



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 657/96

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn


Deltakende institusjon

NIVA

Otra 1992-1995 Tiltaksorientert overvåking og konsekvens- undersøkelse av industriutslipp



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800208	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3479-96	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Flute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Otra 1992-1995. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp.	Dato:	Trykket:
	Juni 1996	NIVA 1996
Forfatter(e): Øyvind Kaste, Tor Erik Brandrud, Eli Anne Lindstrøm og Karl Jan Aanes.	Faggruppe:	
	Vassdragsundersøkelser	
Geografisk område:	Agder	
	Antall sider:	Opplag:
51	150	

Oppdragsgiver: Hunsfos Fabrikker A/S, Norsk Wallboard A/S, Vassdragsrådet for Nedre Otra, Statens forurensningstilsyn.	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

<p>Ekstrakt:</p> <p>Med etableringen av en avskjærende industriavløpsledning i juni 1995 ble alle syreutslipp og ca. 80% av KOF-utslippene fra industrien i Vennesla ført direkte til sjøen. Nedenfor industribedriftene i Vennesla, har årsmiddel-pH i løpet av perioden 1992-1995 økt fra omkring 5,3 til rundt 5,6, som er på nivå med referansestasjonen oppstrøms industribedriftene. I 1995 var den gjennomsnittlige KOF-konsentrasjonen i elva nedstrøms industribedriftene 3,0 mg/l. Til sammenligning lå de høyeste årsmidlene på 1980-tallet over 6 mg/l. Konsentrasjonen av total fosfor endret seg forholdsvis lite i elva i perioden 1992-1995.</p> <p>Det er foreløpig for tidlig å se endringer i bunndyrsamfunnet som følge av påkoplingen av industriavløpsledningen. Nedstrøms industribedriftene ble det registrert redusert forekomst av soppen <i>Fusarium aqueductum</i> på alle lokaliteter i 1995 og økt forekomst av trådformede grønnalger ved Vigeland. Det ble i 1995 gjennomført en kartlegging av vannvegetasjon i Otra nedstrøms Vennesla med spesielt henblikk på vannplanten krypsiv. Ut fra vegetasjonsregistreringer, samt topografi og hydrologi på strekningen, er sannsynligvis tilgroingspotensialet i Otra nedstrøms Vennesla lite.</p>

4 emneord, norske

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

4 emneord, engelske

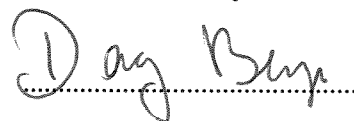
1. Pollution monitoring
2. Pulp and paper industry
3. Hydro power development
4. Acid precipitation

Prosjektleder



Øyvind Kaste

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN 82-577-3018-1

Norsk institutt for vannforskning
Sørlandsavdelingen

O-800208

OTRA 1992-1995

Tiltaksorientert overvåking
og konsekvensundersøkelse av industriutslipp

Grimstad

Juni 1996

Saksbehandler:

Øyvind Kaste

Medarbeidere:

Eli-Anne Lindstrøm

Karl Jan Aanes

Torleif Bækken

Rolf Høgberget

Tor Erik Brandrud

Forord

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

Den foreliggende rapporten omhandler i første rekke resultater fra 1992-1995. Programmet er konsentrert om den nedre delen av Otra og er rettet direkte mot effekter av industriutslipp og kloakktilførsler. Undersøkelser i Otravassdragets øvre del er bare i begrenset grad omtalt.

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

Karl Jan Aanes og Torleif Bækken har gjennomført bunndyrundersøkelsene. Eli-Anne Lindstrøm har hatt ansvar for innsamling og analyser av begroingsorganismer i nedre del av Otra. I 1995 ble det dessuten gjennomført en kartlegging av høyere vannvegetasjon nedenfor Vennesla. Undersøkelsen er gjennomført og rapportert av Tor Erik Brandrud.

Grimstad, juni 1996

Øyvind Kaste

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord.....	2
INNHALDSFORTEGNELSE	3
1. SAMMENDRAG.....	4
2. INNLEDNING.....	6
2.1. Bakgrunn.....	6
2.2. Formål.....	7
2.3. Program.....	7
3. OMRÅDEBESKRIVELSE.....	9
3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi.....	9
3.2. Brukerinteresser	12
3.3. Forventet naturtilstand	13
3.4. Forurensninger	13
4. RESULTATER OG DISKUSJON.....	15
4.1. Fysisk/kjemiske forhold.....	15
4.2. Bunndyr	24
4.3. Begroing.....	32
4.4. Kartlegging av vannvegetasjonen i Otra nedstrøms Vennesla	36
5. REFERANSER	40
6. VEDLEGG.....	42
6.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1994.	42
6.2. Primærdata, vannkjemi 1994.	43
6.3. Middelmålinger 1980-1994.	47
6.4. Begroingsorganismer, juli/september 1993, 1994 og 1995.	49
6.5. Kiselalger, juli og september 1995.	51

1. SAMMENDRAG

Hovedformålet med overvåkingen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensningssituasjonen, spesielt i den nedre delen av elva. Konsekvensundersøkelsen, som SFT har pålagt Hunsfos Fabrikker A/S å gjennomføre i perioden 1992-1995 skal dokumentere eventuelle vannkjemiske og biologiske endringer i Otra som resultat av en nedtrappingsplan for utslipp bedriften har fått pålegg om. Effektene av kloakksanering på strekningen Vennesla og til sjøen skal også undersøkes.

Med etableringen av en **avskjærende industriavløpsledning** i juni 1995 ble alle sure utslipp og ca. 80% av KOF-utslippene fra industrien i Vennesla ført direkte til Kristiansandsfjorden. Etter planen skal alt prosessvann kunne gå i ledningen i løpet av 1997. Dette tiltaket representerer en umiddelbar avlastning av Otra som resipient, noe som vil ha stor betydning for de biologiske og trivselsmessige forholdene i nedre Otra.

Ved stasjonene Vigeland og Skråstad, som begge ligger nedenfor industribedriftene i Vennesla, har **årsmiddel-pH** i løpet av perioden 1992-1995 økt fra omkring 5,3 til rundt 5,6. pH-verdiene i denne delen av vassdraget har med dette kommet opp på samme nivå som referansestasjonen rett oppstrøms industribedriftene, som også hadde 5,6 som årsmiddel i 1995. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i pH ved de tre nederste stasjonene i 1995.

Ved den **automatiske pH-stasjonen** på Vigeland er det siden 1994 svært sjelden registrert pH-verdier under 5,0. I 1994 og fram til og med juni 1995 har verdiene stort sett svinget rundt 5,5. Påkoplingen til Otra-ledningen i slutten av juni falt sammen med en generell pH-stigning i elva, slik at det er vanskelig å anslå momentaneffekten av tiltaket. Avskjæringen av industriutslippene synes foreløpig å ha gitt en mer stabil pH i elva (mindre døgnvariasjon).

På grunn av forholdsvis godt bufret vann i den øvre delen av vassdraget har Otra mindre surt vann enn andre store lakseførende vassdrag på Sørlandet. Den lakseførende delen av elva har likevel på grunn av forsurenningen til tider konsentrasjoner av **labilt aluminium** som overstiger nivåer som er ansett å være skadelig for laksesmolt.

Konsentrasjonen av **organisk stoff** målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF_{Mn}) har gjennomgående gått ned i perioden 1992-1995. I 1995 var middelkonsentrasjonen ved Vigeland og Skråstad 3,0 mg/l, mot noe over 2 mg/l på referansestasjonen oppstrøms industribedriftene. Dersom en ser på siste halvår 1995 isolert (etter påkopling av ledningen), lå KOF-konsentrasjonene ved Vigeland og Skråstad da kun 7% høyere enn referansestasjonen. På grunn av begrenset kapasitet på Otra-ledningen, vil en sannsynligvis ikke få eliminert KOF-utslippet helt før i 1997.

Det ble registrert forholdsvis små endringer i årsmiddelkonsentrasjonen av **total fosfor** ved overvåkningsstasjonene i perioden 1992-1995. I tiårsperioden før dette var det klare reduksjoner i fosfor-konsentrasjonen fra og med Venneslafjorden. Etter at det er gjennomført betydelige forurensningsbegrensende tiltak på kommunal sektor, har årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor de siste 3-4 årene ligget omkring 3 $\mu\text{g/l}$ i utløpet

av Venneslafjorden og rundt 3-5 µg/l ved Vigeland og Skråstad. Ved de to sistnevnte stasjonene ble det i 1994 og de første tre månedene i 1995 registrert uvanlig varierende fosforkonsentrasjon, noe som kan ha hatt sammenheng med overløp fra det kommunale ledningsnett. Ved Skråstad kan anleggsarbeid i elva knyttet til leggingen av Otraledningen også være en mulig forklaring.

Konsentrasjonen av **nitrogen** var i 1995, som i tidligere år, svært lik ved stasjonene fra Evje og nedover. I 1994 ble det for første gang siden 1982 registrert en generell økning i nitrogenkonsentrasjonen ved samtlige målestasjoner i Otra. Dette synes foreløpig ikke å være et ledd i noen trend, da middelveidene gikk noe ned igjen i 1995. Fra Evje til Skråstad skjer det svært lite med nitrogen-konsentrasjonen i elva. Dette viser at nitrogentilførsler fra lokale forurensningskilder ikke overstiger elvas selvrensingsevne. De høye konsentrasjonene av total nitrogen i Otra på begynnelsen av 1980-tallet skyldes sannsynligvis sprengningsarbeider i forbindelse med vannkraftutbygging i Øvre Otra.

Reduksjonen av organiske utslipp vil forventelig øke artsrikdommen i **bunndyrsamfunnet** nedstrøms industribedriftene. Materialet for 1995 ble innhentet kun to uker etter påkoplingen av industriavløpsledningen, og det er derfor foreløpig for tidlig å registrere endringer i bunndyrsamfunnet som følge av tiltaket.

Bunndyrsamfunnet nedstrøms industribedriftene er fortsatt preget av organisk belastning, og de negative effektene dette gir på vannkvaliteten og på bunnssubstratet. Diversiteten er dessuten i utgangspunktet redusert på grunn av den generelle forsureningen i vassdraget. Bunndyrtettheten ved Vigeland kan være opptil tre ganger høyere enn ved referansestasjonen oppstrøms industribedriftene. Dette skyldes hovedsakelig større forekomster av fjærmygglarver og fåbørstemark. I 1995 var bunndyrtettheten ved Vigeland betydelig lavere enn året før, men likevel en god del høyere enn på referansestasjonen.

På referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss er sammensetningen av bunndyrsamfunnet preget av forsurening, samtidig som artsutvalget er typisk for utløpet av innsjøer (Venneslafjorden). Fjærmygglarver har vært den dominerende dyregruppen i undersøkelsesperioden 1992-1995. Andre vanlige grupper har vært børstemark, vannmidd, steinfluer, vårfluer og rundmarker. Steinfluefaunaen var i 1995 representert med én art, *Leuctra fusca*. Bunndyrtettheten på referansestasjonen var i 1995 noe mindre enn det som er registrert tidligere i undersøkelsesperioden.

Begroingssamfunnet nedstrøms industribedriftene var forventet å reagere forholdsvis raskt på de reduserte KOF-utslippene i forbindelse med etableringen av industriavløpsledningen. Blant annet var det forventet en betydelig reduksjon i forekomsten av soppen *Fusarium aquaeductum*, som tidligere har vært et estetisk og bruksmessig problem i nedre Otra.

Nedstrøms industribedriftene var det i 1995 redusert forekomst av soppen *Fusarium aquaeductum* på alle lokaliteter. Ved Vigeland ble det registrert økt forekomst av trådformede grønnalger. Det var dessuten etablert "nye" arter, som er mindre knyttet til surt vann enn de vanligste artene på referansestasjonen i utløpet av Venneslafjorden. Mangfoldet av grønnalger og kiselalger nedstrøms industribedriftene har økt i undersøkelsesperioden og var i 1995 tildels større enn på referansestasjonen.

Samlet tilsier dette en bedring i vannkvaliteten som primært kan tilskrives reduserte tilførsler av organisk stoff. Etablering av "nye" arter og stort artsmangfold indikerer dessuten at området nedstrøms Vigeland er noe mer næringsrikt enn ved referanselokaliteten. Reduserte KOF-tilførsler med redusert forekomst av sopp og trolig også fibre, øker muligheten for etablering av andre organismer, bl.a. trådformede grønnalger. Hvorvidt forekomsten av alger kan bli like stor som ved utløpet av Venneslafjorden er foreløpig vanskelig å si.

I forbindelse med de store utslippsreduksjonene i nedre Otra ble det i 1995 gjennomført en kartlegging av **høyere vegetasjon** nedstrøms Vennesla, for eventuelt senere å kunne dokumentere endringer som følge av tiltakene. Økt tilgroing med krypsiv har bl.a. vært antydnet som en mulig bi-effekt av reduserte industriutslipp og bortfall av soppbegroing.

Elvestrekningen nedstrøms Venneslafjorden har, bortsett fra enkelte mindre arealer, en påtagelig lavere vegetasjonsdekning og frodighet av krypsiv enn en del elvestrekninger lengre opp i vassdraget (f.eks. Valle). Omfanget av krypsivveksten i Otra nedstrøms Vennesla synes ikke å være problematisk i forhold til bruk av elva, eller i forhold til organismesamfunn og biologisk mangfold. Dette skyldes trolig at elveløpet er rett og smalt, uten bukter og motstrømsområder, samt mindre påvirkning av vannstandsstabiliserende reguleringsinngrep.

Ut fra de registrerte vegetasjonsforholdene, samt topografi og hydrologi på strekningen, er sannsynligvis tilgroingspotensialet for krypsiv i Otra nedstrøms Vennesla lite. Det forventes derfor ingen vegetasjonsendringer av betydning, hverken av redusert industriutslipp eller eventuell kalking av vassdraget. Kartleggingen i 1995 må sees på som en basisundersøkelse som bare indirekte kan indikere den videre vegetasjonsutviklingen. En oppfølging og overvåking av utviklingen m.h.p. vannvegetasjon med krypsiv nedstrøms Vennesla bør derfor inngå som et element i den tiltaksorienterte overvåkingen.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn

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

Den nedre delen av Otra har, inntil etableringen av den nye avskjærende industriavløpsledningen i 1995, vært preget av organisk belastning og syreutslipp fra industrien ved Vennesla. Vassdraget er ellers forsuret på grunn av langtransporterte forurensninger. I tillegg til reduksjoner i industriutslippene er det i de senere år foretatt saneringstiltak på kloakkledningsnettet og bygget renseanlegg. Det er også lagt ned en betydelig innsats for å tilrettelegge for friluftsliv langs elva.

Målet med tiltakene i Otra er først og fremst å få forurensningsbelastningen ned, øke vassdragets rekreasjonsverdi og gjøre elva levelig for laks og aure. Fisken skal også ha en tilfredsstillende kvalitet. Samtidig er det nødvendig å få etablert en variert bunndyrfauna

som kan danne næringsgrunnlaget for disse fiskebestandene. Otra har et stort rekreasjonspotensiale som i liten grad har blitt utnyttet tidligere pga forurensningsforholdene i de nedre delene av elva. Den positive vannkvalitetsutviklingen i de senere år gjør det aktuelt å se på om også den generelle vannkvaliteten i elva kan bedres. Det er utarbeidet en kalkingplan for elva som har som mål å sikre vannkvaliteten for laks inntil tilførselene av sur nedbør er redusert tilstrekkelig (Kaste og Hindar 1994).

2.2. Formål

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

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

2.3. Program

Vannkjemisk overvåking

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

Tabell 1a. Målestasjonene for vannkjem.

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

Tabell 1b. Parametergrupper.

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

Bunnfauna

Bunndyrprøvene som her er bearbeidet ble samlet inn på de to hovedstasjonene i Otra oppstrøms og nedstrøms industriområdet på Hunsfoss. Den øverste stasjon var lokalisert

(UTM 593 396) langs vestre elvebredd like nedenfor utløpet av Venneslafjorden. Denne lokaliteten har vært prøvetakingssted for bunndyr siden 1983. Elva går her over et bunns substrat av stein, grus og sand, med en del innslag av krypsiv og mose. Den andre stasjonen (UTM 573 386) var plassert nedstrøms Vigeland, langs østre elvebredd. Denne stasjonen har også tidligere vært brukt til prøvetaking av bunndyr. Bunns substratet består her hovedsakelig av stein, grus og noe sand, samt en del mose.

Bunndyrprøvene som er bearbeidet og vurdert i denne rapporten ble samlet inn den 12.08.87, 30.07.89, 30.07.90, 07.07.91, 06.07.92, 11.07.93, 08.07.94 og 10.07.1995. Prøvene ble samlet inn ved hjelp av en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det ble brukt en elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt. Prøvene ble konservert i 70% etanol. Opptelling og bestemmelse av arter og grupper ble utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Begroing

Det samles prøver av begroing på fire stasjoner, 1 oppstrøms og 3 nedstrøms industribedriftene. Prøvene samles inn 2 ganger pr. år for å finne evt. årstidsvariasjoner i begroing av bl.a. sopp. Det legges vekt på å studere utviklingen av soppen *Fusarium aquaeductum*. I 1995 ble det som tidligere år samlet begroingsprøver ved to befaringer, 17. juli og 1. september. Vannstanden var lav ved begge prøvetakinger og forholdene var tilfredsstillende. Før prøvetakingen i september var det en periode med usedvanlig varmt vær og lite nedbør, dette preget begroingssamfunnet som var spesielt velutviklet. Prøvene ble tatt på samme måte og på samme lokaliteter som i 1992, 1993 og 1994, slik at det er mulig å trekke sammenligninger fra år til år.

