

0-8000208

2056



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 292/87

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Otra 1980-86

Tiltaksorientert
overvåking





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	O-8000208
Undernummer:	10
Løpenummer:	2056
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: OTRA 1980-1986. TILTAKSORIENTERT OVERVÅKING. (Overvåkingsrapport nr. 292/87)	Dato: 02.09.1987
Forfatter (e): ATLE HINDAR OG MAGNE GRANDE	Rapportnr. O-80002-08
	Faggruppe:
	Geografisk område: AUST-AGDER VEST-AGDER
	Antall sider (inkl. bilag): 106

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Vannkvaliteten i Otra var i hele overvåkingsperioden 1980-1986 sterkt påvirket av industriutslipp, vannkraftutbygging og sur nedbør. Treforedlingsindustrien i Vennesla tilfører Otra store mengder organisk stoff og syre. Fisket i nedre Otra har derfor vært ubetydelig de siste 30 år. Vannkraftutbygging har ført til nesten tørrlagte elvestrekninger på flere steder i Otra. Sure sidebekker dominerer vannkvaliteten i Otra ved Valle. Reguleringsinngrepene har ført til gjengroing av Venneslafjorden og elvestrekningen nedenfor Brokke med krypsiv. Forsuring av Otra pga. sur nedbør er sterkest i de midtre deler av nedbørfeltet. Forholdene for fisk i Nedre Otra kan bedres betraktelig ved reduksjon i sure utslipp og klororganiske forbindelser fra industrien ved Vennesla.

4 emneord, norske:

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

4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:

Atle Hindar

For administrasjonen:

Bix Færev

ISBN - 82-577-1314-7

Programleder, overvåking

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
SØRLANDSAVDELINGEN
GRIMSTAD

O-8000208

Otra 1980-1986

Tiltaksorientert overvåking

Grimstad, 8. august 1987

Prosjektleder: Atle Hindar

Medarbeidere: Magne Grande
Tor Mindrebø

FORORD

Overvåkingen av Otra administreres av Statens forurensingstilsyn (SFT). Undersøkelsen er en del av Statlig program for forurensingsovervåking. Den er finansiert med midler fra SFT, Vassdragsrådet for nedre Otra, Otteraaens Brugseierforening, Hunsfos Fabrikker A/S og Norsk Wallboard A/S.

Som i tidligere år har Vest- og Aust-Agder fylker, Vassdragsrådet for nedre Otra og SFT bidratt på ulik måte til utarbeidelse av programmet og til prøvetaking og analyser. I 1987 er det også avsatt midler til denne samlerapporten for perioden 1980-1986.

Kjemilaboratoriet ved ATIK (Agderforskning, Teknisk-Industrielt Kompetansesenter og Laboratorium) har hatt ansvar for prøvetaking fra Øvre Otra og gjennomføringen av analyseprogrammet for den delen av vassdraget.

Kjemilaboratoriet ved NIVA i Oslo har analysert øvrige prøver. Disse prøvene er samlet inn av Magne Aadnevik, Kristiansand Ingeniørvesen.

Ved NIVA har Magne Grande og Bjørn Rørslett hatt ansvar for biologiske undersøkelser og Richard F. Wright for kjemiske. Saksbehandleransvaret på NIVA har endret seg flere ganger de siste to årene. Fram til 01.02.86 har Eva Boman, NIVA-Sørlandsavdelingen hatt saksbehandleransvar for undersøkelsen. Fra 01.04.86 ble dette overtatt av Arne Lande. Fra og med 01.05.87 har Atle Hindar saksbehandleransvaret for overvåkingsundersøkelsene i Otra.

Resultater som er framkommet som del av overvåkingsprogrammet i perioden 1980-1986 er sammenliknet med resultater fra tidligere undersøkelser i Otra. Denne samlerapporten inneholder derfor også hovedresultater fra de fleste større fysisk/kjemiske og biolog-

iske undersøkelser i Otra de siste tiår.

Avsnittet om reguleringsinngrep i Otra (avsn. 2.2.1.) er utarbeidet i samarbeid med Olav Egeland ved Kristiansand E-verk. Han takkes med dette for samarbeidet.

Grimstad, september 1987

Atle Hindar

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	SIDE:
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER	6
1.1. Overvåkingsundersøkelsens formål 1980-1986	6
1.2. Konklusjoner	6
1.3. Tilrådinger	8
2. INNLEDNING	11
2.1. Områdebeskrivelse	11
2.2. Vannbruk og forurensinger	14
2.2.1. Reguleringer	14
2.2.2. Resipient for avløp/forurensinger	20
2.2.3. Vannforsyning	22
2.2.4. Fiske	22
2.3. Målsetting og program	23
3. RESULTATER OG DISKUSJON	26
3.1. Fysisk/kjemiske forhold	26
3.1.1. Sur nedbør	26
3.1.2. Boligkloakk og landbruksforurensinger	36
3.1.3. Industriutslipp	44
3.2. Biologiske undersøkelser	54
3.2.1. Vegetasjon	55
3.2.2. Begroing	60
3.2.3. Planteplankton og dyreplankton	63
3.2.4. Bunndyr	67
3.2.5. Fisk	73
4. REFERANSER	87

5. VEDLEGG	92
5.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1986.	92
5.2. Litteraturoversikt	93
5.3. Primærdata fra 1986	102

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER

1.1. Overvåkingsundersøkelsens formål 1980-1986

Hovedformålet med overvåkingsundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensingssituasjonen i elva.

Overvåkingsprogrammet er utformet slik at påvirkningene fra de forskjellige forurensingskilder kan identifiseres og kvantifiseres. Spesielle undersøkelser innenfor programmet gjennomføres for helt konkrete problemstillinger. Tiltak mot forurensing skal foreslås på grunnlag av undersøkelsene. Det er først og fremst forholdene for laks og aure det tas sikte på å bedre.

Rekreasjonsverdien av Otra er betydelig. Overvåkingen har også som siktemål og øke denne verdien gjennom tilrådinger om tiltak, spesielt i de nedre deler av elva, der det er størst befolknings- tetthet.

1.2. Konklusjoner

Vannet i Otra er fra naturens side saltfattig, svakt surt og det inneholder lite oppløst organisk stoff. Vegetasjon og fauna er i øvre deler av Otra preget av arter som er tilpasset denne vanntypen.

I midtre deler er vassdraget forsuret av forurenset nedbør. I nedre deler er Otra sterkt forsuret av direkte utslipp fra treforedlingsindustri. Disse utslippene er like store som de samlede bidrag fra sur avrenning i resten av vassdraget.

Otra var tidligere en meget god lakseelv, med storvokst fisk. Fra midten av 1950-årene gikk lakseutbyttet sterkt ned som følge av utslipp fra industribedrifter i Vennesla. Fisket i denne delen av Otra er nå helt ubetydelig.

Hunfos Fabrikker produserer cellulose og papir, mens Norsk Wallboardfabrikk produserer trefiberplater. Hunfos Fabrikker har de desidert største utslippene av syre og organisk stoff. Utslippene fra disse fabrikkene er godt kartlagt. Tiltak i bedriftene de siste år har ikke hatt nevneverdig betydning for vannkvaliteten i Otra.

Utslippene skaper uønsket vekst av soppen Fusarium aquaeductuum nedenfor bedriftene. Fisk som er satt ut i dette området får sterk smak og har betenkelig høye konsentrasjoner av klororganiske forbindelser. Fisk som har stått i elva mer enn noen få dager er uspiselig.

Tilførsler av næringssalter fra kloakk og landbruk er små i Otra, spesielt i den øvre delen. Utvasking av nitrogenforbindelser fra sprengstein har imidlertid gitt uvanlig høye konsentrasjoner av nitrat både lokalt og i øvre del av Otra.

I øvre del av Otra er elva på alle måter preget av næringsfattige forhold. Det gjelder både vannkjemi og mengde og sammensetning av plankton, vegetasjon og bunndyr. Lokalt kan det imidlertid forekomme forurensingspåvirkninger ved at vannføringen er redusert og ved at sidevassdrag dominerer vannkvaliteten. Det gjelder spesielt i området ved Valle og kan forsterkes ved ytterligere utbygging.

