,23	3,10	1,90	150	285	7,00	28,60
450	Skråstad	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8

LOK	DATO	PH	CA	ALK-E	a/AL	PK-AI	RAL	ILAL	LAL	TOC	Kond	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	TOT-N	TOT-P	ANC	
			mg L ⁻¹	µekv L ⁻¹	µg L ⁻¹		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹ C	mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	m L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹ N	µg L ⁻¹ N	µg L ⁻¹ P		
460	Opps. Hunds foss	17.01.00	5,69	0,89	8	139	49	90	53	37	2,0	1,7	0,23	1,22	0,20	2,30	1,80	138	260	2	9,3
460	Opps. Hunds foss	15.02.00	5,54	0,9	4	147	44	103	57	46	2,0	1,9	0,26	1,49	0,22	2,70	1,70	137	235	2	15,4
460	Opps. Hunds foss	13.03.00	5,7	0,95		142	67	75	48	27	1,9					1,70					
460	Opps. Hunds foss	21.03.00	5,8	0,89	9	96	37	59	40	19	1,6	1,5	0,22	1,13	0,17	1,90	1,60	127	215	1	20
460	Opps. Hunds foss	03.04.00	5,86	0,94		101	53	48	33	15	1,5					1,50					
460	Opps. Hunds foss	12.04.00	5,91	0,93	12	89	44	45	34	11	1,5	1,4	0,21	1,09	0,18	1,90	1,60	130	210	2	19,5
460	Opps. Hunds foss	15.04.00	5,88	0,94		101	50	51	38	13	1,7					1,60					
460	Opps. Hunds foss	26.04.00	6,01	1,26		83	30	53	43	10	2,3					<0.2					
460	Opps. Hunds foss	16.05.00	6,04	0,86	13	72	36	36	25	11	1,3	1,3	0,18	0,97	0,19	1,60	1,50	124	200	2	19,6
460	Opps. Hunds foss	19.06.00	6,05	0,9	10	69	25	44	38	6	1,6	1,4	0,2	1,16	0,18	1,90	1,50	110	190	2	23,7
460	Opps. Hunds foss	24.07.00	6,07	0,85	13	110	61	49	38	11	2,2	1,7	0,2	1,28	0,20	2,30	1,50	76	210	3	18,1
460	Opps. Hunds foss	15.08.00	6,04	0,82	8	78	40	38	27	11	1,9	1,5	0,22	1,21	0,17	2,10	1,40	80	205	3	20,3
460	Opps. Hunds foss	18/09/00	5,87	0,88	5	111	43	68	55	13	2,7	1,6	0,22	1,35	0,20	2,20	1,50	81	220	5	
460	Opps. Hunds foss	16/10/00	5,54	0,84	0	174	68	106	86	20	3,6	1,6	0,21	1,30	0,22	2,10	1,60	87	265	5	
460	Opps. Hunds foss	20/11/00	5,39	0,85	0	172	58	114	83	31	3,1	1,9	0,24	1,57	0,21	2,70	1,80	117	260	4	
460	Opps. Hunds foss	18/12/00	5,46	0,81	2	163	58	105	78	27	3,0	1,7	0,19	1,36	0,20	2,10	1,60	124	240	3	
460	Opps. Hunds foss	Mid	5,80	0,91	7	115	48	68	49	19	2,1	1,6	0,21	1,26	0,20	2,15	1,59	111	226	2,83	18,24
460	Opps. Hunds foss	Min	5,39	0,81	0	69	25	36	25	6	1,3	1,3	0,18	0,97	0,17	1,60	1,40	76	190	1,00	9,30
460	Opps. Hunds foss	Maks	6,07	1,26	13	174	68	114	86	46	3,6	1,9	0,26	1,57	0,22	2,70	1,80	138	265	5,00	23,70
460	Opps. Hunds foss	N	16	16	12	16	16	16	16	16	16	12	12	12	12	15	12	12	12	12	8