Vannvegetasjon

Undersøkelsen av vannvegetasjon ble foretatt med vannkikkert og kasterive 1. september 1995. De undersøkte lokalitetene omfatter de samme overvåkingsstasjonene som for begroing (1-4), samt et supplerende stasjonsnett imellom disse (se tabell 6). I tillegg er det foretatt observasjoner langs hele elvestrekningen, og benyttet informasjon fra en fotoregistrering av vannvegetasjonen på strekningen Hunsfoss - Oddernesbrua. Denne er foretatt den 9. og 15. august 1995 av Tor Kviljo hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1. Vassdragsavsnitt og hydrologi

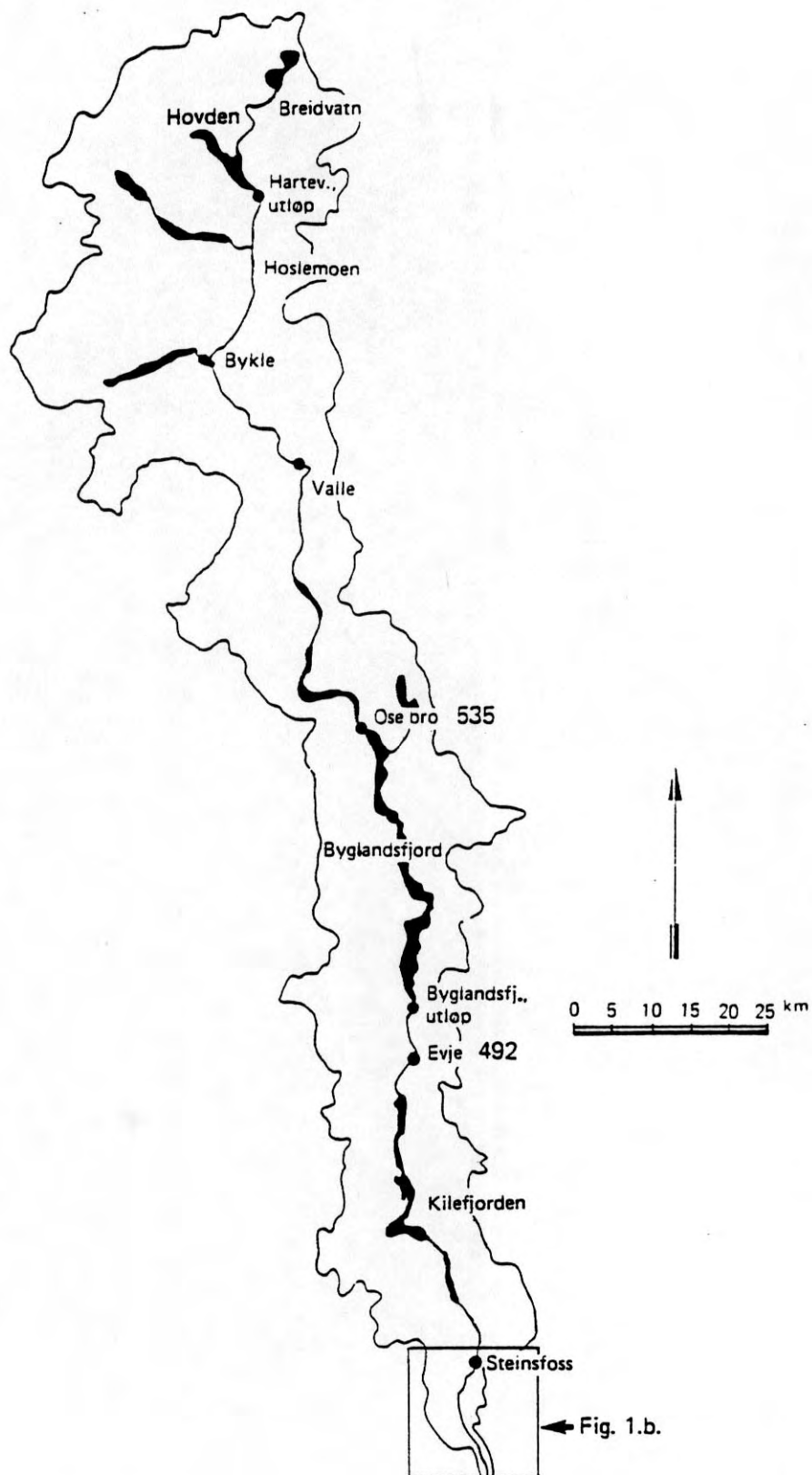
Otravassdraget har et naturlig nedbørfelt på 3738 km² og er Sørlandets mest vannrike vassdrag. Fra kildeområdet nord for Hovden i Setesdalen og til utløpet i Kristiansandsfjorden er det en strekning på 240 km. Byglandsfjord er største innsjø i hovedvassdraget. Den er ca. 35 km lang. Middelvannføringen er 117 m³/s ved utløpet av Byglandsfjorden og 155 m³/s ved utløpet i Kristiansandsfjorden. Figur 1, a og b viser øvre og nedre deler av Otra med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i perioden 1991-1994.

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 forsurening. Nord for Vatnedalen finnes metamorfe og sedimentære bergarter. Videre finnes det metamorfe bergarter øst for Valle. Disse bergartene er noe mer kalkholdige. I tillegg kommer at øvre deler av nedbørfeltet mottar vesentlig mindre forurenset luft og nedbør enn nedre deler. Avrenningsvannet fra dette området er derfor mindre surt enn i resten av vassdraget.

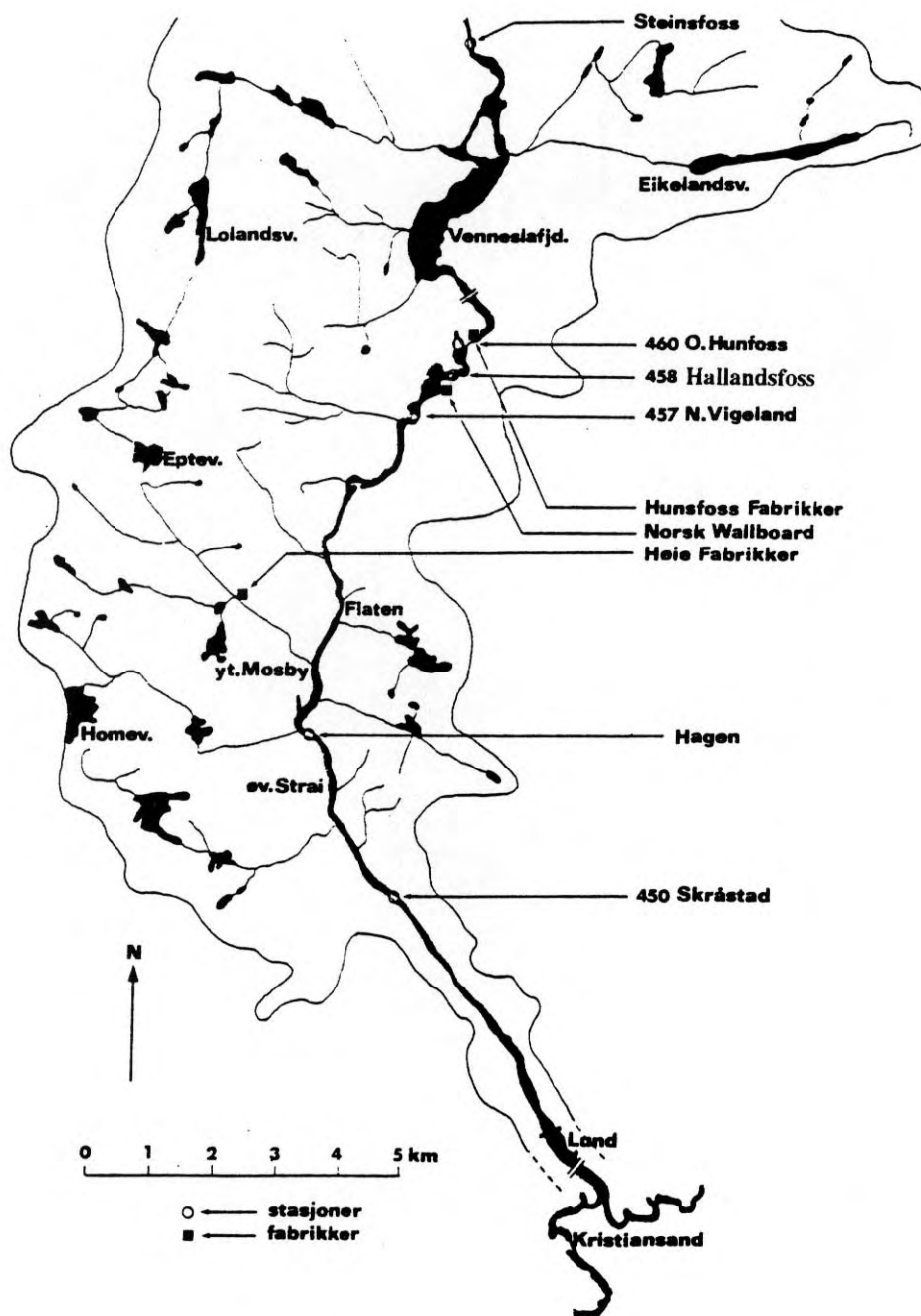
Otravassdraget ligger i grensesonen mellom områder som mottar mye nedbør og områder som ligger i regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til knapt 700 mm i øst. Det er store forskjeller i gjennomsnittstemperatur fra nord til sør i nedbørfeltet. Mens Kristiansand bare har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

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

Regulering av vassdraget til kraftproduksjon fører til endret vannføring i hele Otra. Vintervannføringen er økt, flommene er dempet og sommervannføringen er lav på flere elveavsnitt. Minstevannføringen på enkelte strekninger oppstrøms Venneslafjorden er 0 m³/s. Det vil si at elva i perioder er helt tørrlagt på disse strekningene. Det gjelder spesielt oppstrøms Steinsfoss og Iveland kraftverk. Minstevannføringen ved Vigeland i nedre del er 50 m³/s både sommer og vinter. Hvis Otra var uregulert ville midlere lavvannføring ved utløpet være omkring 13 m³/s (Hindar *et al.* 1991).



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



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

3.2. Brukerinteresser

Rekreasjon / friluftsliv

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

Fiske

Nedre Otra var tidligere en god lakseelv. Laksestatistikk fra 1876 til 1979 viser at rapporterte fangster har vært oppe i over 5 tonn pr. år. I 1939 ble det påvist stor tetthet av lakseunger og aure nedstrøms Hunsfoss. Ved diverse undersøkelser i perioden 1957-1988 er det ikke blitt påvist laks- eller aureunger i elva (Brabrand 1989). Den gamle laksebestanden regnes som utryddet på grunn av sur nedbør og industriforurensninger. I de senere år har fisket etter laks og sjøaure tatt seg noe opp igjen. I perioden 1993-1995 ble det tatt hhv. 2.1, 4.0 og 2.4 tonn laks, samt hhv. 160, 170 og 200 kg sjøaure i elva (tall fra Fylkesmannen i Vest-Agder). Laksen som går opp i Otra er vill laks fra andre elver, rømt oppdrettslaks eller laks som er satt ut i Otra som smolt (Brabrand 1989).

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

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

Kraftproduksjon

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden ca. 1900. Hindar og Grande (1987) og Hindar *et al.* (1991) gir en oversikt over reguleringsinngrep, krav til minstevannsføringer i hele Otra og en oversikt over utbygde kraftverk i nedre del av Otra. I 1995 ble det nye Hekni kraftverk på grensen mellom kommunene Valle og Bygland satt i drift. Elvekraftverket medfører redusert vannføring i Otra på en 5 km lang strekning mellom Straume og Langeid (like oppstrøms overvåkingsstasjonen på Ose).

Vannforsyning

Byglandsfjorden er drikkevannskilde for flere tettsteder i Bygland kommune. En del boliger i spredt bebyggelse langs den øvre delen av Otra har også direkte vannuttak i hovedvassdraget. Forurensning har gjort vannet i Otras nedre deler uegnet til drikkevann. Vennesla kommune har drikkevannsforsyning fra grunnvannsbrønn på Drivenesøya nord i Venneslafjorden. Elva nyttes i noen grad til jordbruksvanning og til prosessvann for industrien.

Resipientbruk

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

3.3. Forventet naturtilstand

Hindar *et al.* (1993) benyttet følgende bakgrunnsverdier for organisk stoff (KOF) og totalfosfor (Tot-P) i elva: KOF_{Mn}: 2 mg O/l, Tot-P: 3 µg/l.

3.4. Forurensninger

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

Industriutslipp

Med etableringen av en avskjærende industriavløpsledning i juni 1995 ble alle sure utslipp og ca. 80% av KOF-utslippene fra industrien i Vennesla ført direkte til Kristiansandsfjorden. Etter planen skal alt prosessvann kunne gå i ledningen i løpet av 1997. Dette tiltaket representerte en umiddelbar avlastning av Otra som resipient, noe som vil ha stor betydning for de biologiske og trivselsemessige forholdene i nedre Otra. Tabell 2 viser tillatt produksjon og utslipp fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard i 1995.

Før etableringen av Otra-ledningen i 1995 ble utslippene av organisk stoff og sure forbindelser fra treforedlingsindustrien redusert tildels betydelig. Klororganiske forbindelser, AOX, ble faset ut i løpet av 1993. På tross av utslippsreduksjonene påvirket organisk stoff og surt avløpsvann fortsatt i flora og fauna i de nedre delene av vassdraget inntil 1995. De viktigste konsekvensene var blant annet soppbegroing i elva og endret bunndyrfauna.

Tabell 2. Produksjon og utslipp fra de to største industribedriftene i nedre Otra. Tall basert på egenkontrollrapporter for 1995 innlevert til SFT.

Bedrift	Produkt	Maks. tillatt prod. (tonn/år)	Utslipp 1995	
			KOF (tonn O/år)	Susp. mat.(tonn/år)
Hunsfos Fabrikker	Cellulose	70000	13155	431
	Tremasse	48000		
	Papir	150000		
Norsk Wall- board	Trefiber- plater	50000	1547	99

Kommunal kloakk

Bosettingen i den øvre delen av nedbørfeltet utgjør ca. 7 500 personer, vesentlig konsentrert til tettstedene Hovden, Bykle, Valle, Rysstad, Bygland, Byglandsfjord og Evje. Bortsett fra Bygland har disse tettstedene kommunale renseanlegg (Hindar *et al.* 1993).

I nedre del av Otra bor det omlag 11 500 personer knyttet til tettstedene Vennesla, Mosby og Strai. Den totale forurensningsproduksjonen fra befolkningen i denne delen av Otra ble av Grande *et al.* (1982) beregnet til 5 tonn fosfor og 25 tonn nitrogen. Innenfor Vennesla kommune ble det i perioden 1992-1995 gjennomført sanering av utslipp og rehabilitering av ledningsnett for omlag 10.000 personekvivalenter. Pr. 1995 har Hunsfos Fabrikker også koplet store deler av sanitæravløpet til kommunalt nett. Med dette er tilnærmet all kloakk fra kommunen koplet opp mot Odderøya renseanlegg i Kristiansand. Det forekommer imidlertid en del overløp og lekkasjer fra ledningsnettet langs hele strekningen fra Vennesla til sjøen.

Landbruksavrenning

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

Langtransportert forurenset luft og nedbør

Gunstige geologiske forhold og relativt liten belastning av forsurende forbindelser med nedbør har ikke ført til alvorlig forsuring øverst i vassdraget (Hindar og Grande 1987). Midtre og nedre deler av nedbørfeltet til Otra er sterkt belastet av forurenset luft og nedbør. Berggrunnen i disse områdene er dessuten tungt nedbrytbar og har liten evne til å nøytralisere sur nedbør. Vassdraget er derfor markert forsuret fra Valle og nedover. Terskelområdene ved Valle har sterkt redusert vannføring pga regulering og er spesielt utsatt for forsuring under nedbørepisoder. I OTRAS nedre deler er belastningen av forurenset nedbør størst, men her er nedbørfeltet relativt lite, slik at tilførselen til vassdraget blir beskjeden. Et unntak er elvestrekninger med fastsatt minstevannføring pga regulering. Her kan lokal tilrenning forsure vannet slik at det sannsynligvis ikke gir levelige vilkår for fisk.

Vassdragsreguleringer - innvirkning på resipientforholdene og tilgroing.

Reguleringen av vassdraget påvirker forurensningseffektene ved at vannføringen (fortynningsvolumet) i ulike vassdragsavsnitt endres. Relativt høy minstevannføring (50 m³/s) om sommeren reduserer effektene av industriutslippene betydelig i de nedre delene av vassdraget. På strekninger med lav minstevannføring, f.eks mellom Kilefjorden og Steinsfoss er resipientkapasiteten betydelig redusert (Hindar 1994).