Reguleringen har ført til kraftig vekst av krypsiv (Juncus bulbosus) i området nedstrøms Brokke og i Venneslafjorden. Tettheten av denne vegetasjonen er meget høy og reduserer tradisjonell bruk av elva kraftig. Høy vintervannføring, manglende isdekke og lav sommervannføring er de viktigste årsakene til denne utbredelsen.

Tersklene i Valle tilslammes slik at vegetasjon får bedre vekstvilkår. Dette kan i sin tur forsterke tilslammingen ved at partikler bremses opp. Det ser ikke ut til at det er eutrofieringsproblemer i terskelområdene.

Otra er ellers preget av overbefolkning av aure. Det gjelder både øvre og nedre del (til Hunsfoss). Bleka i Byglandsfjorden er gått sterkt tilbake, særlig pga reguleringsinngrep, men også trolig pga forsuring. Regelmessig utsetting har imidlertid sikret bestanden fram til idag.

1.3. Tilrådinger

Målet med tiltak i Otra må først og fremst være å gjøre elva levelig for fisk av tilfredsstillende kvalitet og sikre elva som rekreasjonsområde.

For å bedre forholdene for fisken i Otra er det avgjørende at syretilførselen reduseres eller at det sure vannet avsyres.

I midtre del av vassdraget skyldes forsuring tilførsel av forurenset nedbør. Det er ikke grunn til å tro at denne belastningen blir vesentlig redusert i de nærmeste årene. Kalking er eneste mulige tiltak for å redusere surheten i denne delen av vassdraget.

På de strekninger av Otra som domineres av sure sidevassdrag ved at hovedvannmassen er lagt i tunnel, kan forholdene bedres ved å slippe to deler Otravann til én del sidebekkvann. En annen mulighet er kalking på disse strekningene, ved dosering direkte til Otra eller i sidevassdragene.

Hvis fisk skal sikres levelige forhold i nedre deler av Otra, må de sure utslippene fra industrien reduseres vesentlig eller ledes vekk fra Otra. En høy sommervannføring kan redusere skadevirkningene av slike utslipp. Bufferevnen er imidlertid liten i Otra, slik at den positive effekten av noe høyere vannføring blir beskjedent.

For å øke oppgangen av laks under ellers akseptable forhold bør det sees på mulighetene for å lage lokkeflommer for å bedre oppgangen. Innslag av flommer vil også erodere vekk noe av

begroingen nedenfor Hunsfoss.

Kalking i kritiske perioder bør vurderes hvis surheten i utslippene ikke kan stabiliseres på et tilfredsstillende nivå.

Utslipp av smaks- og luktstoffer gjør den fisken som lever i Nedre Otra uspiselig. I tillegg kommer klorerte organiske forbindelser som akkumuleres i fisken. Disse utslippene må reduseres om fisken skal være spiselig.

Utslipp av løste organiske stoffer og fiber bør også reduseres for at belastningen av oksygenforbrukende stoffer til Otra skal bli mindre. Det kan anslås at permanganatforbruket i Nedre Otra bør reduseres med 2 mg O/l for å unngå den sterke begroingen av sopp i elva. Dette innebærer at utslippene av løst organisk stoff bør reduseres med 10 tusen tonn O/år når middelvannføringen er 170 m³/år. Belastningsreduksjonen vil også ha positiv effekt på forholdene i Kristiansandsfjorden.

For å bedre laksens muligheter for å leve i elva ved Vigeland kan det også vurderes om industriavløpet, inntil det blir tilstrekkelig rensert, kan ledes utenom elvestrekningen umiddelbart nedenfor Hunsfoss.

Den økende tilveksten med krypsiv i vassdraget kan hemmes ved å redusere vannføringen om vinteren. Det kan også gi muligheter for isdannelse som ytterligere kan redusere veksten. Også heving av sommervannstanden kan bedre forholdene. Store kunstige flommer kan rent mekanisk fjerne vegetasjon. Økning av minstevannføring fra 50 til 70-80 m³/s er ikke nok til å forhindre uønsket vekst i Venneslafjorden fordi vannstandsøkningen bare blir ca. 9 cm.

Av andre mulige tiltak for å redusere utbredelsen av krypsiv kan tildekking og ulike former for erosjonsbetinget slitasje på bestandene være mest aktuelle. Høsting blir trolig for dyrt å gjennomføre. Teknikkene for slike lokaliteter er dessuten ikke tilfredsstillende.

Fosfortilførselen fra industrien og kommunale utslipp bør reduseres for å bedre vannkvaliteten nedenfor Hunsfoss.

Med de nåværende store utslipp fra treforedlingsindustri vil økt sommervannføring ha relativt liten betydning for forurensings-situasjonen i Nedre Otra.

Tilslammingen av terskelbassengene i Valle bør hindres. De aktuelle metodene i selve tersklene er å fjerne vegetasjon og slam. Erosjon i elvas nærmeste tilrenningsområder bør reduseres. Økning i vannføring vil først ha virkning ved svært høye vannføringer.

Terskelbassengene brukes til bading der dette er mulig. De bakteriologiske forhold med tanke på badevannskvalitet i bassengene bør undersøkes. Dette er tidligere ikke gjort.

Med lav minstevannføring og dermed dårlige resipientforhold i Otra ved Valle og trolig helt ned til Langeid etter ytterligere reguleringsinngrep (Hekni), bør tilførselsledningene og driften av kloakkrensaneanlegget i Valle bedres. Dette bør dessuten utvides. Det bør vurderes å legge om til kalkfelling hvis restkonsentrasjonene av aluminium fortsatt kan være høye.

Muligheten for å slippe mindre flommer bør vurderes hvis forurensingssituasjonen skulle kreve det i disse områdene.

2. INNLEDNING

2.1. Områdebeskrivelse

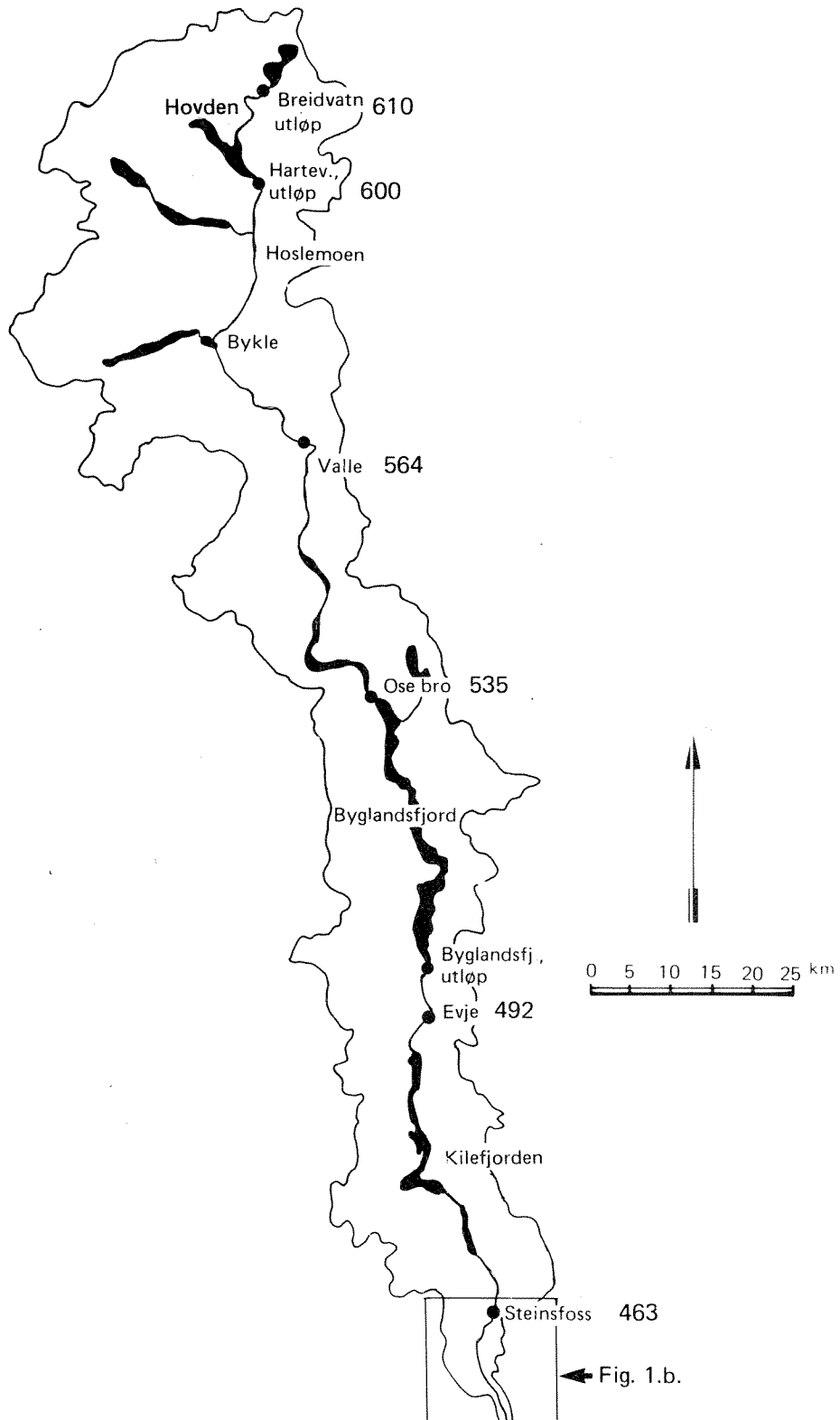
Otravassdraget har et nedbørfelt på 3 730 km² og er et av Sørlandets største vassdrag. Fra kildeområdet nord for Hovden i Setesdalen og til utløpet i Kristiansandsfjorden er det en strekning på 240 km. Byglandsfjord er største innsjø i hovedvassdraget. Den er ca. 35 km lang. Middelvannføringen er 117 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.