LOK	DATO	pH	CA	ALK-E	a/AL	PK-AI	RAL	ILAL	LAL	TOC	Kond	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	TOT-N	TOT-P	ANC	
			mg L ⁻¹	µekv L ⁻¹	µg L ⁻¹		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	m L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹
492	Evje	10.01.00	5,73	0,78	9	125	56	69	47	22	2,1	1,4	0,2	1,02	0,20	1,70	1,70	123	275	3	12,7
492	Evje	14.02.00	5,8	0,8	9	105	39	66	46	20	1,8	1,4	0,19	1,06	0,17	1,70	1,60	121	280	2	16,1
492	Evje	13.03.00	5,8	0,87	9	111	53	58	36	22	1,6	1,4	0,2	1,03	0,16	1,70	1,50	118	235	3	21,1
492	Evje	10.04.00	6,04	0,93	15	94	51	43	31	12	1,5	1,4	0,19	0,98	0,19	2,00	1,50	118	235	3	13,4
492	Evje	03.05.00	5,95	0,88	9	88	42	46	34	12	1,6	1,3	0,18	0,94	0,18	1,50	1,50	122	230	3	22
492	Evje	13.06.00	5,81	0,83	6	136	65	71	44	27	2,3	1,4	0,18	1,04	0,22	1,70	1,50	108	255	4	20,2
492	Evje	11.07.00	5,86	0,78	6	89	40	49	37	12	1,8	1,4	0,18	1,05	0,20	1,80	1,40	91	220	3	18,1
492	Evje	21.08.00	5,72	0,83	8	141	53	88	78	10	3,7	1,4	0,19	1,08	0,19	1,70	1,50	61	225	6	25,3
492	Evje	12/09/00	6,11	0,73	8	67	28	39	30	9	1,7	1,2	0,16	1,03	0,19	1,60	1,20	69	195	3	
492	Evje	09/10/00	5,95	0,73	8	88	38	50	36	14	1,9	1,3	0,17	0,99	0,19	1,60	1,20	83	195	3	
492	Evje	15/11/00	5,68	0,81	8	153	77	76	59	17	2,6	1,4	0,17	1,03	0,19	1,80	1,50	101	235	4	
492	Evje	11/12/00	5,84	0,77	5	128	59	69	41	28	2,1	1,3	0,17	1,00	0,18	1,50	1,40	108	235	2	
492	Evje	12/01/01	6,12	0,76	18	114	52	62	44	18	2,1	1,4	0,19	1,03	0,17	1,70	1,40	111	225	3	
492	Evje	12/02/01	6,13	0,79	15	75	30	45	32	13	1,8	1,3	0,17	0,95	0,16	1,50	1,30	110	210	3	
492	Evje	12/03/01	6,08	0,86	20	54	19	35	29	6	1,4	1,3	0,18	0,97	0,17	1,40	1,30	122	220	3	
492	Evje	Mid	5,91	0,81	10	105	47	58	42	16	2,0	1,3	0,18	1,01	0,18	1,66	1,43	104	231	3,20	18,61
492	Evje	Min	5,68	0,73	5	54	19	35	29	6	1,4	1,2	0,16	0,94	0,16	1,40	1,20	61	195	2,00	12,70
492	Evje	Maks	6,13	0,93	20	153	77	88	78	28	3,7	1,4	0,20	1,08	0,22	2,00	1,70	123	280	6,00	25,30
492	Evje	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	8

LOK	DATO	pH	CA	ALK-E	a/AL	PK-AI	RAL	ILAL	LAL	TOC	Kond	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3-N	TOT-N	TOT-P	ANC	
			mg L ⁻¹	µekv L ⁻¹	µg L ⁻¹		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹ C	mS m ⁻¹	mg L ⁻¹	m L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹ N	µg L ⁻¹ N	µg L ⁻¹ P		
535	Ose Bru	11.01.00	6,17	0,89	21	61	31	30	21	9	1,0	1,3	0,18	0,87	0,15	1,50	1,30	118	185	2	23,1
535	Ose Bru	08.02.00	6,22	0,89	24	53	23	30	25	5	1,2	1,5	0,2	1,11	0,24	2,00	1,30	120	235	4	23,2
535	Ose Bru	13.03.00	6,26	0,97	21	60	38	22	17	5	1,0	1,3	0,2	0,96	0,18	1,50	1,20	112	190	3	35,9
535	Ose Bru	11.04.00	6,21	1,01	22	67	38	29	24	5	1,1	1,3	0,2	0,94	0,17	1,60	1,30	109	180	2	32,1
535	Ose Bru	20.05.00	5,68	0,56	3	110	47	63	44	19	1,6	1,2	0,15	1,02	0,17	1,70	1,00	86	190	2	14,1
535	Ose Bru	20.06.00	5,99	0,6	10	74	46	28	19	9	1,0	1,1	0,15	0,90	0,13	1,50	1,00	74	120	2	16,3
535	Ose Bru	19.07.00	6,28	0,77	19	64	41	23	16	7	1,3	1,2	0,15	0,94	0,21	1,40	1,30	57	160	3	26,4
535	Ose Bru	21.08.00	5,8	0,69	13	111	42	69	51	18	3,0	1,2	0,14	0,92	0,18	1,30	1,00	46	180	3	29,8
535	Ose Bru	Mid	6,08	0,80	16	75	38	37	27	10	1,4	1,2	0,17	0,96	0,18	1,56	1,18	90	180	2,63	25,11
535	Ose Bru	Min	5,68	0,56	3	53	23	22	16	5	1,0	1,1	0,14	0,87	0,13	1,30	1,00	46	120	2,00	14,10
535	Ose Bru	Maks	6,28	1,01	24	111	47	69	51	19	3,0	1,5	0,20	1,11	0,24	2,00	1,30	120	235	4,00	35,90
535	Ose Bru	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