Vassdraget er på visse strekninger, særlig i Valle, preget av betydelig tilgroing av vannplanten krypsiv (*Juncus bulbosus*). Tilgroingen er særlig stor i områder med stabilisert vintervannstand, som terskelbassenger og strekninger nedstrøms kraftverk. Reguleringer vurderes å være hovedårsaken til problemveksten i Otra. I 1996 vil det bli foretatt mekanisk fjerning av krypsiv i Valle ved hjelp av en vanngående slåmaskin.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

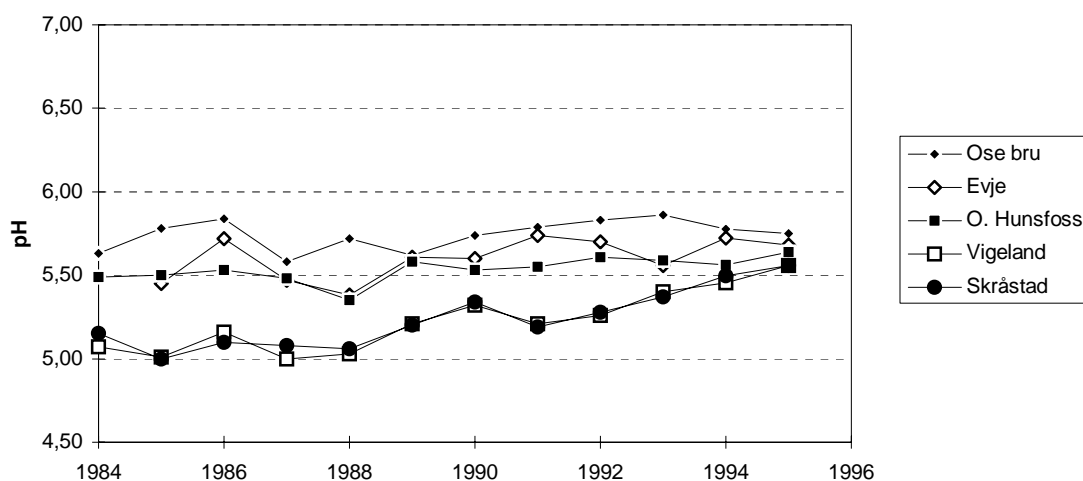
4.1. Fysisk/kjemiske forhold

Forsuring.

Sulfatkonsentrasjonen i de fleste sørlandsvassdrag er en indikator på tilførslene av sterke syrer fra langtransporterte forurensninger. Surheten i vassdragene bestemmes av svovel- og nitrogenforbindelser som tilføres med nedbøren. Svovelinnholdet i nedbøren over Norge har avtatt med omlag 40% siden 1980 (SFT 1995). Utslipp og tilførsler av nitrogenforbindelser har imidlertid ikke endret seg i samme periode, og nitrogenforbindelsene betyr derfor stadig mer for forsuringssituasjonen i Sør-Norge.

Årsmiddelkonsentrasjonen av sulfat ved de to øverste stasjonene, Ose og Evje, har vist en avtakende tendens i perioden 1992-1995 (vedlegg 6.3). Som i tidligere år avtok middelkonsentrasjonen av sulfat i 1995 med avstand fra kysten (2,9, 1,6 og 1,3 mg/l ved hhv. Skråstad, Evje og Ose). Forholdet skyldes at de kystnære områdene mottar mer sulfat både i form av sjøsalter og som nedfall av langtransporterte forurensninger. Eksempelvis avsettes det 3 ganger så mye langtransportert sulfat (sjøsaltkorrigert) i Birkenes, ca. 2 mil fra kysten, sammenlignet med Vatnedalen øverst oppe Otra-vassdraget (SFT 1995).

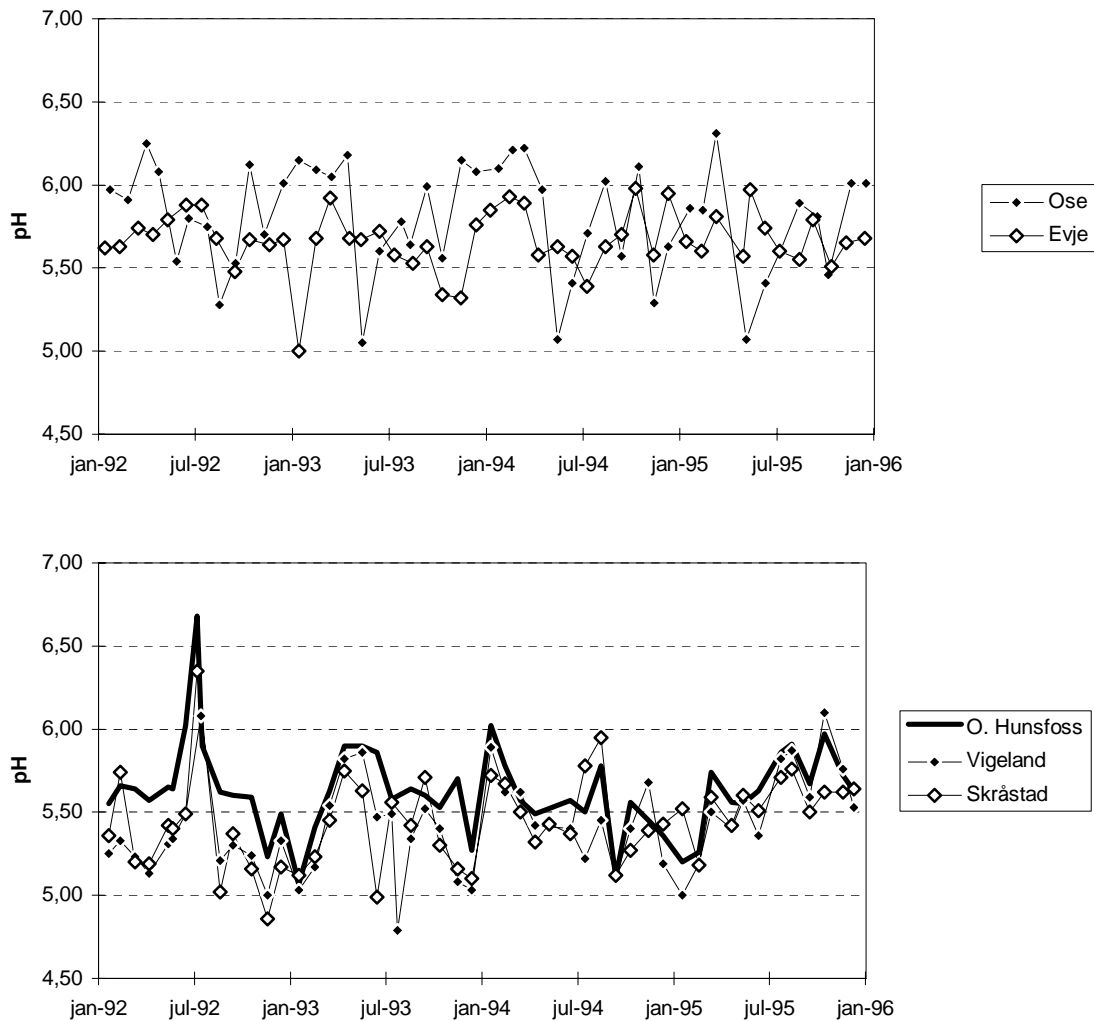
pH-verdien i den øvre delen av vassdraget (Ose og Evje) har holdt seg forholdsvis konstant på 5,7-5,8 som årsmiddel i perioden 1992-1995 (figur 2). De lavest målte pH-verdiene ved Ose og Evje i samme periode var hhv. 5,1 og 5,0. Det kan generelt registreres en større pH-variasjon ved Ose gjennom året sammenlignet med Evje (figur 3). Dette skyldes i hovedsak Byglandsfjordens utjevneende virkning på vannkvaliteten nedstrøms. Ved Ose vil dessuten pH i elva i stor grad variere i forhold til kjøringen av Brokke kraftverk, som regulerer store deler av tilsiget som kommer fra den øvre delen av Otra. Den gunstigste vannkvaliteten ved Ose opptrer i så måte når det tappes fra de store og forholdsvis godt bufrede reguleringsmagasinene i nord (Traaen og Johannessen 1987).



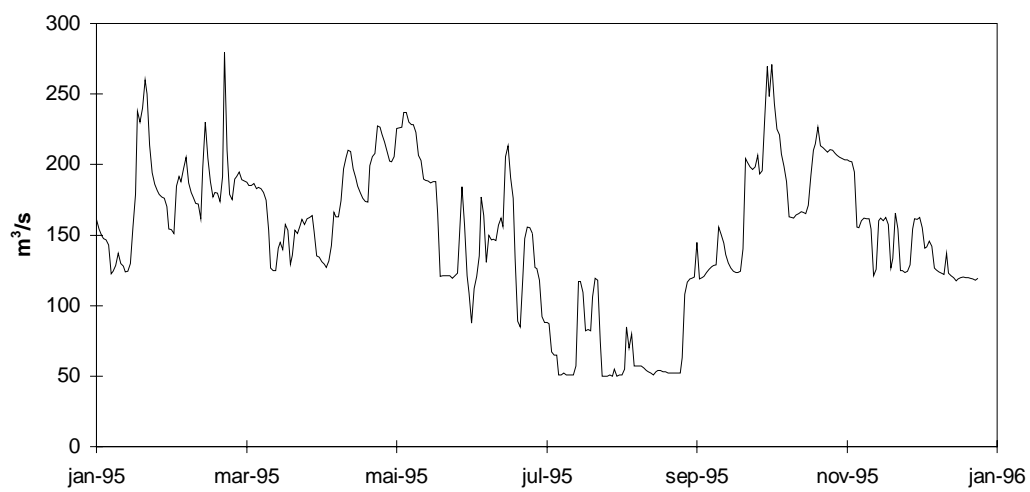
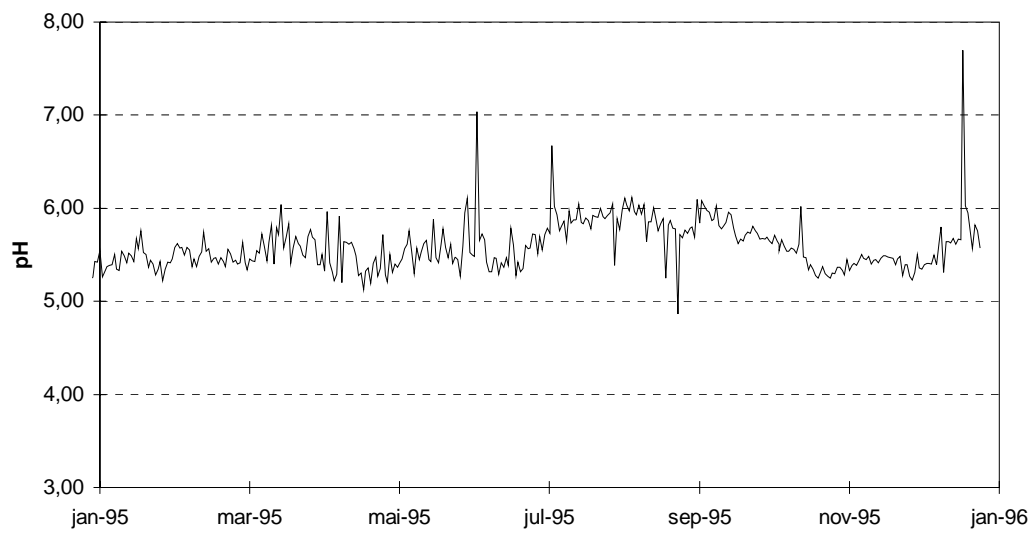
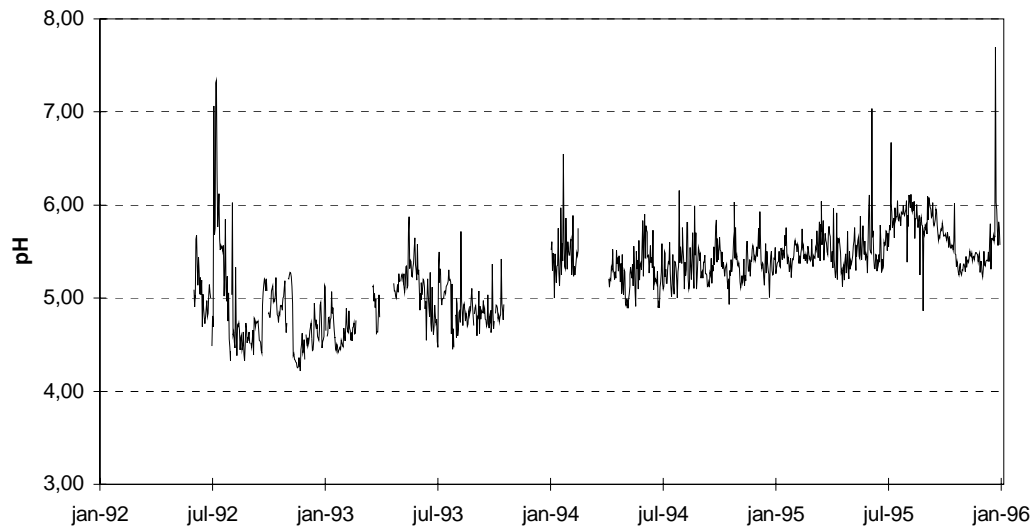
Figur 2. Årsmiddel-pH på stasjonene Ose, Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1984-1995.

Ved Vigeland og Skråstad, som begge ligger nedenfor industribedriftene i Vennesla, har årsmiddel-pH i løpet av perioden 1992-1995 økt fra omkring 5,3 til rundt 5,6 (figur 2). pH-verdiene i denne delen av vassdraget begynner med dette å komme opp på samme nivå som referansestasjonen rett oppstrøms industribedriftene, som også hadde 5,6 som årsmiddel i 1995. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i pH ved de tre nederste stasjonene i 1995 (toveis variansanalyse, 95% konfidensnivå).

Etter at den avskjærende industriavløpsledningen ble tatt i bruk sent i juni 1995, skal alle syreutslipp fra industrien heretter ledes utenom elva. Som det framgår av figur 3 har reduserte syreutslipp i perioden 1992-1995 medført at pH-kurvene for Vigeland og Skråstad gradvis har nærmet seg referansestasjonen oppstrøms Hunsfoss. Fra og med juli 1995 var pH-kurvene for referansestasjonen, samt Vigeland forholdsvis like. Ved Skråstad ble det imidlertid i oktober samme år registrert tildels betydelig lavere pH enn ved de to førstnevnte stasjonene. Lignende avvik mellom Vigeland- og Skråstad-stasjonen er registrert tidligere og skyldes trolig tilførsler av store mengder surt vann fra lokalfeltet mellom de to stasjonene.



Figur 3. pH på stasjonene Ose, Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1995.

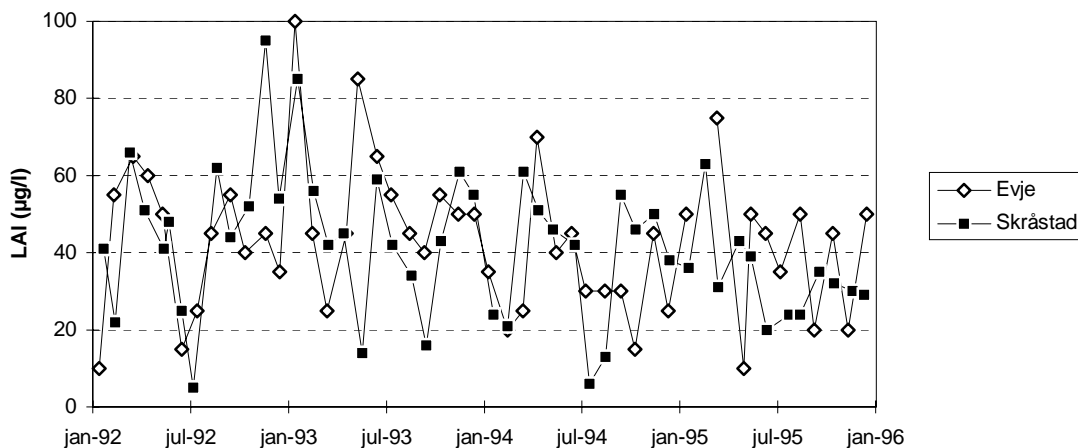


Figur 4. Øverst: Kontinuerlig måling av pH ved Vigeland 1992-1995. Midten: 1995. Nederst: Vannføring ved NVE's målestasjon ved Vigeland i 1995 (NVE 1996).

Resultatene fra den kontinuerlige pH-overvåkingen ved Vigeland viser at pH-verdiene i elva generelt sett har steget i perioden 1992-1995. (figur 4). Siden 1994 er det svært sjelden registrert pH-verdier under 5,0, og fram til og med juni 1995 har verdiene stort sett svinget rundt 5,5. Påkoplingen til Otra-ledningen i slutten av juni falt sammen med en generell pH-stigning i elva, slik at det er vanskelig å anslå momentaneffekten av tiltaket. pH-stigningen i elva fortsatte utover i juli, sannsynligvis som følge av det varme og tørre været på denne tiden. Ved Hannåsmyran nedbørstasjon i Evje og Hornnes kommune var eksempelvis nedbøren i juli og august bare hhv. 54 og 11% av normalen (DNMI 1996). Da det startet å regne i september og oktober, avtok pH i elva til et nivå omkring 5,2-5,3.