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

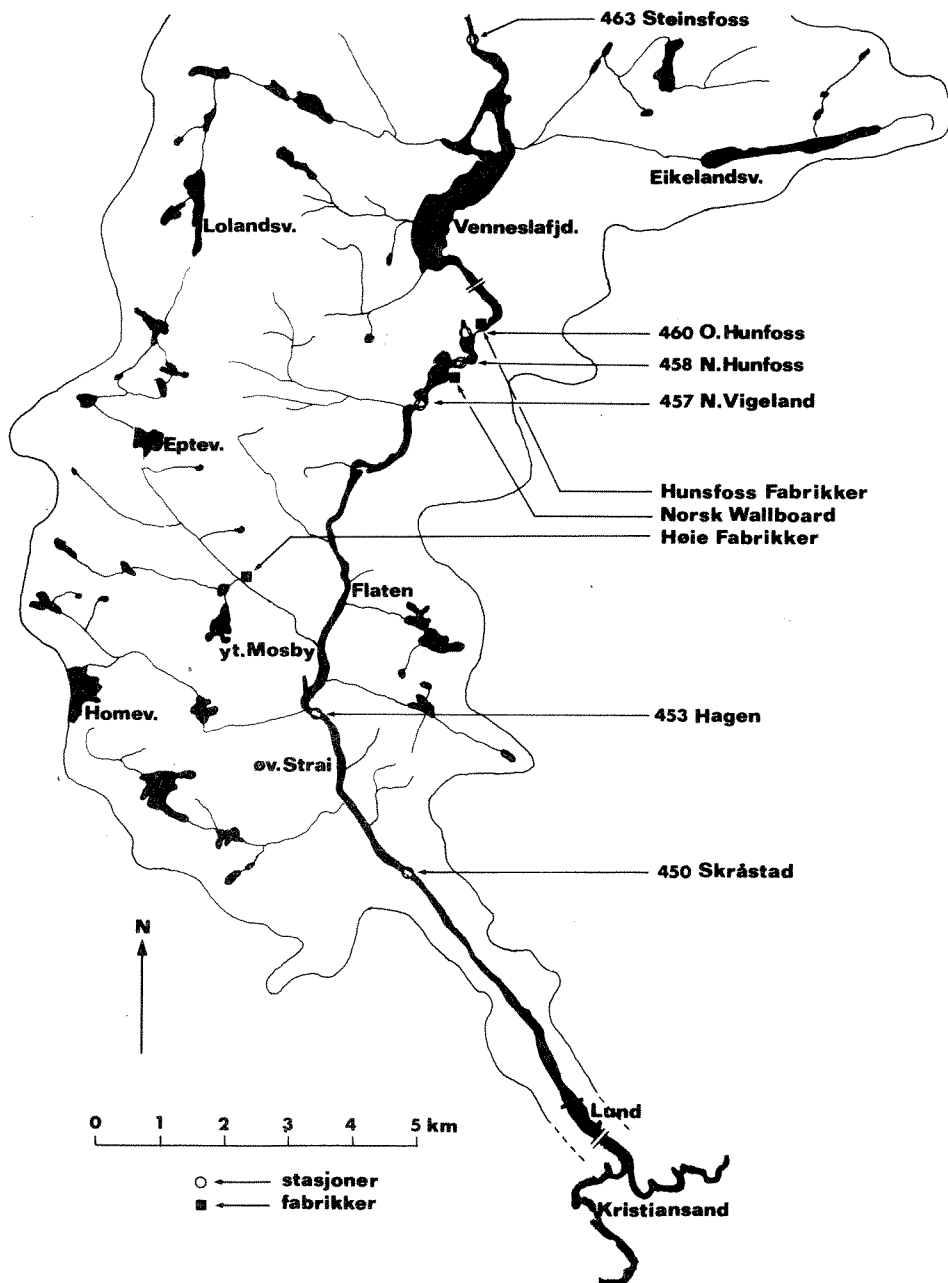
De mektigste løsavsetningene finnes langs hovedvassdraget, spesielt i forbindelse med innsjøbassengene. De sørligste delene av Otra, fra Mosby og sørover (Ivar Jansen, pers. medd. 1987) ligger under den marine grense, men nedbørfeltet ligger i sin helhet over den marine grense, dvs. over ca. 40 moh. Påvirkninger av marine avsetninger betyr derfor minimalt for vannkvaliteten i Otra.

Store deler av heiområdene i nedbørfeltet er karakterisert av fjell i dagen og tynt morenedekke. Vassdraget skjærer gjennom raet ved utløpet av Venneslafjorden.

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.



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



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

Otravassdraget ligger i grensesonen mellom stor nedbør på grunn av fjellene i vest og regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til nær 700 mm i øst, se figur 2. 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.

2.2. Vannbruk og forurensinger

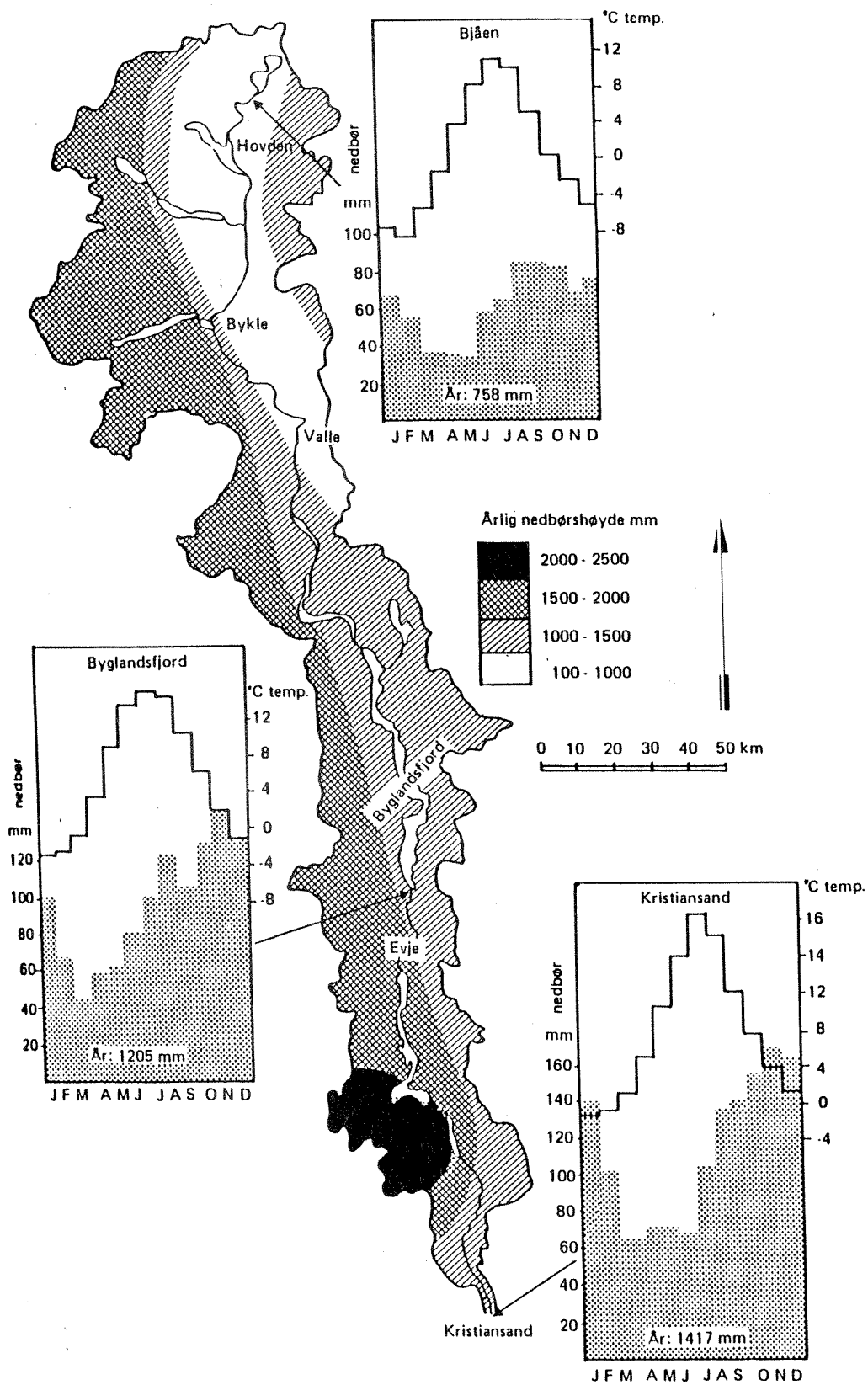
Brukerinteressene i Otravassdraget er mange. Utnyttelse av elva som vannkilde og til rekreasjon er sterkt redusert som følge av reguleringsinngrep og industriutslipp.