B.2 Termostabile koliforme bakterier (TKB)

	Steinfossen	Nesane	Brannstasjonen	Vigeland gård	Skjebua	Kvarstein
29.08.2000	<10	<10	<10	40	<10	<10
15.08.2000	370	30	20	10	100	80
08.08.2000	80	<10	20	20	<10	10
01.08.2000	<10	10	30	20	10	40
18.07.2000	<10	20	10	<10	10	20
11.07.2000	20	220	10	200	160	450
04.07.2000	<10	<10	<10	10	10	<10
27.06.2000	30	30	30	20	<10	
20.06.2000	<10	<10	<10	<10	<10	10
13.06.2000	10	30	10	10	40	<10

Vedlegg C. Primærdata – fisk

D.1. Fangst av fisk ved elfiske og beregnet tetthet av laks og ørret i Otra 12.-15.8. og 30.8.00.

St.	Areal m ²	Fangst				Beregnet tetthet/100 m ²				Andre arter
		Laks		Ørret		Laks		Ørret		
		0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	
1	150	-	-	20	4	-	-	14,2	2,7	Ål
2	120	5	0	2	0	4,8	0	1,9	0	Ål
3	120	23	1*	15	0°	20,6	1,0	13,4	0	Ål
4	100	18	0	5	1	20,6	0	5,0	1,1	Ål
5	140	62	3*	8	0°	63,6	2,4	6,2	0	Ål
6	100	10	0	23	0	11,4	0	28,5	0	Ål, niøye
7	120	2	0	34	0	1,9	0	51,3	0	Ål
8	125	3	0*	10	1°	2,7	0	13,4	0,9	Trepigget stingsild, ål
9	140	10	1	1	0	8,2	0,8	0,7	0	Ål
10	125	1	0	10	0	0,9	0	9,1	0	Ål
1-10	1240			128	6			12,6±2,1	0,6±0,6	
2-10	1090	134	5			20,4±8,9	0,5±0,3			
Gj.sn.						15,0±19,7	0,5±0,8	14,4±15,2	0,5±0,9	
11	100	10	1	20	7°	16,7	1,0	20,9	8,0	Bekkerøye, skrubbe
12	100	4	0*	3	2	4,0	0	3,0	2,2	Ål, bekkerøye
13	58	2	6	6	13	3,8	11,3	11,8	22,9	
14	75	6	7	2	22	8,0	9,8	3,0	31,9	Ål
15	100	0	6	20	33	0	6,5	29,2	34,4	Ål
16	105	12	28	53	25	12,4	30,5	71,6	24,6	Ål, bekkerøye
11-16	538	34	48	104	102	6,9±1,1	9,8±1,5	25,8±6,8	20,1±1,4	
Gj.sn.						7,5±6,2	9,9±11,1	23,3±25,8	20,7±12,9	

* supplerende innsamling av eldre laksunger: stasjon 3: 1 individ; stasjon 5: 1 individ; stasjon 8: 3 individer; stasjon 12: 4 individer

° supplerende innsamling av eldre ørretunger: stasjon 3: 4 individer; stasjon 5: 1 individ; stasjon 8: 12 individer; stasjon 11: 1 individ

D.2. Utbredelse og tetthet av laks og ørret i Otra - lakseførende del i 1998-2000

Utbredelse er angitt som prosentandel av stasjonene som hadde den aktuelle arten og aldersgruppen. Tetthet 1 er beregnet ved å summere respektiv fangst i de tre omgangene på alle de avfiskede stasjonene i henhold til Bohlin (1984). Tetthet 2 er gjennomsnittlig tetthet av de beregnede tettheter på alle enkeltstasjonene. Tetthet 1, tetthet 2, median og min. og max. tetthet er angitt som antall individer pr. 100 m². For tetthet 1 og tetthet 2 er standardavviket angitt i parentes.