Tilkoplingen av industriavløpsledningen synes å ha medført mindre variasjon i pH, sammenlignet med perioden før tiltaket. Ved et par anledninger i 1995 (både før og etter tiltaket) ble det registrert unormalt høye pH-verdier i elva (7,5-8,0). Det er uklart om dette stammer fra industrien eller om det skyldes andre forhold. Unaturlig høye pH-verdier i elva kan medføre stress på vannlevende organismer, og ved pH-verdier opp mot 9 vil det kunne oppstå giftvirkninger.

Den kontinuerlige pH- registreringer ved Vigeland avdekket i 1995 ingen ekstreme forsuringsepisoder ($\text{pH} < 5,0$) i løpet av den tiden laksen vanligvis smoltifiserer (mars-juni). Det generelle pH-nivået er imidlertid for lavt til at en kan forvente naturlig reproduksjon av laks i elva. De tydeligst avgrensede forsuringsepisodene i 1995 ble registrert ved lave vannføringer i slutten av juli og i august. Når det gjelder andre vannlevende organismer i elva enn laks, kan en fortsatt pga. den generelle forsuringen forvente en favorisering av forsuringstolerante arter. Dette blir utdypet i avsnittene 4.2-4.4, som omhandler hhv. bunndyr, begroing og høyere vegetasjon i Otra.



Figur 5. Variasjon av labilt aluminium (LAI) ved Evje og Skråstad 1992-1995.

I Norge er aluminium sannsynligvis den viktigste enkeltårsak til forsuringsskader på vannlevende organismer. Den uorganiske labile fraksjonen (LAI), som øker ved synkende pH, har vist seg å være den giftige aluminiumsformen. 50 µg LAI/l blir ofte brukt som en veiledende grenseverdi mht. skader på innlandsfiskebestander. Konsentrasjonen av labilt aluminium kan imidlertid ikke benyttes alene som mål på vannets eventuelle giftighet for

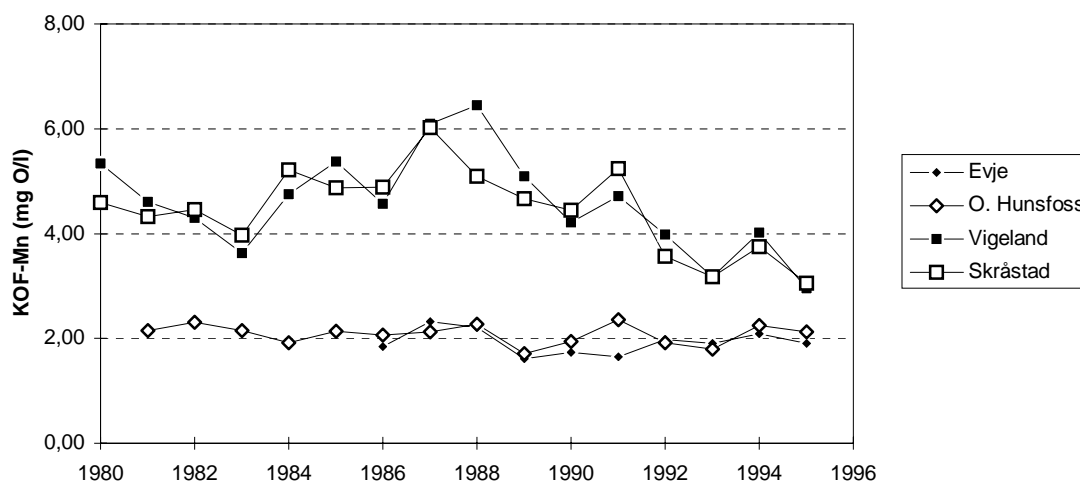
fisk. Den må ses i sammenheng med andre viktige variable som surhet (pH), innhold av organisk stoff og oppløste salter i vannet. Eksperimentelle undersøkelser med laks har vist at denne arten setter betydelig høyere krav til vannkvaliteten enn innlandsfiskebestandene, spesielt under smoltifiseringsperioden, da en LAI mellom 15 og 25 µg/l kan være kritisk ved pH under 6,0 (Kroglund *et al.* 1994, Staurnes *et al.* 1995).

Middelkonsentrasjonen av LAI ved Evje og Skråstad var i 1995 hhv. 40 og 35 µg/l (vedlegg 6.2). I perioden 1992-1995 lå konsentrasjonene ved de to stasjonene gjennomgående mellom 20 og 60 µg/l (figur 5), men det ble også registrert høyere verdier i forbindelse med forsuringsepisoder: Vinteren 1991/92 ble det funnet LAI-konsentrasjoner på opp mot 100 µg/l ved begge stasjoner.

På grunn av forholdsvis godt bufret vann i den øvre delen av vassdraget har Otra mindre surt vann enn andre store lakseførende vassdrag på Sørlandet. Den lakseførende delen av elva har likevel til tider konsentrasjoner av labilt aluminium som overstiger nivåer som tidligere er ansett å være skadelig for laksesmolt. I og med at aluminiumsmålingene er basert på månedlige stikkprøver, fanger målingene sannsynligvis ikke inn de virkelige maksimumsverdiene i elva. Dersom en sammenholder resultatene med kontinuerlige pH-data fra Vigeland vil en imidlertid få et forholdsvis godt bilde av situasjonen.

Organisk stoff

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

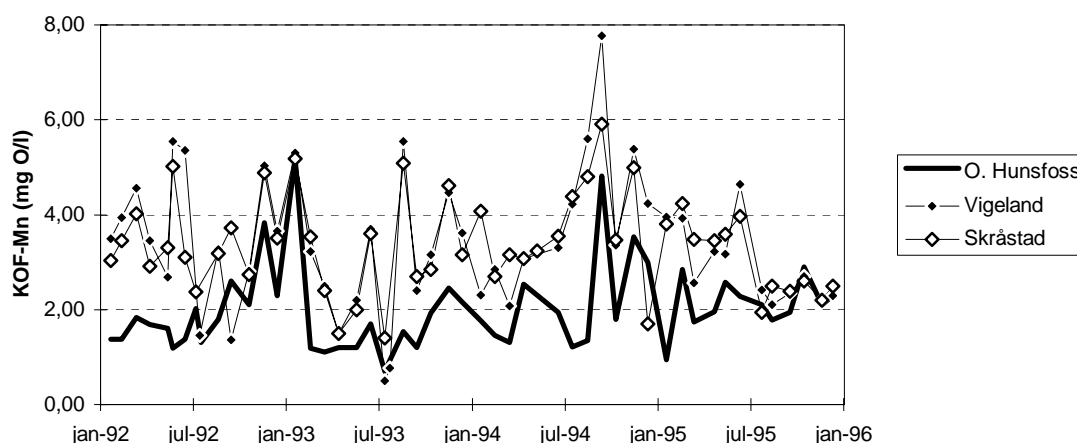


Figur 6. Årsmiddelkonsentrasjoner av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1980-1995.

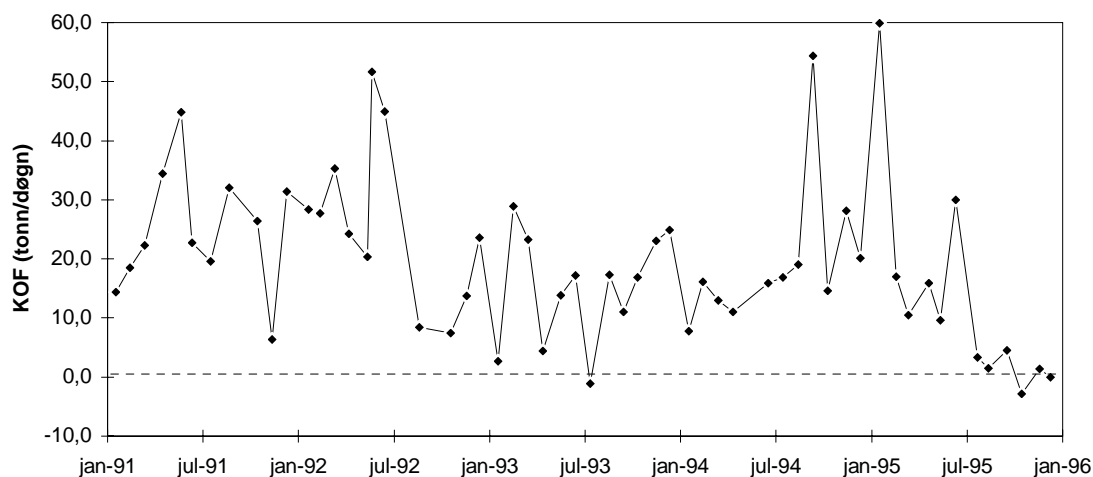
Ved Evje og på stasjonen rett oppstrøms Hunsfoss har årsmiddelkonsentrasjonene av KOF ligget forholdsvis stabilt på 1,8-2,2 mg/l i perioden 1992-1995 (figur 6). Ved Vigeland og Skråstad har det gjennomgående vært en reduksjon i samme tidsrom, med unntak av 1994 da konsentrasjonene gikk noe opp. I 1995 var middelkonsentrasjonen ved de to stasjonene 3,0 mg/l, mot noe over 2 mg/l på referansestasjonen oppstrøms industribedriftene. Dersom en ser på det siste halvåret (etter ledningstiltaket) isolert, lå KOF-konsentrasjonene ved Vigeland og Skråstad da kun 7% over referansestasjonen.

Figurene 7 og 8 viser tydelig effekten av ledningstiltaket fra og med juli 1995. I sistnevnte figur er det beregnet transport av KOF mellom utløpet av Venneslafjorden og Vigeland ved å veie KOF-målingene (12 pr. år) mot vannføringen ved Vigeland de aktuelle dagene. Dersom en trekker transporten ved referansestasjonen fra transporten ved Vigeland får en et omtrentlig mål på bidraget fra industribedriftene i området på det tidspunktet prøvene ble tatt. Basert på vannprøvene som er tatt i perioden 1991-1995 er det estimert en gjennomsnittlig KOF-belastning på hhv. 25, 26 15, 20 og 13 kg O/døgn i de fire årene.

På grunn av begrenset kapasitet på Otra-ledningen, vil noe av prosessvannet og i størrelsesorden 20% av KOF-utslippene fra Hunsfos Fabrikker fortsatt gå til Otra i noen tid. Bedriften har som mål å redusere vannforbruket internt i bedriften, slik at alt prosessvann vil kunne gå i ledningen i løpet av 1997.



Figur 7. Konsentrasjon av organisk stoff, målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1995.

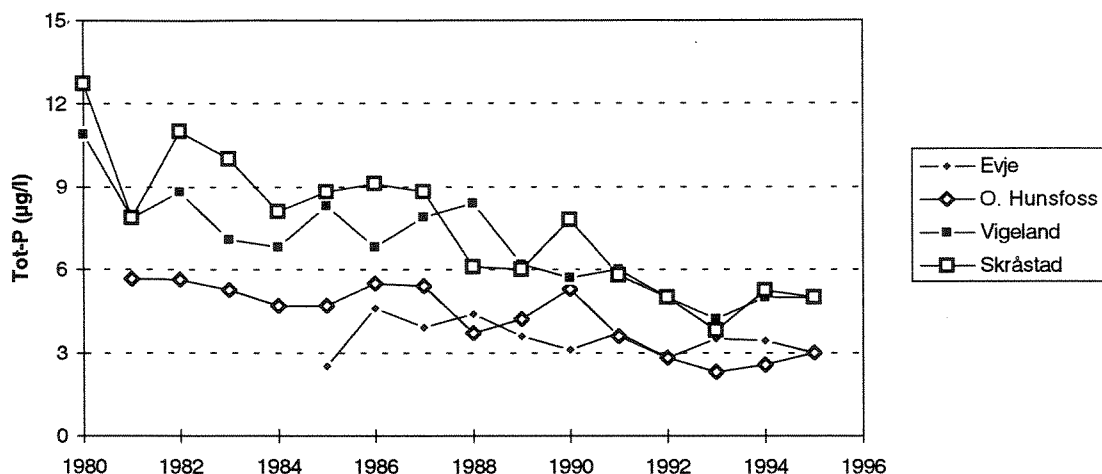


Figur 8. Estimert KOF-bidrag fra industrien mellom utløpet av Venneslafjorden og Vigeland 1991-1995. Basert på KOF-konsentrasjon i vannprøver og vannføringsdata fra NVEs målestasjon ved Vigeland.

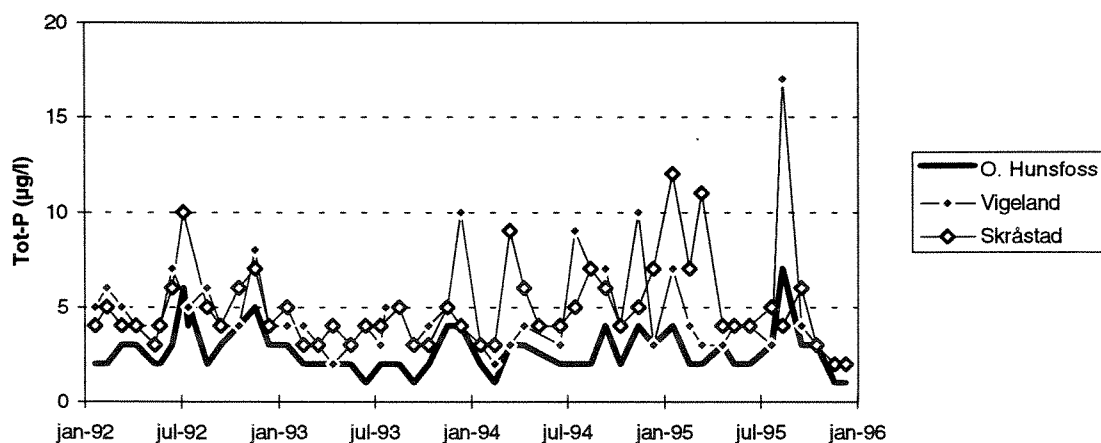
Næringsssalter

Det ble registrert forholdsvis små endringer i årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor ved overvåkningsstasjonene i perioden 1992-1995 (figur 9). I tiårsperioden før dette var det klare reduksjoner i fosfor-konsentrasjonen fra og med Venneslafjorden. Etter at det er gjennomført betydelige forurensningsbegrensende tiltak på kommunal sektor (avsn. 3.4), har årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor de siste 3-4 årene ligget omkring 3-5 $\mu\text{g/l}$ nedstrøms Vennesla. Dette er opptil 2 $\mu\text{g/l}$ høyere enn antatt naturtilstand for vassdraget (Hindar *et al.* 1993). På stasjonen oppstrøms Hunsfoss synes vannkvaliteten å ha stabilisert seg omkring 3 $\mu\text{g/l}$, som er identisk med den antatte naturtilstanden for vassdraget. Biologisk opptak og sedimentasjon bl.a. i Venneslafjorden er sannsynligvis viktige prosesser som forklarer den lave fosforkonsentrasjonen ved denne stasjonen.

Figur 10 viser variasjon i konsentrasjonen av total fosfor ved de tre nederste stasjonene i vassdraget. Venneslafjorden har tydelig en utjevneende effekt på vannkvaliteten rett oppstrøms Hunsfoss, mens variasjonen øker nedover i elva, ved Vigeland og ved Skråstad. Spesielt i 1994 og de første tre månedene i 1995 ble det registrert stor variasjon ved disse stasjonene. Overløp/lekkasjer fra det kommunale ledningsnettet kan være én årsak til dette. Når det gjelder vannkvaliteten på Skråstad er det tidligere også antydnet en mulig sammenheng mellom de tidvis høye fosforkonsentrasjonene og gravearbeider i forbindelse med legging av Otra-ledningen (Kaste *et al.* 1995). Ellers i 1995 ble det i august registrert en svært markert fosfortopp ved Vigeland. Episoden opptrådte i en tørrværsperiode med stabil vannføring (DNMI 1996, NVE 1996), og sammenfalt dessuten med en mindre økning i fosfor-konsentrasjonen i utløpet av Venneslafjorden. Den direkte årsaken til forholdet er ikke klarlagt.