2.2.1. Reguleringer

Otra har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden ca. 1900. De første reguleringene ble foretatt mellom Kristiansand og Byglandsfjord (se Bergmann-Paulsen 1962 og Rørslett et al. 1981). Byglandsfjord ble første gang regulert i 1905. En rekke vann i øvre deler av Otra ble regulert i perioden 1913-1919. Kraftverk i Otras nedre del er vist i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over utbygde kraftverk i nedre del av Otra.

Kraftverkets navn	Fall, meter	Etableringsår
Vigeland	19.9	1898
Hunsfoss	13.5	1899
Steinsfoss	57.4	1957
Nomeland	20.4	1920
Iveland	50.5	1949
Hovatn	487.8	1971



Figur 2. Nedbør og temperatur i Otravassdraget (etter Rørslett et al. 1981).

A/S Vigeland Bruk eier Vigeland kraftverk. Vest-Agder Elektrisitetsverk eier Hunsfoss kraftverk, mens Kristiansand Elektrisitetsverk eier de øvrige kraftverkene. Flere av kraftverkene har gjennomgått betydelige utvidelser etter etableringen.

Det største inngrepet er gjort i øvre Otra i forbindelse med utbyggingen av Brokke og Holen kraftverk. Fra 1964 har Otra ved Bykle samt en rekke bielver vært overført gjennom et takrennesystem ned til Brokke. Utbyggingen er foretatt av interessentselskapet Øvre Otra.

Reguleringene i øvre Otra har gått trinnvis, se tabell 2. Første byggetrinn var ferdig i 1964, byggetrinn II i 1977-78 og byggetrinn III i 1983. Vinteren 1987 ble det foreløpig siste byggetrinnet ferdig og satt i produksjon. Det omfatter overføring fra Store Urarvatn, Reinevatnet og Skarjesvatnet til Holen kraftverk.

Det er søkt konsesjon på byggetrinn V, som består av tre deler. Bjørnarå og flere elver øst og sør-øst for Bykle er søkt overført til Botsvatn. Bestelandså og flere elver er søkt overført nordover til Brokke. Det er dessuten søkt om å etablere et nytt kraftverk (Skarg) vest for Bykle. Søknaden kan bli ferdigbehandlet i 1988. Konsekvensene av å overføre Bestelandså og Bjørnarå til kraftverksystemet er utredet i en egen rapport (Holtan og Lingsten 1986).

Aust-Agder Kraftverk, Kristiansand Elektrisitetsverk og Vestfold Kraftselskap har søkt om utbygging av Hekni elvekraftverk. Utbyggingen omfatter etablering av en ca. 12 meter høy dam i Otra ved Bergheim sør for Straume og vil gi en årsproduksjon på ca. 230 mill. kWh. Vannføringen mellom inntaksdammen og avløpet ved Langeid vil bli sterkt redusert. Grande og Wright (1982) har vurdert resipientforholdene ved denne utbyggingen.

Figur 3 viser eksisterende og planlagte reguleringer i Øvre Otra. Reguleringene har ført til store kunstige variasjoner i vannstanden i mange av innsjøene øverst i OTRAS nedbørfelt, se tabell 3.

Tabell 2. Vannkraftutbygging i øvre Otra utført ved I/S Øvre Otra.

Ferdig år	Byggetrinn	Tiltak	Total årsprod. mill. kWh
1964	I	Tunnel Botsvatn/Bykil-Brokke kraftverk m.v.	1170
1977	II	Tunnel Otra v/Sarvsfoss-Botsvatn, overf. Farå, Bosvatn økt til 296 mill. m ³	1550
1978		Storevatn-feltet til Sira-Kvina	1470
1981-1983	III	Overføring Lislevatn til Vatnedal, Breive pumpest., Vatnedal økt til 1150 mill. m ³ , Holen kraftst.	2350
1987	IV	Overf. Store Urarvatn-Reinev.-Skarjesv. til Holen kraftverk, ny maskin i Holen, Skarje pumpest.	

Tabell 3. Reguleringshøyder i innsjøer i nedbørfeltet til øvre deler av Otra i 1987.

Vann	Reguleringshøyder, meter		
	Totalt	Opp	Ned
Breidvatn, Sæsvatn	2.5	1.5	1.0
Skyvatn	12.0	0.0	12.0
Store Førsvatn	7.0	4.0	3.0
Hartevatn	7.0	5.0	2.0
Ormsavatn	11.5	2.6	8.9 1)
Vatnedalsvatn	140.0	95.0	45.0
Store Urarvatn	21.0	3.0	18.0
Lille Urarvatn	5.0	0.0	5.0
Reinevatn	7.7	0.0	7.7
Skarjesvatn	4.0	2.4	1.6
Botsvatn	56.0	22.0	34.0
Hovvatn	16.8	5.0	11.8
Langerakvatn	4.0	2.5	1.5
Gyvatn	3.0	3.0	0.0
Byglandsfjord	4.5	1.5	3.0

1) Kun 1.6 meter av reguleringen tillates benyttet uten spesiell tillatelse.