ÅR	1998	1999	2000
Dato	30.8.	7.-8.8.	12.-15.8. og 30.8.
Ant. stasjoner	9/10	9/10	9/10
Areal, m ²	1136/1286	1059/1209	1090/1240
LAKS 0+			
Utbredelse	100	100	100
Tetthet 1	11,9(9,3)	32,9(5,3)	20,4(8,9)
Tetthet 2	7,1(5,0)	30,7(15,4)	15,0(19,7)
Median	5,2	29,3	8,2
Min. tetthet	3,1	5,9	0,9
Max. tetthet	17,7	54,1	63,6
LAKS ≥1+			
Utbredelse	11	44	33
Tetthet 1	0,1(0,1)	1,2(0,1)	0,5(0,3)
Tetthet 2	0,1(0,2)	1,1(1,9)	0,5(0,8)
Median	0	0	0
Min. tetthet	0	0	0
Max. tetthet	0,6	6,1	2,4
ØRRET 0+			
Utbredelse	100	100	100
Tetthet 1	16,8(2,1)	31,8(4,0)	12,6(2,1)
Tetthet 2	14,5(12,0)	32,8(19,7)	14,4(15,2)
Median	10,4	28,2	11,3
Min. tetthet	4,6	12,7	0,7
Max. tetthet	47,9	73,8	51,3
ØRRET ≥1+			
Utbredelse	40	20	30
Tetthet 1	0,3(0,0)	0,2(0,0)	0,6(0,6)
Tetthet 2	0,3(0,4)	0,2(0,3)	0,5(0,9)
Median	0	0	0
Min. tetthet	0	0	0
Max. tetthet	0,9	0,8	2,7

D.3. Utbredelse og tetthet av laks og ørret i Otra - sidebekker lakseførende del (Høiebekken, Lonanebekken og Straisbekken) 1998-2000

Utbredelse er angitt som prosentandel av stasjonene som hadde den aktuelle arten og aldersgruppen. Tetthet 1 er beregnet ved å summere respektiv fangst i de tre omgangene på alle de avfiskede stasjonene i henhold til Bohlin (1984). Tetthet 2 er gjennomsnittlig tetthet av de beregnede tettheter på alle enkeltstasjonene. Tetthet 1, tetthet 2, median og min. og max. tetthet er angitt som antall individer pr. 100 m². For tetthet 1 og tetthet 2 er standardavviket angitt i parentes.

ÅR	1998	1999	2000
Dato	30.8.	7.-8.8.	12.-15.8.
Ant. stasjoner	4	6	6
Areal, m ²	343	565	538
LAKS 0+			
Utbredelse	100	67	83
Tetthet 1	8,9(3,4)	26,3(2,6)	6,9(1,1)
Tetthet 2	8,6(3,1)	26,8(33,7)	7,5(6,2)
Median	9,7	7,8	6,0
Min. tetthet	3,4	0	0
Max. tetthet	11,6	86,2	16,7
LAKS ≥1+			
Utbredelse	75	83	83
Tetthet 1	16,1(1,6)	10,1(0,4)	9,8(1,5)
Tetthet 2	15,1(11,5)	10,9(9,5)	9,9(11,1)
Median	15,9	9,4	8,2
Min. tetthet	0	0	0
Max. tetthet	28,7	26,5	30,5
ØRRET 0+			
Utbredelse	100	100	100
Tetthet 1	8,2(0,2)	32,3(1,5)	25,8(6,8)
Tetthet 2	8,6(2,8)	32,7(10,9)	23,3(25,8)
Median	7,3	34,2	16,4
Min. tetthet	6,5	16,0	3,0
Max. tetthet	13,3	45,2	71,6
ØRRET ≥1+			
Utbredelse	100	100	100
Tetthet 1	18,0(1,7)	12,3(0,5)	20,1(1,4)
Tetthet 2	22,1(14,8)	13,9(11,2)	20,7(12,9)
Median	19,4	11,6	23,8
Min. tetthet	7,1	2,0	2,2
Max. tetthet	42,4	33,8	34,4