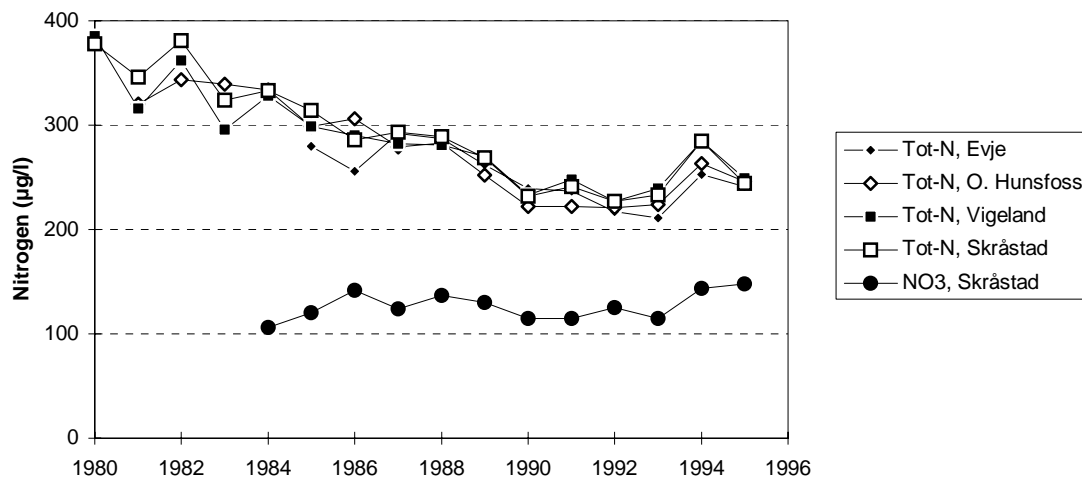
Figur 9. Årsmiddel-konsentrasjoner av total fosfor på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1980-1995.



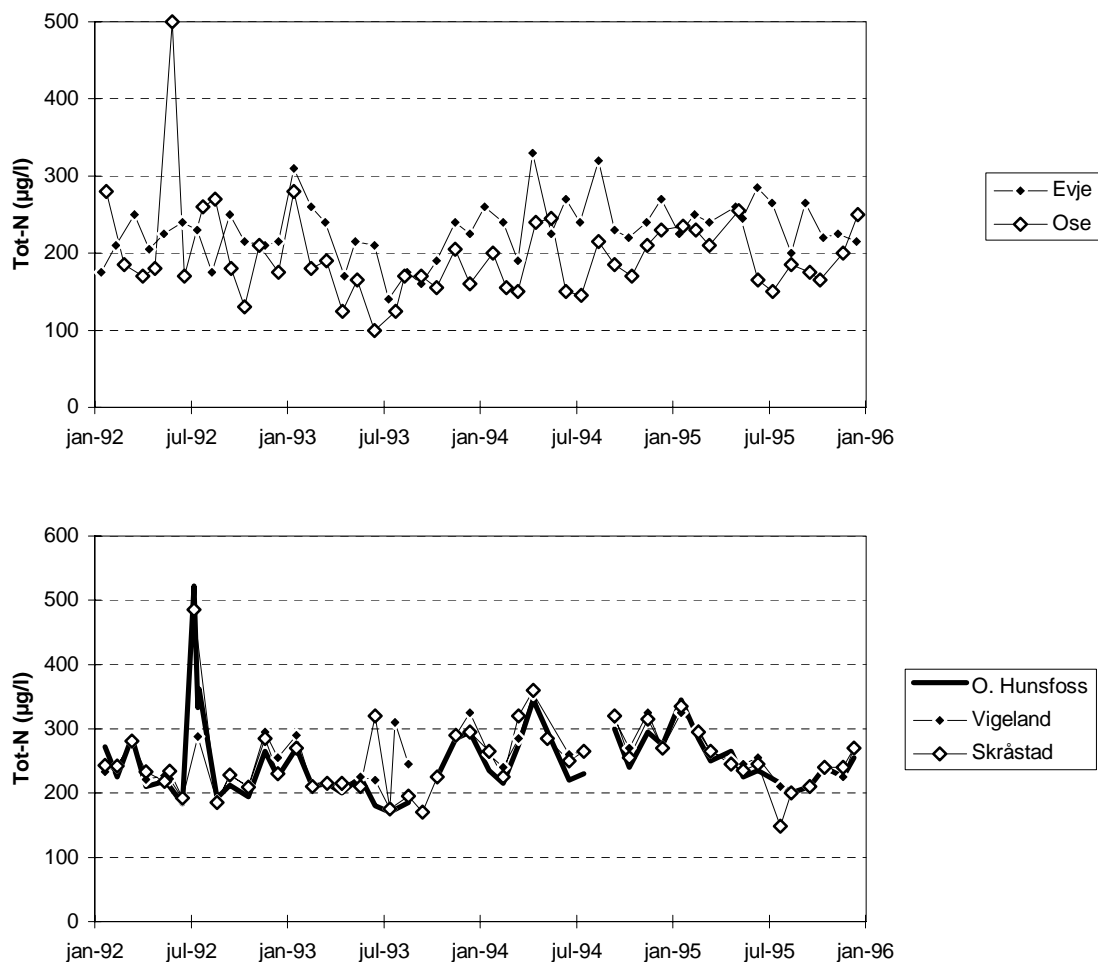
Figur 10. Konsentrasjon av total fosfor på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1995.

Konsentrasjonen av nitrogen var i 1995, som i tidligere år, svært lik ved stasjonene fra Evje og nedover. Ved Ose, oppstrøms Byglandsfjorden, har nitrogenkonsentrasjonen i de senere år ligget noe lavere enn ved de øvrige stasjonene. Dette har sammenheng med generelt mindre nedfall av nitrogen med nedbøren i de nordligste områdene av nedbørfeltet (SFT 1995). I 1994 ble det for første gang siden 1982 registrert en generell økning i nitrogenkonsentrasjonen ved samtlige målestasjoner i Otra (Kaste *et al.* 1995). Dette synes foreløpig ikke å være et ledd i noen trend, da middelveidene gikk noe ned igjen i 1995. 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).

Nitrogenkonsentrasjonen i vassdraget varierer i et forholdsvis uryddig mønster over året, noe som ofte er vanlig i store, reguleringspåvirkede vassdrag. Generelt sett vil tilbakeholdelsen av nitrogen i vassdrag være størst under veskstsesonen i sommerhalvåret. Fra Evje til Skråstad skjer det svært lite med nitrogen-konsentrasjonen i elva. Dette viser at nitrogenilførsler fra lokale forurensningskilder ikke overstiger elvas selvrensingsevne.



Figur 11. Årsmiddelkonsentrasjon av total nitrogen på stasjonene Evje, Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad i perioden 1980-1995. Middelkonsentrasjonen av nitrat er vist for stasjonen Skråstad (nederste linje i figuren).



Figur 12. Konsentrasjoner av total nitrogen ved stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss, Vigeland og Skråstad 1992-1995.

4.2. Bunndyr

Innledning

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

Sammensetningen av et dyresamfunn på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange populasjonene i et samfunn har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil også bunndyrsamfunnet endres. Ved å analysere bunndyrsamfunnets sammensetning vil det derfor være mulig å få fram informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten (Aanes og Bækken 1989). Bunndyrene gir gjennom sitt livsløp et integrert bilde av forholdene i vassdraget over lengre tid. Vi får frem en samlet effekt av alle miljøfaktorene som påvirker vannkvaliteten på prøvetakingsstedet. Oversikt over metoder og prøvetakingssteder er gitt i avsnitt 2.3.

Oppstrøms Hunsfoss

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble hentet inn i 1995 er vist i tabell 3 og 4. Dataene er sammenstilt med tilsvarende resultater fra perioden 1987 til 1994. Oppstrøms Hunsfoss har fjærmygglarver vært den dominerende bunndyrgruppen i materialet i undersøkelsesperioden (tabell 3). Andre vanlige grupper var rundmarker, børstemarker, vannmidd, steinfluer, vårfluer og knott. I materialet fra årene 1991 til 1993 manglet larver av knott mens gruppen er registrert i materialet fra denne stasjonen de to siste årene. Resultatene fra bearbeidelsen av materialet fra 1994 viste at døgnfluene da var borte fra bunnfauunaen på stasjonen oppstrøms Hunsfoss slik den også var i 1992. I materialet fra 1995 ble det funnet en enkelt døgnfluelarve. Tettheten av bunndyr var på denne stasjonen i 1995 betydelig lavere enn tilsvarende prøve året før. Ofte vil antall individer i de enkelte bunndyrgruppene variere noe fra år til år (tabell 3). Her har prøvetakingstidspunkt og forhold som tidspunktet for flom, vannføring og vanntemperatur mm. betydning for tilvekst, eggklekking og flygeperiode for insektene som har en larveutvikling i vassdraget. Det skal også legges til at tettheten av bunndyr var særlig høy under prøvetakingen i 1994 og sammenlignet med tidligere år er forskjellene ikke så store. Variasjonene med hensyn på dominansforhold og det bilde materialet gir av miljøforholdene på stasjonene synes å ligge innenfor naturlige populasjonssvingninger.

Døgnfluefaunaen, en viktig gruppe i bunndyrsamfunnet når miljøtilstanden skal beskrives, besto i perioden 1987-1991 utelukkende av arten *Leptophlebia vespertina* (tabell 4). At denne arten var borte fra materialet i 1992 og 1994 kan være knyttet til tilfeldigheter under prøvetakingen (bl.a. vannstand- temp. mm.), men populasjonen ser ut til å være liten. *Leptophlebia vespertina* er først og fremst en innsjøart, men vil ofte være å finne i elver nedstrøms innsjøer. Den er også en av de få døgnflueartene som er meget tolerant overfor surt vann (Bækken og Aanes, 1990). I forsurede elver ser en ofte at mengden av *Leptophlebia vespertina* øker, mens den øvrige døgnfluefaunaen forsvinner. En nær beslektet art fra slekten *Paraleptophlebia sp.* ble registrert på stasjonen oppstrøms Hunsfoss i 1995.

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

	Oppstrøms Hunsfos										Nedstrøms Vigeland									
	87	89	90	91	92	93	94	95	87	89	90	91	92	93	94	95				
År:	87	89	90	91	92	93	94	95	87	89	90	91	92	93	94	95				
Rundmarker	44	120	20	32	32	48	112	5	44	232	56	208	80	128	224	51				
Børstemarkar	108	72	24	56	96	176	176	83	352	1920	568	256	288	608	320	557				
Iglar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	3				
Vannmidd	104	304	108	152	272	160	288	131	32	152	28	48	32	288	128	167				
Døgnfluer	120	72	8	40	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
Steinfluer	20	24	12	22	0	200	448	122	8	0	8	0	0	48	64	36				
Billar, larver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	112	112	0	6				
Billar, voksne	0	0	0	0	0	0	0	0	12	16	8	0	16	16	0	12				
Vårfluer	128	48	24	64	48	64	64	57	0	0	0	0	0	32	2	33				
Knot	4	16	4	0	0	0	48	5	4	0	0	0	0	0	0	0				
Fjærmygglarver	1248	3664	740	984	1152	944	2144	280	1056	344	1520	2048	1248	1440	7680	708				
Fjærmyggpupper	16	16	8	0	0	16	16	0	20	8	16	96	0	32	96	47				
Andre tovinger	28	40	4	0	0	16	16	0	4	0	8	0	16	16	0	9				
Sum	1820	4376	952	1350	1600	1632	3328	684	1532	2680	2212	2848	1840	2720	8516	1629				
Antall gr.	9	9	97	5	8	8	8	8	8	5	7	5	8	8	6	9				

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

	Oppstrøms Hunnsfoss										Nedstrøms Vigeland					
	87	89	90	91	92	93	94	95	87	89	90	91	92	93	94	95
Døgnfluer																
<i>Leptohplebia vespertina</i>	120	72	8	40	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraleptophlebia</i> sp.								1								0
Steinfluer																
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	0	0	0	0	0	8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leuctra fusca</i>	20	24	8	22	0	192	432	120	8	0	8	0	0	48	64	35
Vårfluer																
<i>Oxyethira</i> sp.	48	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	48	16	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	32	16	0	40	48	40	56	23	0	0	0	0	0	16	1	2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	0	0	0	24	0	8	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydropsyche</i> sp.	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae indet.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0
<i>Athripsodes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22
<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9

Blant steinflueartene var *Leuctra fusca* den vanligste (tabell 4). Arten var tilstede i bunndyrmaterialet fra 1991, men ikke i 1992, og kommer fra 1993 tilbake i bunndyrsamfunnet på denne stasjonen. Denne arten er tolerant overfor forsurening. Det ble i 1993 registrert en ny steinflueart på st. oppstrøms Hunsfoss, nemlig *Taeniopteryx nebulosa*. Denne var også tilstede i materialet fra 1994, men ikke i 1995.

Vårfluefaunaen (tabell 4) besto av arter som alle har toleranse overfor surt vann. Med unntak av *Oxyethira sp.* som ble funnet i materialet fra årene 1987 og 1989 er alle de registrerte artene nettspinnende. De lager nett som filtrerer næringspartikler ut av vannmassene. Artene er spesielt vanlige ved utløp av innsjøer der de filtrer partikler (plankton) som driver ut av innsjøen. Vårfluefaunaen domineres av arten *Polycentropus flavomaculatus*. Ellers ble det i materialet registrert artene *Neuroclipsis bimaculata* og *Athripsodes sp.*, den siste er ikke tidligere funnet på denne stasjonen.

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

Nedstrøms Vigeland

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet som ble hentet inn i 1995 nedstrøms Vigeland er vist i tabell 3 og 4. Dataene er sammenstilt med tilsvarende resultater fra perioden 1987 til 1994. Bunndyrtettheten var også på denne stasjonen langt lavere enn ved tilsvarende prøvetaking i 1994 (tabell 3). Dette skyldes som for stasjonen oppstrøms Hunsfoss en langt lavere tetthet av fjærmygglarver ved årets prøvetaking, men fremdeles er denne dyregruppen den dominerende i bunndyrmaterialet fra disse to stasjonene. Døgnfluer var representert på denne stasjonen tidligere, men ble ikke påvist i bunndyrprøvene fra perioden 1983-1986 (Laake 1976). I perioden 1987-1994 er det heller ikke registrert døgnfluellarver på denne stasjonen (Hindar og Grande 1987).

Fåbørstemark utgjorde i 1994 bare 4 % av bunnfaunaen på denne stasjonen ved prøvetakingen i juli. Året etter har denne dyregruppens forekomst i bunndyrsamfunnet nedstrøms Vigeland økt til 34 %. Denne gruppen har også tidligere utgjort en betydelig del av bunnfaunaen på denne stasjonen (tabell 5). I 1989 var fåbørstemark den klart dominerende bunndyrgruppen på denne stasjonen og utgjorde 72 % av bunndyr materialet dette året. Når fjærmygg og fåbørstemark har en slik dominans i bunndyrsamfunnet er det en sterk indikasjon på at det er en betydelig overbelastning av selvrensingsprosessene i vassdraget og at dette skyldes store tilførsler av organisk materiale. Dette fører blant annet til at mange av de andre dyregruppene i bunndyrsamfunnet er slått ut. I tabell 5 er den prosentvise dominansen de to gruppene fjærmygg og børstemark har i bunnfaunaen sammenstilt for hvert år i perioden 1987 til 1995.

Av de andre gruppene i bunnfaunaen som en normalt skulle forvente å finne på stasjonen nedstrøms Vigeland manglet viktige grupper som døgnfluer og knottlarver. Antallet larver av vårfluer hadde økt fra kun to individer i materialet fra 1994 til 33 i 1995. Biller ble ikke registrert i materialet fra 1994, men var tilbake igjen i materialet fra denne stasjonen i 1995. Steinfluer er bare sporadisk funnet i materialet fra denne stasjonen, men synes nå siden 1993 å være et mere permanent innslag i bunnfaunasamfunnet på stasjonen nedstrøms Vigeland (tabell 3). Som i 1993 finner vi at steinfluer er representert i materialet

fra 1995 ved arten *Leuctra fusca* og gruppen vårfluer med artene *Polycentropus flavomaculatus* og en ubestemt art fra familien *Limnephilidae* (tabell 4).

Tabell 5. Fjærmygglarver og fåbørstemarks %- vise andel av bunnfaunaen på stasjonene: Oppstrøms Hunsfoss og på stasjonen nedstrøms Vigeland for perioden 1987 til 1995.

Oppstrøms Hunsfoss

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

Vigeland

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

Den reduserte bunnfaunaen som registreres på stasjonen nedstrøms Vigeland er samlet sett et resultat av den organiske belastningen i elva fra aktivitetene oppstrøms Vigeland. Lav pH har også en begrensende effekt på bunnfaunaen i denne delen av vassdraget. At vi nå i materialet ser en noe større variasjon i bunnfaunaen, (9 dyregrupper ble registrert i materialet fra 1995) kan tyde på en svak bedring i vannkvaliteten i den siste del undersøkelsesperioden (tabell 3, 4 og 5).

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

I det fiberrike bunnsusubstratet nedstrøms Vigeland vises dette ved en tett bestand av soppen *Fusarium sp.* De endrede forholdene som følger av forurensningene fra industrien oppstrøms reduserer den normale bunnfaunaen, men kan som vi ser favorisere 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, samtidig må disse dyregruppene tåle et redusert oksygeninnhold i vannet. Børstemarker 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 først og fremst å være et resultat av organisk forurensning. Bunndyrsamfunnet er 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 undersøkelser i 1988 (Brabrand 1989) ble det ikke påvist laks- eller aureunger på denne strekningen i Otra. Det er derfor et ubetydelig beitetrykk fra fisk på bunndyrsamfunnet på strekningen. Den relativt rike forekomsten av bl.a. fjærmygglarver nedenfor industribedriftene i Vennesla tyder på at det burde være tilstrekkelig næring for produksjon av noe laksefisk i området. Det gjelder iallfall i deler av året. Den raske veksten vi registrerte av utsatt bekkerøye tidlig på 1980-tallet (Boman og Grande 1985) tyder på dette.