Tabell 4. Gjeldende minstevannføringer i Otravassdraget 1987

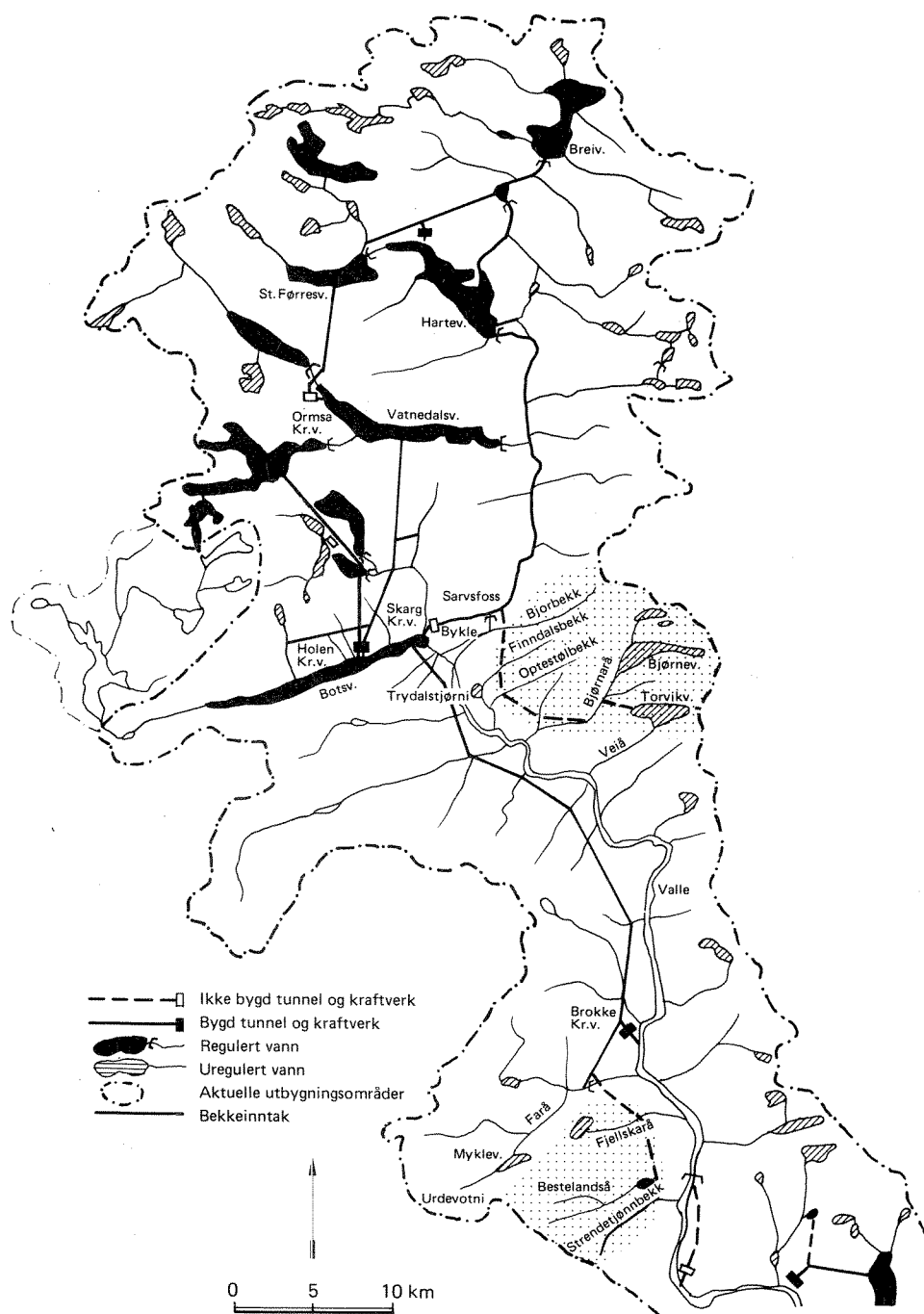
Stasjon:	Minstevannføring, m ³ /s	
	Sommer	Vinter
Lislevatn, utløp	2	1
Otra etter Børtemannsbk.	4	1
Hartevatn, utløp	2	0.5
Otra ved Hoslemo	4	2
Otra ved Sarvsfossen	0	0
Otra ved Bykil	0.3	0.3
Otra ved Valle	3	2
Otra fra Gåseflå til Iveland	0	0
Otra fra Beiehølen til Steinsfoss		0
Otra ved Vigeland	50	50

Middelvannføringer i øvre deler av Otra er oppgitt til:

Hartevatn, utløp:	1 m ³ /s
Sarvsfoss:	7 m ³ /s
Valle:	10 m ³ /s
Brokke:	69 m ³ /s

Reguleringene fører til kraftig reduksjon i vannføring på hele strekningen fra Breidvatn til Brokke. Vannet i hovedvassdraget er derfor dominert av sidevassdragene på østsiden av dalen. På enkelte strekninger i Otra er det innført bestemmelser om minstevannsføring. Dette er vist i tabell 4.

Mellom Hovden og Brokke er det bygget en rekke terskler pga lav vannføring. Det er gjort for å holde et visst vannvolum til vanning, bading osv. De tjener også til å opprettholde grunnvannstanden og gi grunnlag for fiskeproduksjon. Disse tersklene ble undersøkt i 1983 (Boman et al. 1984).



Figur 3. Eksisterende og planlagte kraftutbygginger i Øvre Otravassdraget 1987 (etter Holtan og Lingsten, 1986, med oppdatering for byggetrinn IV i Brokke-utbyggingen (i drift 1987)).

2.2.2. Resipient for avløp/forurensinger

Otra brukes som resipient for kommunalt avløpsvann, avrenning fra jordbruksvirksomhet og i nedre deler også industriavløp. Beregninger av forurensingstilførsler for øvre og nedre Otra er foretatt, se Rørslett et al. (1981) og Grande et al. (1982).

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. Anleggene er av varierende type, se avsnitt 3.1.2.

I nedre del av Otra bor det 11 500 personer. Her er det tre større befolkningskonsentrasjoner, Vennesla, Strai og Mosby. De fleste boliger her er tilknyttet offentlig ledningsnett. De offentlige ledningene er enten tilknyttet septiktank eller slamavskiller før avløpet går til Otra. Det finnes renseanlegg på Skarpenland og Hegeland, se avsnitt 3.1.2.

En avskjærende kloakkledning fra Mosby til Tangen ved Otras utløp er planlagt ferdig høsten 1988. Industriavløpet fra Høie Fabrikker skal inn på anlegget. Denne ledningen skal siden føres til renseanlegg, som er planlagt bygget i perioden 1992-1995. I løpet av to til fem år vil trolig også Vennesla knyttes til denne ledningen.

Avløpsvann fra de tre største industribedriftene i vassdraget: Hunsfos Fabrikker, Norsk Wallboard og Høie tekstilfabrikk, se figur 1 b, påvirker vassdraget nedenfor Venneslafjorden sterkt. Allerede i 1955 ble høye partikkelkonsentrasjoner og kraftig fall i pH som følge av forurensingsutslipp fra fabrikkene påvist.

Ved undersøkelserne NIVA gjennomførte i 1960 og 1961 ble det påvist pH-reduksjoner fra pH 5.85 til pH 5.5 pga fabrikkutslippene. Dengang varierte pH fra 5.8 til 6.1 ovenfor bedriftene.

I 1974 tok Hunsfos Fabrikker i bruk et sedimenteringsanlegg for

trefiber og bark. Det er også tatt i bruk et anlegg for sulfittlutindamping og kjemikaliegjenvinning (juni 1977). Klorbehandling som blekeprosess er nå delvis erstattet med oksygenbleking (fra august 1980).

Avrenning fra landbruksaktiviteter langs vassdraget belaster Otra i relativt liten grad.

Midtre og nedre deler av nedbørfeltet til Otra ligger i sonen for maksimal belastning av sur nedbør, se SFT (1986). Gunstige geologiske forhold og relativt liten belastning av forsurende forbindelser har ikke ført til alvorlig forsuring øverst i vassdraget. I midtre deler bidrar belastning via nedbør til forsuring, mens betydelige syreutslipp fra industri gir en sterk økning i surhetsgraden i nedre deler. I midtre og nedre deler er dertil berggrunnen lite gunstig og løsmassedekket tynt, slik at nedbørfeltet har dårlig evne til å motvirke forsuringen.

2.2.3. Vannforsyning

Otra var tidligere drikkevannskilde for Kristiansand kommune. Forurensing har gjort vannet i nedre deler uegnet til slikt bruk. Vennesla komm. har drikkevannsforsyning fra grunnvannsbrønn på Drivenesøya nord i Venneslafjorden.

I Byglandsfjorden er det drikkevannsuttak for ca. 400 personer. En del boliger i spredt bebyggelse har også direkte vannuttak i hovedvassdraget. Elva nyttes i noen grad til jordbruksvanning.

2.2.4. Fiske

Nedre Otra var tidligere en god lakseelv. Laksestatistikk fra 1876 til 1979 viser at rapporterte fangster har vært oppe i over 5 tonn pr. år. Fra 1955 har fangstene vært ubetydelige og den gamle laksebestanden er nå utryddet på grunn av forurensinger. Tilfeldig laks som går opp skriver seg fra andre elver, smolt-

utsetninger eller er rømt oppdrettsfisk.

I hele vassdraget ovenfor Vennesla foregår det fritidsfiske etter aure. Bleka ("dverglaksen") i Byglandsfjorden har også vært populær som sportsfisk og er meget bevaringsverdig i nasjonal og internasjonal sammenheng. Bestanden er beskrevet allerede i 1927 (Dahl 1927) og mer utførlig av Vold (1974). I de seinere år er bestanden kraftig redusert. Eksistensen er avhengig av regelmessige utsetninger fra fiskeanlegget på Bygland. Første utsetting skjedde høsten 1979. Resultater fra utsetninger og prøvefiske finnes i årsrapporter og årsmeldinger fra Bygland Fiskeanlegg.

Svært mange av de høyereliggende innsjøene i Otras nedbørfelt er blitt fisketomme på grunn av forsurening. Særlig gjelder det de fleste innsjøene i de midtre delene av nedbørfeltet, som alt på 1950-tallet var sterkt forsuret.

Bekkerøye er forsøkt satt ut i disse områdene. En del steder har denne arten gitt et godt fiske, men en kjenner ikke til at det er etablert varige bestander. Regelmessig utsetting er derfor nødvendig. Utvandring fra sidevassdrag har ført til at enkelte eksemplarer av denne arten er fanget i Otra.

Interessen for tiltak mot forsurening er økende i vassdraget, og ved Evje har det vært drevet med kalking av mindre vann og bekker siden ca. 1970. Det antas at kalkingsaktiviteten i Otras nedbørfelt foreløpig ikke har hatt noen betydning for vannkvaliteten i selve Otra.

I de seinere år er det observert ørekyte øverst i vassdraget. Den kom sannsynligvis inn fra Telemark i begynnelsen av 1980-årene og har siden spredt seg nedover (Skov 1987). Den er hittil registrert ned til Trydal i Valle.

Nederst i vassdraget forekommer ål, abbor (skjebbe), trepigget stingsild, samt elve- og havniøye.

Det henvises til et forprosjekt for kalkingsplan for Aust-Agder

fylke (Skov 1987) for en mer detaljert oversikt over fiskebestander i Otra-vassdragets øvre deler.

2.3. Målsetting og program

Overvåking av Otra representerer på mange måter en videreføring av tidligere undersøkelser i vassdraget. Fiskeundersøkelser har vært gjennomført systematisk allerede fra 1938, mens vannkjemiske prøver ble gjennomført i 1955. NIVA har vært involvert i undersøkelser i Otra helt siden 1960. I 1960- og 1970-årene ble basisundersøkelser for nedre og øvre Otra gjennomført. Overvåking av nedre Otra har pågått siden 1976.

Norges vassdrags- og elektrisitetsverk (NVE) og seinere Vassdragsrådet for nedre Otra initierte undersøkelser på 1960- og 1970-tallet. Fra og med 1980 har undersøkelsene skjedd etter oppdrag fra Statens forurensingstilsyn (SFT).

Med opprettelse av det statlige overvåkningsprogrammet i 1980 ble overvåking av øvre Otra påbegynt, og overvåking av de øvre og nedre deler av vassdraget ble slått sammen i ett program.

Programmet omfatter fire deler:

- rutineovervåking av kjemi
- rutineovervåking av biologi
- spesielle undersøkelser i øvre Otra
- spesielle undersøkelser i nedre Otra

De viktigste forurensingskildene til Otra er kartlagt gjennom tidligere undersøkelser. Forsuring pga. langtransportert forurenset nedbør og utslipp fra treforedlingsindustri direkte til elva sammen med direkte utslipp av fibermasse fra treforedlingsindustrien utgjør de alvorligste belastningene. Redusert vannføring pga reguleringsinngrep forsterker forurensingseffektene.

Hovedformålet med overvåkningsundersøkelsen i Otravassdraget er å registrere eventuelle endringer i forurensingssituasjonen samt å

peke på hvilke konkrete tiltak mot forurensing som bør gjennomføres. Det er først og fremst forholdene for laks og aure det tas sikte på å bedre.

Overvåkningsprogrammet er utformet slik at påvirkningene fra de forskjellige forurensingskilder kan identifiseres og kvantifiseres best mulig innenfor de eksisterende økonomiske rammer.

Det legges størst vekt på kjemiske undersøkelser av elva som rutineovervåkning. I tillegg gjennomføres undersøkelser av fisk, bunndyr, vegetasjon og mer spesielle forhold i vassdraget. Konsekvensanalyser ved nye reguleringsinngrep er utført. Det utarbeides i 1987 også en egen rapport om aktuelle tiltak mot forurensingen av vassdraget.

I tabell 5 finnes en oversikt over de overvåkningsstasjonene som har vært benyttet i perioden 1980-1986 og de endringene som har vært gjennomført.

I vedlegg bak i denne rapporten er det en oversikt over slike undersøkelser i tillegg til overvåkningsundersøkelsene. Det er også utarbeidet en egen oversikt over andre undersøkelser med tilknytning til Otravassdraget.

I tillegg til det statlige overvåkningsprogrammet gjennomfører Fylkesmannen i Aust-Agder egne undersøkelser i øvre Otra i forbindelse med kraftutbyggingen.

Tabell 5. Stasjoner som har inngått i det kjemiske prøvetakingsprogrammet i Otra i perioden 1980-1986. Lokalitetsnummer refererer seg til kilometer nord-sør på UTM-nettet i kartserien M 711. Firesifret stasjonsnummer vil si at stasjonen er et sidevassdrag. Tresifrede tall refererer seg til hovedvassdraget. Listen er relativt lang fordi spesielle problemstillinger er tatt opp. Bare de viktigste navn for overvåkingsundersøkelsene er tatt med.

Stasj.nr.	Stasjonsnavn	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
2605			*					
2599			*					
2596			*					
2595			*					
2593			*					
2590			*					
2546				*				
2545				*				
2543				*				
2541				*				
1609	Mjåvassåni		*	*	*	*	*	*
1605	Breivevatn		*	*	*	*	*	
1604			*	*				
1603			*	*				
1600			*	*				
1592	Løyningsåni		*	*	*	*	*	*
1589			*					
1545				*				
1543				*				
1542				*				
1541				*				
1056				*				
610	Breidvatn ut	*	*	*	*	*	*	*
600	Hartevatn ut		*	*	*	*	*	*
590	Hoslemo	*	*	*	*	*		
581			*					
564	Valle	*	*	*	*	*	*	*
554			*					
553			*					
549				*				
548			*					
540				*				
535	Ose bru	*	*	*	*	*	*	*
503	Bygl.fjord ut	*	*	*	*	*		
492	Evje						*	*
463	Steinsfoss	*	*	*	*	*	*	*
460	Oppstr. Hunsf.		*	*	*	*	*	*
459	Venneslafj. ut	*	*					
458	Hallandsfoss	*	*	*	*	*	*	*
457	Vigeland	*	*	*	*	*	*	*
453	Hagen	*	*	*	*	*	*	*
450	Skråstad	*	*	*	*	*	*	*