Vassdraget nedstrøms Vigeland.

I tillegg til det materiale som har blitt beskrevet og vurdert i denne serien av rapporter om vannkvaliteten i nedre deler av Otra er det de siste årene også innsamlet et tilsvarende bunndyr- materiale i juli fra to stasjoner lengre nede i vassdraget. Dette er stasjonen ved Haus og en stasjon lengre nede lokalisert oppstrøms Skråstad. Resultatene fra disse prøvene som ble hentet inn i 1995 er vist i tabell 6 og 7.

Otra ved Haus.

Stasjonen ved Haus har et variert stensubstrat og gode strømforhold og skulle således gi grunnlag for et rikt og variert bunndyrsamfunn. Vegetasjonen på stasjonen er karakterisert ved et markert innslag av krypsiv og soppen *Fusarium sp.* med noe mose og algebegroing. Bunndyrtettheten var under prøvetakingen i juli noe lavere enn på stasjonen nedstrøms Vigeland, men har ellers mange likhetstrekk med denne stasjonen. Den noe lavere tettheten av bunndyr skyldes først og fremst at gruppen fåbørstemark er mye mindre på denne stasjonen enn på stasjonen nedstrøms Vigeland. Sammenligner vi disse to stasjonene har muslinger kommet til som en ny dyregruppe i bunnfaunaen på stasjonen ved Haus. Stasjonen viser gjennom sin oppbygning at vannkvaliteten er påvirket av store tilførsler av organisk materiale. Resipientkapasiteten på dette vassdragsavsnittet er sterkt overbelastet. Dyregruppen døgnfluer er ikke representert i materialet, og fåbørstemark og fjærmygglarver utgjør tilsammen 84 % av bunndyrene. Lokaliteten skulle normalt ha hatt en rik og variert bunnfauna med gode produksjonsforhold for yngel av både ørret og laks.

Oppstrøms Skråstad.

Stasjonen ligger rundt en øy ute i elven, og prøvetakingsforholdene er noe dårligere enn på stasjonene lengre oppe i Otra. Substratet er noe finere med en del innslag av sand og slam. Innsamlingsforholdene forklarer den noe lave tettheten av bunndyr. Sammensetningen av bunndyrsamfunnet har også her mange felles trekk med de to stasjonene oppstrøms. Det er en god variasjon i bunnfaunaen og sammensetningen avspeiler her et finere substrat og en noe lavere strømhastighet, men samtidig er det forhold i oppbygningen av samfunnet som indikerer en ytre miljøpåvirkning bl.a. knyttet til en organisk belastning. Døgnfluer er ikke representert i bunnfaunaen på denne stasjonen og larver av fjærmygg og føbørstemark utgjør tilsammen 85 % av bunndyrene.

Tabell 6. Bunnryksamfunnets sammensetning på stasjonene : Oppstrøms Hunsfos fabrikker, nedstrøms Vigeland, ved Haus og oppstrøms Skråstad i Otra 10.07. 1995. Antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

Stasjon	Oppstrøms Hunnsfoss	Nedstrøms Vigeland	Haus	Oppstrøms Skråstad
Rundmarker	5	51	8	8
Børstemarkar	83	557	171	146
Muslinger	0	0	3	0
Igler	0	3	5	11
Vannmidd	131	167	42	3
Døgnfluer	1	0	0	0
Steinfluer	122	36	75	3
Billar, larver	0	6	3	11
Billar, voksne	0	12	8	2
Vårfluer	57	33	44	23
Knott	5	0	0	0
Fjærmygglarver	280	708	788	293
Fjærmyggpupper	0	47	11	6
Buksvømmere	0	0	0	3
Andre tovinger	0	9-	4	17
Sum	685	1629	1162	526
Antall gr.	8	9	10	10

Tabell 7. Døgn-, stein- og vårfluearter registrert i materialet fra prøvetakings-stasjonene i Oтра: Oppstrøms Hunsfos fabrikker, nedstrøms Vigeland, ved Haus og oppstrøms Skråstad i Oтра 10.07. 1995, sammenlignet med tilsvarende data fra perioden 1993 til 1995. Verdiene angir antall dyr pr 3 ganger 1 min. sparkeprøve.

	Oppstrøms Hunnsfoss			Nedstrøms Vigeland			Haus		Oppstrøms Skråstad
	93	94	95	93	94	95		95	
Mnd : Juli	93	94	95	93	94	95		95	95
Døgnfluer									
<i>Leptohplebia vespertina</i>	8	0	0	0	0	0		0	0
<i>Paraleptophlebia</i> sp.			1			0		0	0
Steinfluer									
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	0	0	0	0	0	0		0	0
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	8	16	0	0	0	0		0	0
<i>Leuctra fusca</i>	192	432	120	48	64	35		75	3
Vårfluer									
<i>Oxyethira</i> sp.	0	0	0	0	0	0		0	0
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	16	0	0	0	0	0		0	0
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	40	56	23	16	1	2		11	3
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	8	8	9	0	0	0		3	0
<i>Hydropsyche</i> sp.	0	0	0	0	0	0		0	0
<i>Limnephilidae</i> indet.	0	0	0	16	1	0		0	0
<i>Athripsodes</i> sp.	0	1	0	0	0	0		30	22
<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0	0	31		0	0
Antall slekter/arter	6	5	4	3	3	3		2	3

4.3. Begroing.

Innledning

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

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

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

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

Resultater

Resultatene av begroingsobservasjonene i Otra i 1995 er vist i vedlegg 6.4, resultatene av kislealgeanalysene i vedlegg 6.5. Det er som tidligere undersøkt 4 stasjoner i Otra:

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

Begroingsobservasjonene i 1995 ga spesielt i september et noe annet inntrykk enn tidligere. Viktigste forskjell var en markert forekomst av trådformede grønnalger på st. 2 Vigeland, samt mindre belegg av slam og sopp på alle stasjoner nedstrøms industribedriftene, slik at spesielt mosene fremstod som mindre nedslammet og med friske, grønne skudd. Det var også endringer i algesamfunnets artssammensetning og mangfold fra og med st. 2 Vigeland.

Artssammensetning og mengdemessig forekomst av noen viktige begroingsorganismer.

Begroingssamfunnet i utløpet av Venneslafjorden (st. 1) var i store trekk det samme som i årene 1992-1994. Det var preget av blågrønnalger, trådformede grønnalger og moser. Noen få arter, som vanligvis trives i surt næringsfattig vann, hadde stor forekomst (figur 13). Blågrønnalgene *Stigonema mamillosum* og *Scytonema mirabile* dekket sammen med mosen *Nardia compressa*, store deler av elveleiet. Det var ingen endring i forekomsten av disse i forhold til tidligere år. Den trådformede grønnalgen *Zygonium* sp3 (17-19 µm), som dannet et grønnlig, stedvis rødlig, "slør" over den øvrige begroingen, hadde spesielt

stor forekomst i september 1995 (figur 13). Dette har trolig sammenheng med det varme været og den lave stabile vannføringen, som gav gode vekstbetingelser for trådformede grønnalger. Tidligere prøvetaking enn vanlig (1. sept.) kan også ha hatt betydning. Før 1995 var disse organismene mer eller mindre fraværende nedstrøms Vigeland.

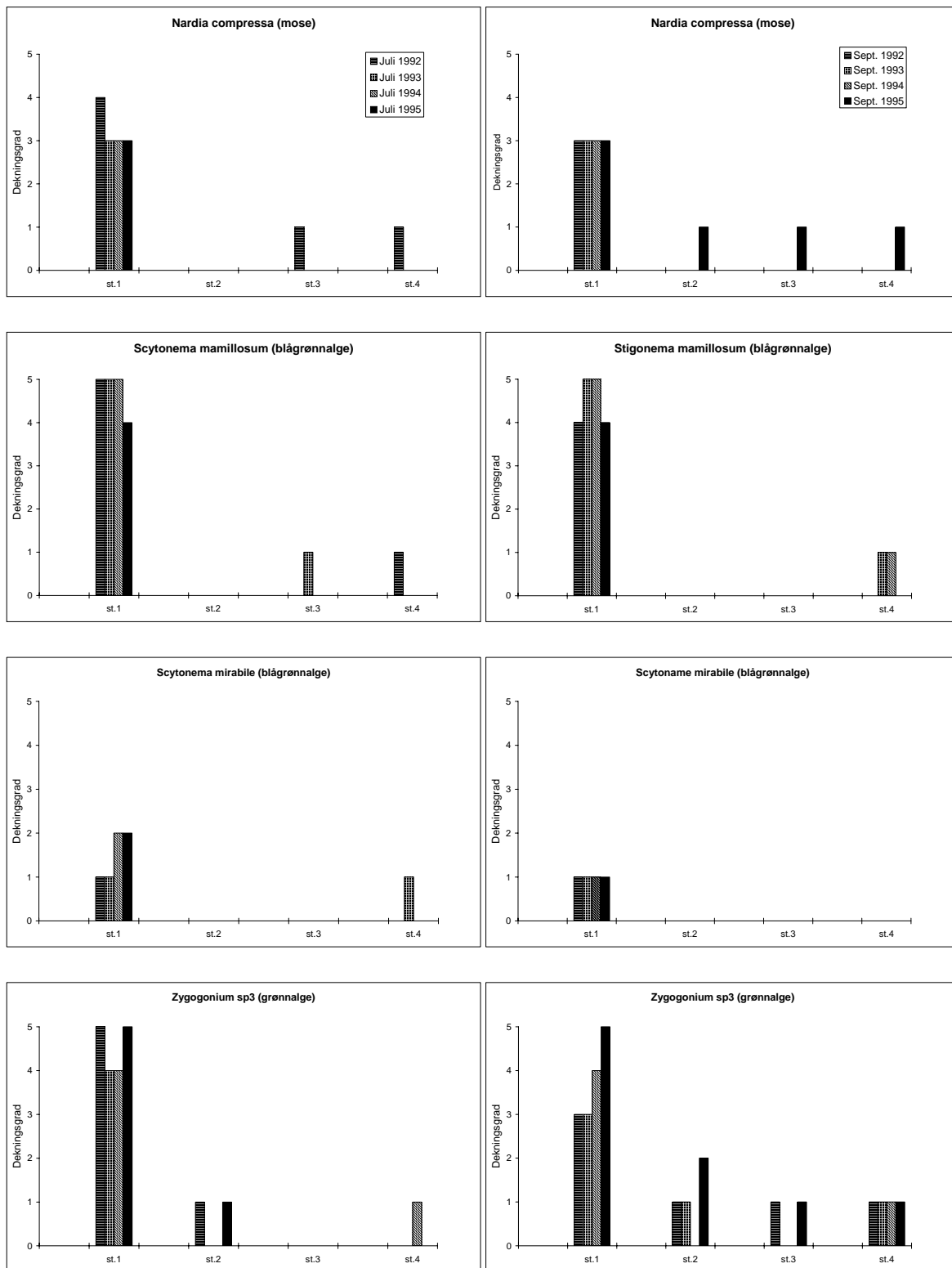
På stasjonene nedenfor industribedriftene (st. 2 Vigeland, st. 3 Hagen og st. 4 Skråstad) har soppen *Fusarium aquaeductum* hatt stor forekomst i mange år (Wright *et al.* 1983, Kaste *et al.* 1995). Fordi *Fusarium* er avhengig av kontinuerlig tilgang på lett nedbrytbart, noe surt organisk stoff, kan forekomsten variere betydelig fra en prøvetaking til en annen (figur 14). Ved midlertidig reduksjon/stans av utslippene i sommerferien er det i flere år registrert reduserte forekomster i juliprøvene. I september har forekomsten som oftest vært betydelig større enn i juli. Så sent som i september 1994 var *Fusarium* "frisk og sunn" og dekket store deler av elveleiet nedstrøms Vigeland. I forhold til tidligere år var forekomsten betydelig redusert i 1995, både i juli og september. Reduksjonen var så markert at det bare kan forklares ved endringer i miljøforholdene. En liten, men tydelig forekomst av "sunn" *Fusarium* så sent som i september 1995, tilsier imidlertid at vassdraget nedstrøms Vigeland fremdeles ble tilført noe surt lett nedbrytbart organisk materiale.

Forekomsten av grønnalger har også variert fra år til år (vedlegg 6.4). Dette er dels tilskrevet naturlige variasjoner fra år til år, og dels kortvarige variasjoner i forurensnings-tilførslene. I 1995 hadde forekomsten av trådformede grønnalger klart økt nedstrøms Vigeland. Dette var særlig markert på st. 2 Vigeland i september, da flere typer av grønne tråder dannet synlige forekomster. Mest markert var mørke dusker av *Zygonium* "sp3" som dekket opptil 10 % av elveleiet på denne lokaliteten (figur 13). Av interesse er også nyetablering av de trådformede typene *Oedogonium* "b" (14-18 µm), *Mougeotia* "d" (20-22 µm) og den geledannende *Schizochlamys gelatinosa*. Disse hadde alle størst forekomst på st. 2 Vigeland. Ingen av de "nye" grønnalger er så sterkt knyttet til næringsfattige sure lokaliteter som *Zygonium* "sp3", men de ser ut til å trives i litt mindre surt og muligens også noe mer næringsrikt vann.

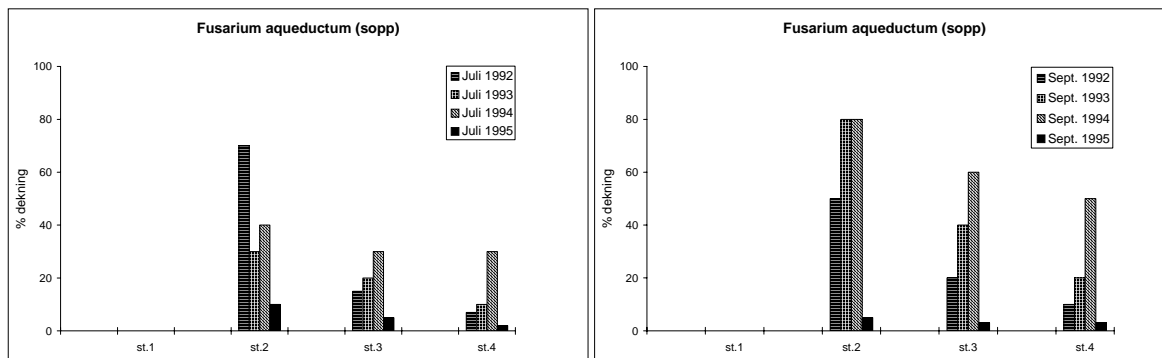
Blågrønnalgene *Stigonema mamillosum* og *Scytonema mirabile*, begge framstilt i figur 13, viste ikke økt forekomst nedstrøms Vigeland. Disse er begge langsomtvoksende, og er dessuten ikke konkurransedyktige i næringsbelastet vann. Derfor er det uvisst om de kommer til å etablere store bestander nedstrøms Vigeland, selv om belastningen med sur lett nedbrytbart organisk stoff er redusert. Hvis de etablerer seg vil det ta noe tid.

Alle prøver samlet på de tre nederste stasjonene (st. 2, 3 og 4) har vanligvis hatt betydelig innhold av fibre. I september 1995 så prøvene ut til å være av to typer: Eldre begroing, etablert tidligere med markert forekomst av fibre, samt nyetablert begroing med liten fiberforekomst. Sistnevnte bestod av trådformede grønnalger, som omtalt ovenfor.

Forekomsten av bakterier så ut til å være noe mer fremtredende i 1995 enn tidligere. Hvorvidt det kan begrunnes ved at stor forekomst av sopp tidligere dekket bakterieveksten, eller at det er redusert konkurranse om visse typer organisk næring etter at soppveksten ble redusert, er vanskelig å si.



Figur 13. Dekningsgrad av en mose og tre alger i Otra, 1992 - 1995. Juli (venstre) - September (høyre).



Figur 14. Prosent av elveleiet dekket av soppen *Fusarium aquaeductum* i Otra, 1992 - 1995.