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. Fysisk/kjemiske forhold

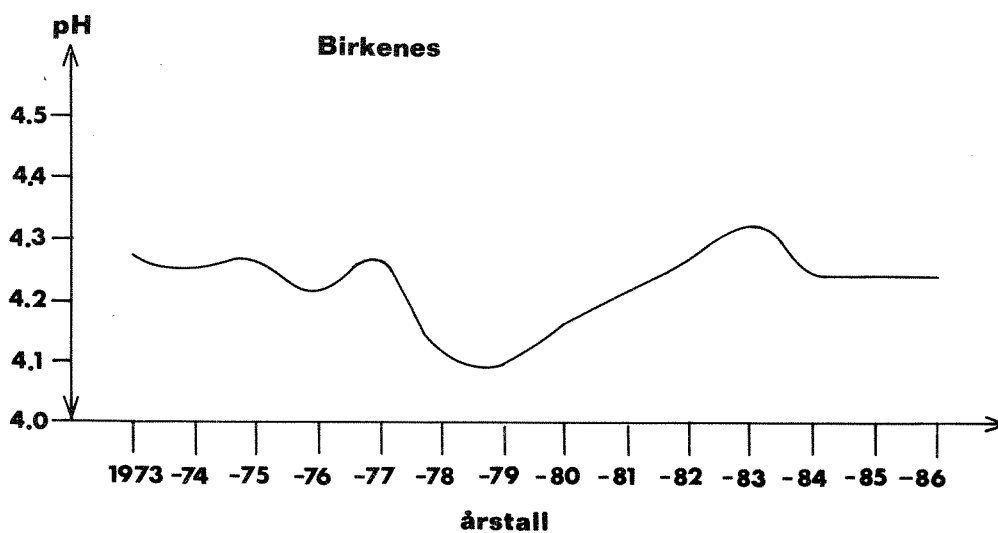
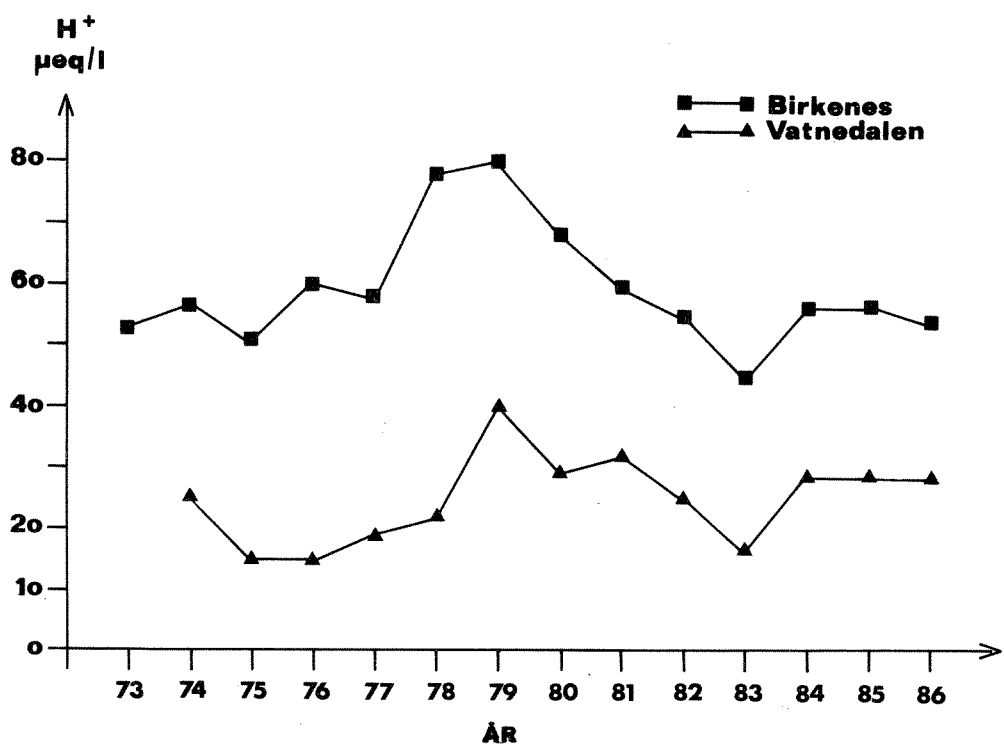
Det er utført en rekke fysisk/kjemiske undersøkelser i Otra. I nedre Otra ble de første systematiske undersøkelsene gjennomført i 1955, etter et opplegg utarbeidet av Inspektøren for ferskvannsfisket (se Bergmann-Paulsen 1962). Vannet nedenfor fabrikkene i Vennesla inneholdt partikler og pH var vesentlig lavere enn ovenfor.

Etter oppdrag fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen gjennomførte NIVA for første gang undersøkelser i Otra i 1960 og 1961 (Bergmann-Paulsen 1962). Der gis en fyldig gjennomgang av fysisk/kjemiske forhold i nedre Otra og rapporten dannet grunnlaget for videre undersøkelser.

Seinere undersøkelser viser at overflatevannet i øverste deler av OTRAS nedbørfelt er meget saltfattig, selv etter norske forhold. Konduktiviteten var ca. 1.0 mS/m i Breidvatn, Hartevatn og Vatnedalsvatn i 1975-1977 (Rørslett 1978). pH var 6.0-6.5 i samme periode i Hartevatn og Breidvatn. Det var meget lave fosfor- og nitrogenverdier. Innsjøene er meget klare.

3.1.1. Sur nedbør

OTRAS nedbørfelt mottar betydelige tilførsler av sure komponenter gjennom forurenset nedbør og tørravsetninger. Dette registreres gjennom den overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør som drives i regi av Statens forurensingstilsyn (SFT). Birkenes er en av de norske bakgrunnsstasjonene for overvåkning av nedbørkvalitet som drives av Norsk institutt for luftforskning (NILU). Stasjonen ligger 20 km nord for Kristiansand. Figur 4 viser volum-veiet middel-konsentrasjon av H^+ i nedbør på stasjonene Birkenes og Vatnedalen fra 1973 til 1985. Variasjonen i pH for Birkenes er også gitt i figuren.



Figur 4. a) Volum-veiet middel-konsentrasjon av H^+ i nedbør ved Birkenes og Vatnedalen fra 1973 til 1986 og b) volum-veiet middel-pH for Birkenes i samme periode.

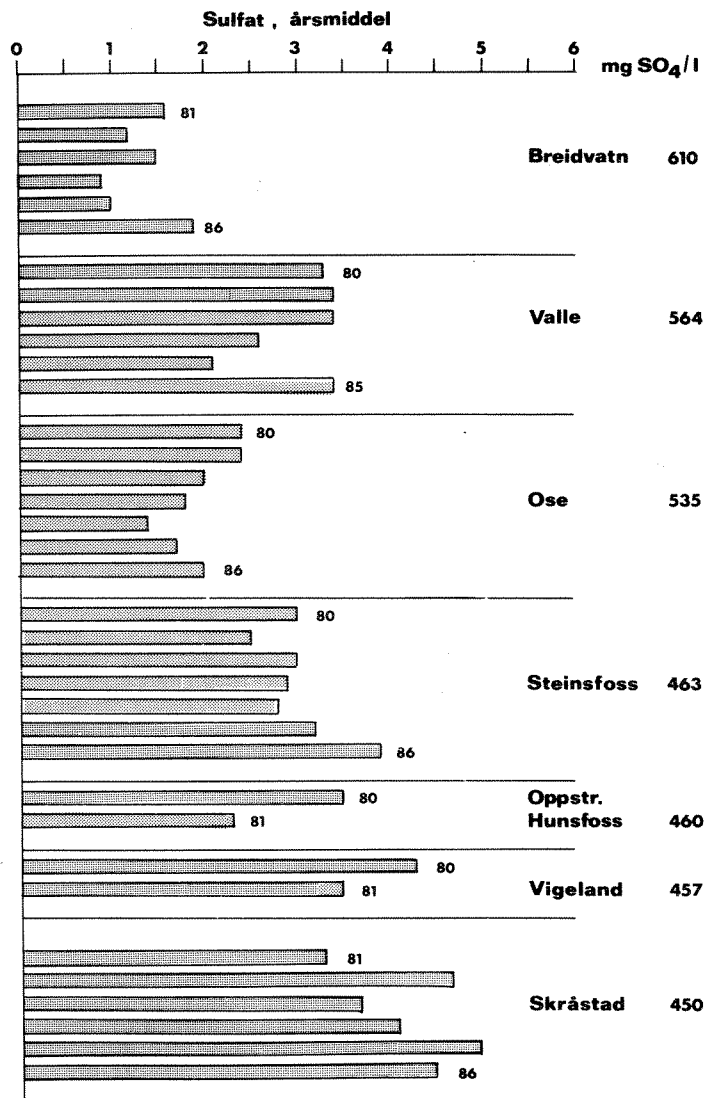
I 1986 var middel-pH 4.26 i nedbør ved Birkenes. Tilsvarende verdier for Vatnedalen mellom Bykle og Valle i Otravassdraget var pH 4.54. Denne belastningen og pH-gradienten gjenspeiles i vannkvaliteten i Otra. Sulfatkonsentrasjonen øverst i vassdraget er 1-1.5 mg/l, ved Ose bro er den 1.5-2.5 og ved Steinsfoss 2.5-3.5 mg/l. Figur 5 viser endringen i sulfatkonsentrasjonen i Otra og variasjonen i undersøkelsesperioden 1980-1986. Forsuring bidrar til økning i sulfatkonsentrasjonen i øvre og midtre deler, spesielt ved Valle, mens industriutslipp fører til en økning i nedre del av Otra.

Figur 6 viser hvordan pH i vassdraget avtar fra øverst til nederst. Sure sidevassdrag fra øst dominerer vannkvaliteten ved Valle fordi Otra føres i tunnel ned til Brokke kraftverk. Nedenfor Steinsfoss er det lokale nedbørfeltet så lite at ytterligere sur tilførsel i alt overveiende grad kan tilskrives industriutslipp direkte til elva.