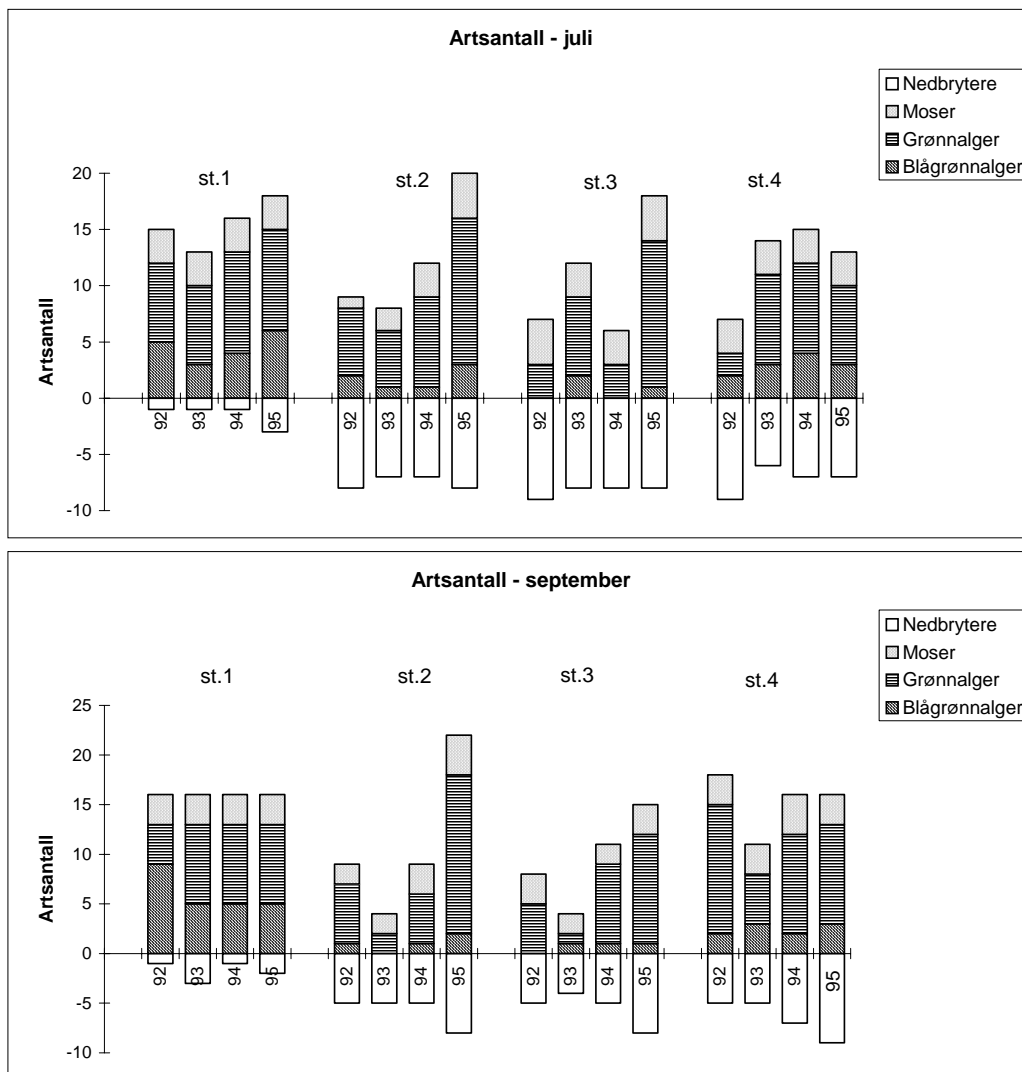
Kiselalgesamfunnet

Vedlegg 6.5 viser resultatene av kiselalgeanalysene. Bortsett fra økt forekomst av den noe forurensningstolerante *Navicula cryptocephala* nedstrøms Vigeland i september (især på st. 4 Skråstad) var det bare små endringer i artssammensetning og mengdemessige forhold siden 1994. Kiselalgesamfunnet hadde liten forekomst og bestod i alt vesentlig av arter som trives i surt elektrolyttfattig vann. Som tidligere hadde representanter for slekten *Eunotia* størst forekomst sammen med *Tabellaria flocculosa*. Artsmangfoldet hadde imidlertid økt nedstrøms Vigeland, og økningen var særlig utpreget i september.

Artsantall og mengdemessig forekomst av primærprodusenter og nedbrytere/ konsumenter.

Figur 15 viser artsantall av primærprodusenter (blågrønnalger, grønnalger og moser) og nedbrytere/konsumenter (sopp, bakterier, enkle dyr) i årene 1992 - 1995. Det er tidligere bemerket at en viss variasjon i mangfoldet må forventes i et vassdrag med store variasjoner i vannføring og utslipp fra industri og andre kilder. Økningen i mangfoldet av primærprodusenter i 1995, på st. 2 og 3, er imidlertid så markert at den antas å overskride naturlige variasjoner. Økningen var særlig markert på st. 2 Vigeland, der mangfoldet nå var større enn ved utløpet av Venneslafjorden (st. 1). Økningen skyldtes vesentlig økt mangfold av grønnalger. På den nederste stasjonen, st. 4 Skråstad, har mangfoldet i perioden 1992-95 vært omlag som ved utløp av Venneslafjorden (st. 1) og klart høyere enn på st. 2 og 3.

Inntil 1995 har det vært forholdsvis liten forekomst av alger i Otra nedstrøms st. 2 Vigeland. Elva har vært preget av makrovegetasjon, især krypsiv (*Juncus bulbosus*), samt moser og ikke minst et grålig, stedvis hvitaktig, belegg av soppen *Fusarium aquaeductum*, samt fibre. *Fusarium* hadde redusert forekomst i september 1995. Dette bidro til at bl.a. mosevegetasjonen fremstod tydeligere enn tidligere. Et markert innslag av trådformede grønnalger på st. 2 Vigeland var også nytt. Hvorvidt trådformede grønnalger vil komme til å etablere tilnærmedesvis like store forekomster nedstrøms Vigeland som ved utløp av Venneslafjorden er vanskelig å si. Erfaringen tilsier at trådformede grønnalger ofte får stor forekomst i surt vann med moderat næringsbelastning. Dessuten bidrar reguleringen av Otra til en fysisk stabilisering av vassdraget. Derved legges forholdene tilrette for betydelig etablering/akkumulering av en del organismer.



Figur 15. Artsmangfold av primærprodusenter og nedbrytere/konsumenter i Otra. Juli og september 1992 - 1995.

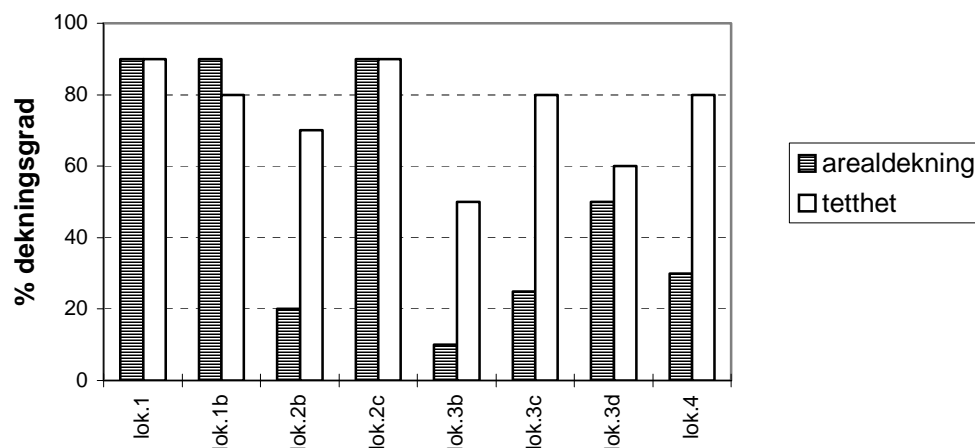
4.4. Kartlegging av vannvegetasjonen i Otra nedstrøms Vennesla

Vannvegetasjon dominert av krypsiv har en meget stor utbredelse i Otra, såvel nedstrøms som oppstrøms Vennesla. Det er tidligere dokumentert problematisk omfang av krypsivvekst både i Venneslafjorden, Kilefjorden og i områder i Valle (jfr. Brandrud 1995). Omfanget av krypsivbestandene nedstrøms Vennesla er ikke tidligere kartlagt.

Vegetasjonsbeskrivelse

Elvestrekningen nedenfor Vennesla har varierende, men stedvis høy dekning av vannvegetasjon, hele veien dominert av krypsiv (*Juncus bulbosus*) (figur 16). Vegetasjonen opptrer først og fremst på grunne banker som delvis tørrlegges ved lavvann, og krypsivet danner her relativt kortvokste matter. Langvokste og tette krypsivsåter på noe dypere vann (dybde 1-2 m) forekommer imidlertid også, spesielt ved Ravnås (mellom Vigeland og Mosby). Dette partiet skiller seg ut med usedvanlig kraftig og nesten 100%

arealdekkende krypsivvekst. Nedstrøms Ravnås er den vegetasjonsdekte delen av elvebunnen betydelig lavere (figur 16). Generelt er vannvegetasjonen i Otra nedstrøms Vennesla meget artsfattig, og ved siden av krypsiv er det bare flôtgras (*Sparganium angustifolium*) som spiller nevneverdig rolle.



Figur 16. Arealdekning og tetthet av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i Otra på strekningen Vennesla - Skråstad. Arealdekning er angitt som prosent av elvebunnen dekket av spredt til tett krypsivvegetasjon. Tetthet er angitt som dekningsgrad av krypsiv i kjerneområder. For lokalitetsangivelser, se tabell 8. (Data fra lokalitet 3d, Sandøya ved Glattetre, like nedstrøms Mosby sentrum er basert på fotografier av Tor Kviljo, Fylkesmannen i Vest-Agder.)

Tabell 8. Vannvegetasjon i Otra nedstrøms Vennesla. Lokalitet 1-4 tilsvarer begreingsstasjonene, lokalitet 1b, 2b,c og 3 b,c er tilleggslokaliteter (se nedenfor). Hyppighet av artene er angitt etter følgende skala: 1: sjelden (< 5 forekomster), 2: spredt, 3: vanlig, 4: lokalt dominerende, 5: dominerende på store deler av lokaliteten. Dominerende/viktige arter angitt med fete typer.

	1	1b	2	2b	2c	3	3b	3c	4
KORTSKUDDSPLANTER									
vass-gro <i>Alisma plantago-aquatica</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-
vass-reverumpe <i>Alopecurus aequalis</i>	2	3	-	-	1	-	2	-	2
stivt brasmegras <i>Isoetes lacustris</i>	-	1	-	3	-	-	-	-	-
mykt brasmegras <i>Isoetes setacea</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
botnegras <i>Lobelia dortmanna</i>	-	2	-	2	-	-	-	-	-
grøftesoleie <i>Ranunculus flammula</i>	2	2	-	-	-	-	1	-	-
evjesoleie <i>Ranunculus reptans</i>	-	3	-	2	3	-	2	1	2
syblblad <i>Subularia aquatilis</i>	-	1	-	2	-	-	-	-	-
LANGSKUDDSPLANTER									
krypsiv <i>Juncus bulbosus</i>	5	4	3	4	5	3	4	5	5
klovasshår <i>Callitriche hamulata</i>	1	-	-	4	-	-	-	-	-
småvasshår <i>Callitriche palustris</i>	-	-	-	-	-	-	2	2	-
tusenblad <i>Myriophyllum alterniflorum</i>	2	3	-	3	-	-	-	-	-
mellomblærerot <i>Utricularia ochroleuca</i>	3	2	-	-	-	-	-	-	1
storblærerot <i>Utricularia vulgaris</i>	2	2	-	2	-	-	-	1	1
FLYTEBLADSPLANTER									
kysttjønnaks <i>Potamogeton polygonifolius</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
flôtgras <i>Sparganium angustifolium</i>	2	1	-	3	3	3	4	4	4
MOSER									
kjølelvemose <i>Fontinalis antipyretica</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-
duskelvemose <i>Fontinalis dalecarlica</i>	-	-	4	-	-	-	-	1	2
nyremose <i>Nardia compressa</i>	4	-	4	2	3	-	-	3	4
horntorvmose <i>Sphagnum auriculatum</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-
DIVERSITET (antall arter)	10	15	3	11	5	2	6	7	8

Stasjonsangivelse:

1. Utløp Venneslafjorden
- 1b. Bukst vest for lok. 1
2. Nedstrøms Hunsfoss (rett oppstrøms Hallandsfossen).
- 2b. Bakevje øst for lok. 2.
- 2c. Ravnås (midt mellom Vigeland og Mosby)
3. Haga.
- 3b. Bakevje rett nord for lok. 3.
- 3c. Torridal-Hagen (på vestsiden nedstrøms hengebro).
4. Skråstad

Strekningen Vennesla - utløp Kristiansand kan vegetasjonsmessig deles i følgende avsnitt:

1. Venneslafjorden (referanselokalitet). Artsrik vannvegetasjon. Meget høy vegetasjonsdekning av høyvokst krypsiv. Tettheten i vegetasjonen, bl.a. med grad av kompakte overflatematter synes å være vel så høy i 1995 som i 1986 (Rørslett 1986), men dette er ikke undersøkt nærmere.
2. Hunsfoss-området. Lite vegetasjon, men noen roligere partier med *duskelvemose* (*Fontinalis dalecarlica*) og nyremose (*Nardia compressa*) på stein. Enkelte bakloner/stiller med Artsrik krypsivvegetasjon. Lite tilgroingspotensiale.
3. Ravnås-Mosby. Meget høy vegetasjonsdekning på ca. 1 km strekning ned mot jernbanebrua. Store, sammenhengende såter av krypsiv dekker hele løpet øverst (fra litt oppstrøms Ravnås), langs sidene lengre ned. Tilgroingspotensialet moderat, muligens stort.
4. Mosby-Skråstad. Vegetasjonsdekningen varierende, fra meget liten (dypt løp) til moderat med kortvokst krypsiv på brede, grunne banker langs land. Noe økende innslag av flótgras nedover. Lite tilgroingspotensiale.
5. Brakkvannsstrekningen Skråstad-Oddernes bro. Spredte observasjoner indikerer mindre vegetasjonsdekning her, og dominans av flótgras. Iflg. Tor Kviljo hos Fylkesmannen i Vest-Agder (bilder samt opplysninger) er det i utløpsområdet en stedvis frodigere og mer artsrik vegetasjon, bl.a. med innslag av mer forsuringsfølsomme arter som tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*), som ellers bare er registrert på særlig gunstige lokaliteter ved Vennesla/Hunsfoss (tabell 8). Krypsiv er registrert (med små forekomster) helt ned til Oddernes bro. Lite tilgroingspotensiale.

Vurdering av vegetasjonsomfang og eventuelle vegetasjonsproblemer

Elvestrekningen nedstrøms Venneslafjorden (bortsett fra et mindre område ved Ravnås) har en påtagelig lavere vegetasjonsdekning og frodighet av krypsiv enn en del elvestrekninger lengre opp i vassdraget (særlig Valle; jfr. Brandrud 1995). Omfanget av krypsivveksten i Otra nedstrøms Vennesla synes ikke å være problematisk i forhold til bruk av elva, eller i forhold til organismesamfunn og biologisk mangfold. Den moderate veksten nedstrøms Vennesla i forhold til områder i Otra forøvrig skyldes trolig primært mindre påvirkning av vannstandsstabiliserende reguleringsinngrep (som terskelbasseng, strekninger nedstrøms kraftverk) og elveløpets karakter. Elveløpet nedstrøms Vennesla er i stor grad rett og smalt, uten bukter og motstrømsområder, og med dypt strømløp og små og tildels svært grunne banker. Det er små arealer i det optimale dybdeområdet 1-2 m. Området omkring Ravnås har en annen, mer jevn tverrprofil, og synes også å være et sedimentasjonsområde med oppbygging av sand/silt dyner.

Mulige effekter av rensetiltak

I forbindelse med at utslippene fra industrien i Vennesla nå blir ført utenom denne elvestrekningen er det forventet betydelige effekter på vannkvalitet og algebegroing, og med bortfall av soppvekst (*Fusarium*). Det er antatt at kraftig soppvekst kan hemme krypsivplantene, og en økt krypsivvekst i området nedstrøms Vennesla har derfor vært

framsatt som en mulig bieffekt av rensertiltakene. Det er videre planlagt en fullkalking av Otra, og dette kan også føre til økt krypsivvekst (Brandrud 1995).

Krypsiv er en flerårig, relativt saktevoksende organisme (årsskudd gjerne 5-20(-50) cm i elver). Situasjonen 1. september 1995, noen måneder etter at industriutslippene var fjernet, anses som tilnærmet lik "før-situasjonen". Ut fra de registrerte vegetasjonsforholdene, samt topografi og hydrologi på strekningen, er imidlertid sannsynligvis tilgroingspotensialet i Otra nedstrøms Vennesla lite. Det forventes derfor ingen vegetasjonsendringer av betydning, hverken pga. rensing eller eventuell kalking. De nedbørrike, vintermilde årene omkring 1990 har virket gunstig på krypsivveksten i mange Sørlandselver, og etter to kalde vintre er det trolig at vassdragene nå er inne i en fase med mer moderat vekst, uten at dette foreløpig har vært mulig å dokumentere. Den frodige veksten av krypsiv omkring Ravnås, med kraftig vekst akkumulert over flere år, tyder på at planteveksten har vært lite eller ikke hemmet av forurensning/soppvekst i dette området. Kartleggingen i 1995 må sees på som en basisundersøkelse (pga. mangel på tidligere data), som bare indirekte kan indikere den videre vegetasjonsutviklingen. En oppfølging og overvåking av utviklingen m.h.p. vannvegetasjon med krypsiv nedstrøms Vennesla bør derfor inngå som et element i den tiltaksorienterte overvåkingen.

Artsfattigheten i vannvegetasjonen nedstrøms Vennesla har trolig mest å gjøre med elvas ensartede preg, med mangel på elveslette og liten habitatvariasjon, og er trolig ikke forurensningsrelatert.

5. REFERANSER

- Aanes, K.J. og Bækken, T. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 1. Generell del. SFT/NIVA-rapport 2278.
- Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Brabrand, Å. 1989. Fiskeribiologiske undersøkelser i nedre Otra med Kilefjorden, Gåseflåfjorden og Venneslafjorden. Rapport 114/89, LFI, Oslo. 24 s.
- Brandrud, T.E. 1995. Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. NIVA-rapp. 3266 (O-95121).
- Bækken, T. og Aanes, K.J. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 2A. Forsuring. SFT/NIVA-rapport 2491.
- DNMI 1996. Nedbørhøyder fra meteorologisk stasjon 3955 Hannåsmyran 1995, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Hindar, A. 1994. Drift av vassdrag - Otra. Betydningen av vannføring og forurensningstilførsler for vannkvaliteten, Rapport innenfor NTN-programmet "Bedre bruk av vannressursene", NIVA-løpenr. 3065, 36 s.
- Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 292/87.

- Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. 1991. Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 472/91. 68 s.
- Hindar, A., Aanes, K.J., Bækken, T. og Lindstrøm, E.A. 1993. Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 535/93, NIVA-løpenr. 2951, 43 s.
- Kaste, Ø. og Hindar, A. 1994. Tiltak mot forsurening av Otra. Kalkingsplan. NIVA-rapport, løpenr. 3052, 37 s.
- Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1994. Otra 1993. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 576/94, NIVA-løpenr. 3109, 44 s.
- Kroglund, F., Staurnes, M. og Kvellestad, A. 1994. Vannkvalitetskriterier for laks. Kalking av Vikedalselva, s. 208-223. I: Kalking i vann og vassdrag 1992. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1992. DN-notat 1994-2.
- Laake, M. 1976. Undersøkelser av forurensningsvirkninger i nedre Otra. Utført for vassdragsrådet for Nedre Otra, NIVA-rapport, O-12/73, 155 s.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurdering av vannkvalitesendringer i forbindelse med anleggsvirksomheten. NIVA-rapport, løpenr. 1905, 39 s.
- NVE 1996. Vannføring NVE-stasjonen Vigeland 1995. Norges vassdrags- og energiverk, hydrologisk avdeling, Oslo.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. NIVA-rapp. 1906 (O-86094).
- SFT 1995. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. Statens forurensningstilsyn, Rapport 628/95, 282 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, and Soil Pollut. vol.85, no.2, 347-352.
- Traaen, T.S. og Johannessen, M. 1987 Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. SFT/NIVA. Overvåkingsrapport 301/88, NIVA-løpenr. 2069, 29 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.

6. VEDLEGG

6.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1994.

- 1981: Tryland, Ø. 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/81. NIVA-løpenr. 1312. 27 s.
- 1981: Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 6/81, NIVA-løpener. 1298, Oslo. 55 s.
- 1982: Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 55/82, NIVA-løpenr. 1426, 74 s.
- 1983: Grande, M. og Wright, R.F. 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. NIVA-løpenr. 1655. 45 s.
- 1983: Wright, R. F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. NIVA-løpenr. 1483, 23 s.
- 1983: Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. SFT-overvåkingsrapport 89/83, NIVA-løpenr. 1500. 66 s.
- 1984: Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. NIVA-løpenr. 1653, 46 s.
- 1985: Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. SFT-overvåkingsrapport 199/85, NIVA-løpenr. 1775. 49 s.
- 1985: Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra 1985. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 249/86, NIVA-løpenr. 1912. 40 s.
- 1987: Hindar, A. og Grande, M. 1987. Otra 1980-86. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 292/87, NIVA-løpenr. 2056, 106 s.
- 1987: Traaen, T.S. og Johannessen, M. 1987. Tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otravassdraget. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 301/88. NIVA-løpenr. 2069, 29 s.
- 1991: Hindar, A., Aanes, K.J og Bækken, T. 1991. Otra 1987-90. Tiltaksorientert overvåking. SFT-overvåkingsrapport 472/91, NIVA-løpenr. 2657, 68 s.
- 1993: Hindar, A., Aanes, K.J., Bækken, T. og Lindstrøm, E.A. 1993. Otra 1992. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse. SFT-overvåkingsrapport 535/93, NIVA-løpenr. 2951, 43 s.
- 1994: Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1994. Otra 1993. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 576/94, NIVA-løpenr. 3109, 44 s.
- 1995: Kaste, Ø., Aanes, K.J. og Lindstrøm, E.A. 1995. Otra 1994. Tiltaksorientert overvåking og konsekvensundersøkelse av industriutslipp. SFT-overvåkingsrapport 606/95, NIVA-løpenr. 3290, 42 s.

6.2. Primærdata, vannkjemi 1994.

Forklaring til tabellene:

Tabellforkortelse:		Enhet:
pH		- log [H ⁺]
ALK-E	alkalitet	µekv/l, titr. til pH 4.5 og korrigert til ekv.pkt.
K25	konduktivitet	mS/m, ved 25°C
Ca	kalsium	mg/l Ca
Mg	magnesium	mg/l Mg
Na	natrium	mg/l Na
K	kalium	mg/l K
SO ₄	sulfat	mg/l SO ₄
Cl	klorid	mg/l Cl
TOTN	tot. nitrogen	µg/l N
NO ₃ N	nitrat	µg/l N
TOTP	tot. fosfor	µg/l P
PERM	org. stoff (KOF _{Mn})	mg/l O
RAL	reaktivt aluminium	µg/l Al
ILAL	ikke-labilt Al	µg/l Al
LAL	labilt Al	µg/l Al
Turb	turbiditet	FTU
TOC	tot. organisk karbon	mg/l C

6.2. Primærdata, vannkjemi 1995.

	DATO	pH	ALK-E µekvl	K25 mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	NO ₃ -N µg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	KOF mg/l	TOC mg/l	RAI µg/l	ILAI µg/l	LAI µg/l
457 Vigeland	19/01/95	5,00		3,09	1,26	0,72						325	7	3,95	3,4			
457 Vigeland	20/02/95	5,19		2,37	0,99	0,34						300	4	3,93	3,3			
457 Vigeland	24/04/95	5,40		2,05	0,85	0,28						250	3	3,22	2,6			
457 Vigeland	15/03/95	5,50		2,15	1,04	0,37						265	3	2,56	3,2			
457 Vigeland	16/05/95	5,57		1,88	0,89	0,30						245	4	3,17	2,3			
457 Vigeland	14/06/95	5,36		2,02	1,01	0,35						255	4	4,64	2,7			
457 Vigeland	26/07/95	5,82		1,49	0,94	0,26						210	3	2,42	2,1			
457 Vigeland	16/08/95	5,87		1,48	0,74	0,26						200	17	2,10	2,0			
457 Vigeland	20/09/95	5,59		1,62	0,86	0,24						210	4	2,35	2,0			
457 Vigeland	18/10/95	6,10		1,67	0,90	0,24						235	3	2,70	2,1			
457 Vigeland	22/11/95	5,76		1,57	0,90	0,23						225	2	2,20	1,6			
457 Vigeland	13/12/95	5,53		1,91	0,91	0,36						270	2	2,30	1,6			
Årsmiddel		5,56		1,94	0,94	0,33						249	5	2,96	2,4			
Maks		6,10		3,09	1,26	0,72						325	17	4,64	3,4			
Min		5,00		1,48	0,74	0,23						200	2	2,10	1,6			
St.avvik		0,30		0,46	0,13	0,13						37	4	0,83	0,6			
450 Skråstad	19/01/95	5,52	5	2,63	1,36	0,52	2,69	0,27	3,2	3,8	225	335	12	3,81	3,3	126	90	36
450 Skråstad	20/02/95	5,18	3	2,56	1,02	0,49	1,99	0,23	3,3	3,4	180	295	7	4,23	3,5	129	66	63
450 Skråstad	15/03/95	5,59	14	2,15	1,15	0,45	1,83	0,31	3,0	2,6	170	265	11	3,48	2,4	90	59	31
450 Skråstad	24/04/95	5,42	9	2,07	0,90	0,30	1,77	0,22	3,0	2,6	150	245	4	3,46	2,7	93	50	43
450 Skråstad	16/05/95	5,60	9	1,86	0,88	0,27	1,77	0,22	2,9	2,4	145	235	4	3,59	2,2	80	41	39
450 Skråstad	14/06/95	5,51	12	2,04	1,04	0,36	1,77	0,22	2,9	2,4	127	245	4	3,96	2,7	75	55	20
450 Skråstad	26/07/95	5,71	8	1,59	0,83	0,29	1,14	0,15	2,5	1,8	112	149	5	1,94	1,8	59	35	24
450 Skråstad	16/08/95	5,76	10	1,64	0,81	0,33	1,19	0,19	2,9	1,9	88	200	4	2,49	2,3	56	32	24
450 Skråstad	20/09/95	5,50	6	1,94	0,95	0,39	1,37	0,21	3,2	2,1	117	210	6	2,39	1,9	74	39	35
450 Skråstad	18/10/95	5,62	0	1,71	0,93	0,26	1,46	0,21	2,4	2,2	139	240	3	2,60	2,3	81	49	32
450 Skråstad	22/11/95	5,62	0	1,88	0,94	0,41	1,25	0,17	3,2	2,0	145	240	2	2,20	1,6	54	24	30
450 Skråstad	13/12/95	5,64	12	1,88	0,97	0,28	1,42	0,21	2,4	2,4	175	270	2	2,50	2,0	79	50	29
Årsmiddel		5,56	7	2,00	0,98	0,36	1,64	0,21	2,9	2,5	148	244	5	3,05	2,4	83	49	34
Maks		5,76	14	2,63	1,36	0,52	2,69	0,31	3,3	3,8	225	335	12	4,23	3,5	129	90	63
Min		5,18	0	1,59	0,81	0,26	1,14	0,15	2,4	1,8	88	149	2	1,94	1,6	54	24	20
St.avvik		0,15	5	0,33	0,15	0,09	0,43	0,04	0,3	0,6	36	47	3	0,78	0,6	24	18	11

6.3. Middelkonsentrasjoner 1980-1994.

	pH					KOF-Mn, mg O/l				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980									5,34	4,59
1981								2,15	4,60	4,33
1982								2,31	4,30	4,46
1983								2,15	3,63	3,97
1984	5,63		5,49	5,07	5,15	1,56		1,92	4,75	5,21
1985	5,78	5,45	5,50	5,01	5,00	2,28		2,14	5,38	4,87
1986	5,84	5,72	5,53	5,16	5,10	1,79	1,84	2,07	4,57	4,88
1987	5,58	5,47	5,48	5,00	5,08	2,29	2,32	2,12	6,09	6,02
1988	5,72	5,38	5,35	5,03	5,06	2,26	2,21	2,27	6,45	5,09
1989	5,62	5,61	5,58	5,21	5,20	2,89	1,61	1,71	5,09	4,66
1990	5,74	5,60	5,53	5,32	5,34	2,61	1,73	1,94	4,21	4,45
1991	5,79	5,74	5,55	5,21	5,19	2,57	1,65	2,36	4,71	5,24
1992	5,83	5,70	5,61	5,26	5,28	2,30	1,98	1,92	3,98	3,57
1993	5,86	5,56	5,59	5,40	5,37	1,69	1,90	1,80	3,18	3,17
1994	5,78	5,72	5,56	5,45	5,50	2,31	2,08	2,25	4,02	3,76
1995	5,75	5,68	5,64	5,56	5,56	2,21	1,91	2,12	2,96	3,05
	NO ₃ -N, µg/l					Ca, mg/l				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1984	115		137	126	106	0,87		0,97	1,04	1,05
1985	108				120	0,88		0,93	1,01	1,05
1986	135		153	114	142	0,87		0,94	1,02	1,06
1987	115		137	83	124	0,79		0,98	1,07	1,17
1988	158		152	154	137	0,91		0,87	0,94	0,97
1989	157				130	0,92		0,85	0,93	0,96
1990	140				115	0,79		0,76	0,89	1,02
1991	194				115	0,90		0,86	0,98	1,01
1992	105	130	112	109	125	0,81	0,79	0,90	1,01	1,05
1993	101	119			115	0,78	0,83	0,96	1,07	1,11
1994	125	151			144	0,74	0,80	0,91	1,01	1,02
1995	132	135			148	0,67	0,72	0,85	0,94	0,98
	Tot-N, µg/l					SO ₄ , mg/l				
	535	492	460	457	450	535	492	460	457	450
1980				385	378					
1981			320	316	346					
1982			344	362	381					
1983			339	295	324					
1984	291		334	328	333	1,2		3,2		4,2
1985	227	280	299	299	314	1,6				5,1
1986	226	256	306	290	286	2,0		2,3		4,5
1987	255	292	279	282	293	2,8		2,8		9,4
1988	362	287	283	281	289	2,4		2,8		4,2
1989	391	262	252	270	269	2,3				4,1
1990	417	239	222	233	232	2,1				3,8
1991	369	237	222	248	241	2,3				4,3
1992	226	217	221	227	227	2,2	2,4	2,4	3,4	3,6
1993	169	211	224	239	233	1,6	2,1			3,3
1994	191	253	263	285	285	1,6	2,1			3,5
1995	202	241	246	249	244	1,3	1,6			2,9

6.3. Middelkonsentrasjoner 1980-1995.

	Tot-P, µg/l				
	535	492	460	457	450
1980				11	13
1981			6	8	8
1982			6	9	11
1983			5	7	10
1984	4		5	7	8
1985	3	3	5	8	9
1986	4	5	6	7	9
1987	6	4	5	8	9
1988	9	4	4	8	6
1989	8	4	4	6	6
1990	5	3	5	6	8
1991	5	4	4	6	6
1992	4	3	3	5	5
1993	3	4	2	4	4
1994	3	3	3	5	5
1995	4	3	3	5	5

Fortsatt fra forrige side.

Begroings organisme - rubinkode	Juli												September											
	st.1			st.2			st.3			st.4			st.1			st.2			st.3			st.4		
	93	94	95	93	94	95	93	94	95	93	94	95	93	94	95	93	94	95	93	94	95	93	94	95
Moser (Bryophyta)																								
Blin acu						1			1			1												
Font dal				2	1	2	3	3	3	2	2	1				2	2	2	3	3	2	1	1	1
Hygr och					2	2				1						1	1	1				1	1	
Marsupez	3	2	2						1				3	2	2									
Nard com	3	4	3										3	3	3			1			1			2
Scapanz	2	1	1				4	2	2	1	1	1	2	1	1				4	3	2	1	1	1
Uide lev				2	2	2		1		2	1	1				2	1	1				2	2	
Nedbrytere/konsumner																								
Bakt agg				1	1	3	1	2	3	xxx	xxx	3			xx			2			1	2	xxx	2
Bakt sta				1	xxx	xxx	1	xx	xx	xxx	xx	xx					xxxx	xx		xxxx	x		xxxx	xxx
Bakt trå				xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx						xxx			xx			x
Jern bakt agg			xxx			x	1	xx	xx			xxx			xxx			x			xx			x
Fusa aqu % dekning				30	40	10	20	30	5	10	30	2				80	80	5	40	70	3	20	50	3
Sopp hyf				1	1	1	1	xxx	x		xx		x			x	x	x	xx	xx	x	xxx	xx	x
Sopp spo																x	x							x
Flag far			x	xx	xx	xx	xx	xx	xx		xx	xx	xx	x			xx	xx		xx	xx			xx
Cili uid	x		x	xx	xx	xx	xx	xxx	xx		xx	xx	x	x				xx		x	xx			xx
Diverse																								
Fibre	xx	xx	x	xxxx	xxx	xxxx	xxxx	xxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	x	x	x	xxxx	xx	xxxx	xxxx	xx	xxxx	xxxx	xx	xxx

Mengdeangivelse vedlegg 1

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

6.5. Kiselalger, juli og september 1995.

Kiselalger - Rubinkode	17. Juli 1995				1. September 1995			
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.1	St.2	St.3	St.4
Achnantz				x		x	x	
Anom bra		x		x		x	x	x
Anom vit						x		
Anomoeoz					x	x	x	
Aste ral				x				
Cymb ven				x				
Cymbellz	x			xxx	x	x	x	x
Euno arc	xxx		x	xx	xx	xx	xx	x
Euno bil	xxx	x	xx	x	xx	x	x	x
Euno exi		xx	x					
Euno fab	x		x		x		x	
Euno pec	xx	x	xx		xx	x	xx	x
Eu tr;pe	xx				x		x	x
Euno ven	xxx	xxxxx	xxxx	x	xxx	xxx	xxx	xx
Eunotiaz	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	x
Fragilaz	x			x				x
Frus rho						x	x	
Fr rh;sa	xx	x	x	x	xx	x	xxx	x
Go co;ac				x				
Navi cry	x			x	x	xx	xx	xxxx
Navi rad				x		x	x	x
Navi sub	x		x	x	x		x	
Naviculz				xx	x	x	x	x
Nitzschz						x		x
Peroniaz	xx	x	x	x	xx	x	xx	x
Pinn hil	x	x	x	x			x	x
Pinnulaz	x			x	x		x	x
Stauronz				x				
Sten int		x				x	x	
Surirelz				x				
Tabe flo	xxxx	xx	xx	x	xxxx	xxxx	xxxx	xxx
Tabe qua	xxxx	xx	xx	x	xxxx	xx	xx	x
Uide pen	xx	x	x	xx	xx	xx	x	x
Totalt artsantall	18	13	14	24	18	21	24	20

Mengdeangivelse vedlegg 2:

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