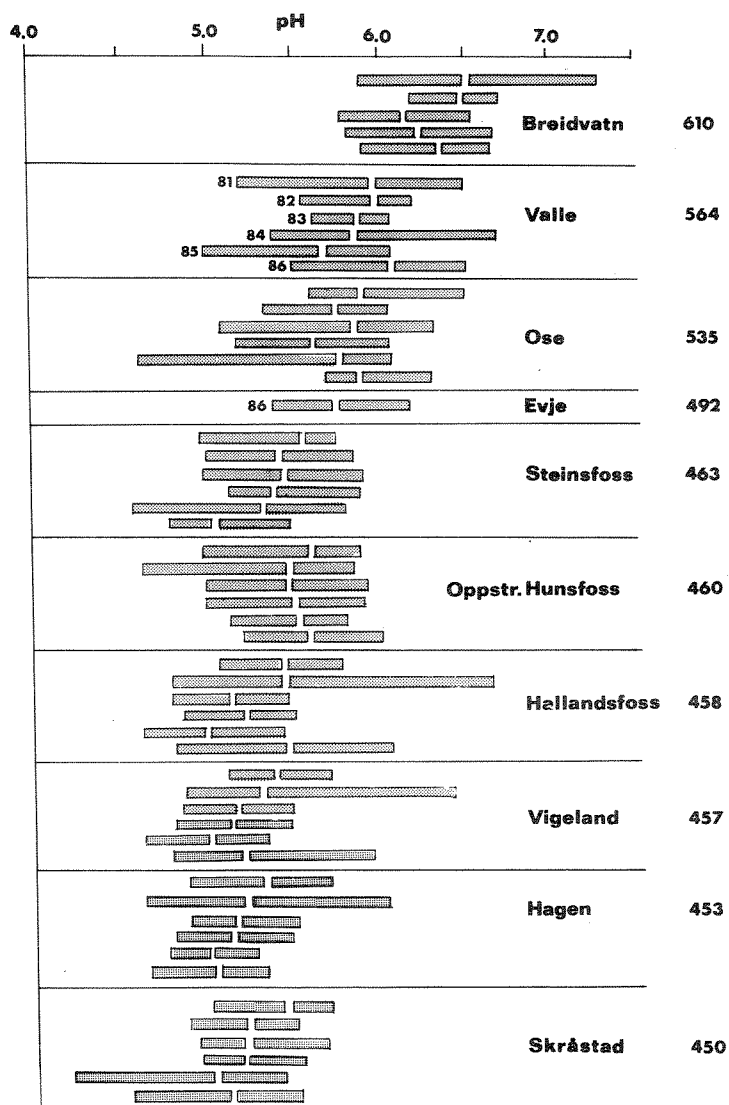
Mens middel-pH har vært relativt konstant oppstrøms Hunsfoss i perioden 1981-1986, har den gradvis avtatt på alle stasjonene nedenfor i årene 1981-1985. I 1986 er denne tendensen endret i retning høyere middel-pH nedenfor Hunsfoss. Også dette året ble det imidlertid registrert svært lave pH-verdier midt på sommeren. Ved Skråstad var pH 4.5 den 21.07.86, en pH-enhet lavere enn oppstrøms Hunsfoss.

Forsuringsgraden kan bestemmes ved å beregne tap av alkalitet (Henriksen 1979). Opprinnelig alkalitet beregnes ut fra dagens kalsiumkonsentrasjon fratrukket sjøsaltbidraget. Forsuring beregnet på denne måten ble gjennomført for 1981-data for å karakterisere Otravassdragets øvre del (Grande et al. 1982).

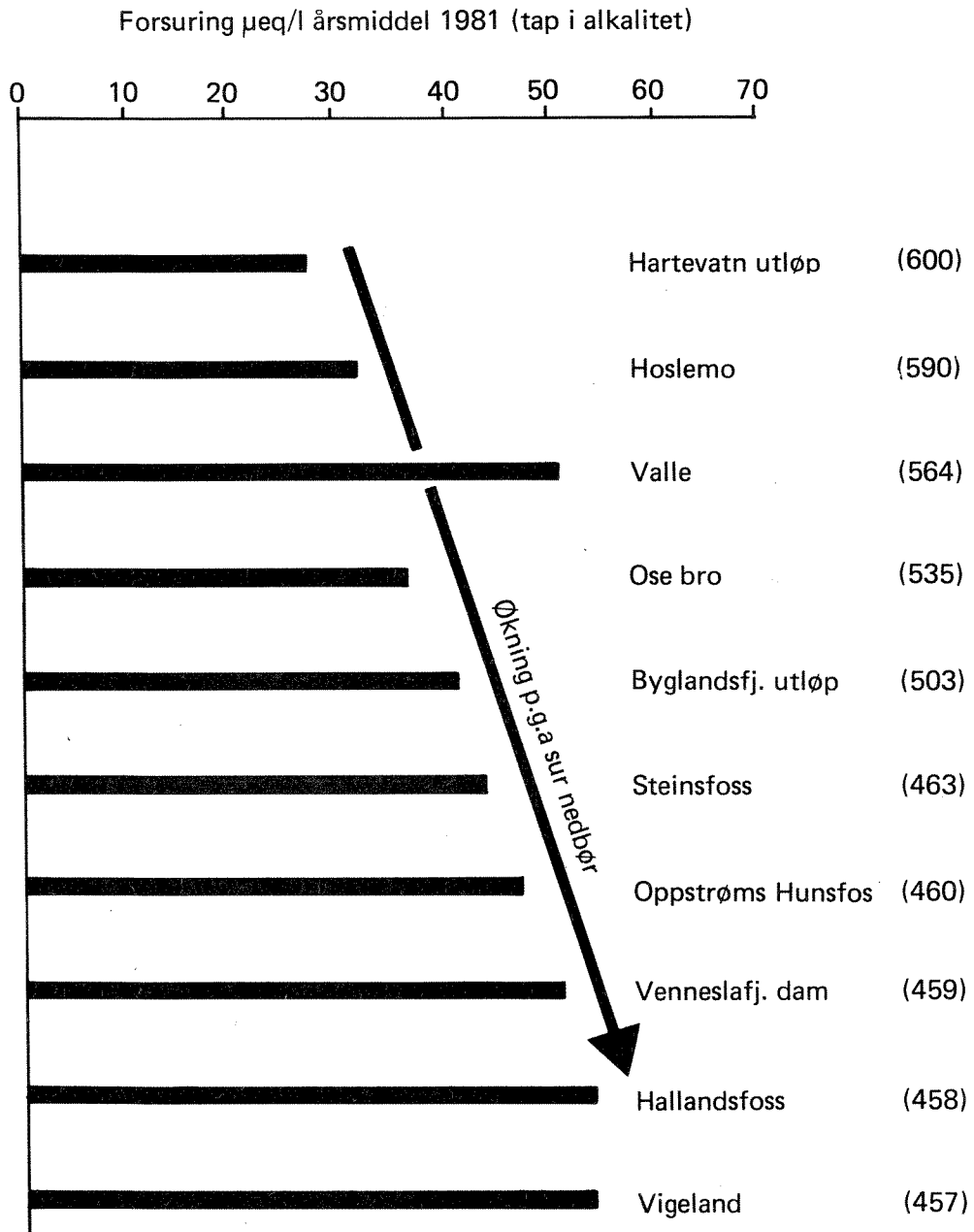
Figur 7 viser at forsuringen er omfattende i hele vassdraget, også i øvre del, der pH fortsatt er relativt høy. Nedover i vassdraget øker forsuringen, fra 25-30 $\mu\text{ekv/l}$ ved utløpet av Hartevatn, til 40-45 $\mu\text{ekv/l}$ ved Steinsfoss, dvs. ca. 15 $\mu\text{ekv/l}$. Økningen skyldes at belastningen øker nærmere kysten slik som beskrevet over.



Figur 5. Årsmiddel-konsentrasjoner av sulfat for overvåkingsstasjoner i Otra i perioden 1980-1986.



Figur 6. Endring i pH for overvåkingsstasjoner i Otra i perioden 1981-1986. Figuren viser minste verdi, middelvei og største verdi for hvert enkelt år.



Figur 7. Forsuringsgrad på forskjellige stasjoner som årsmidler i 1981 (Grande et al. 1982).

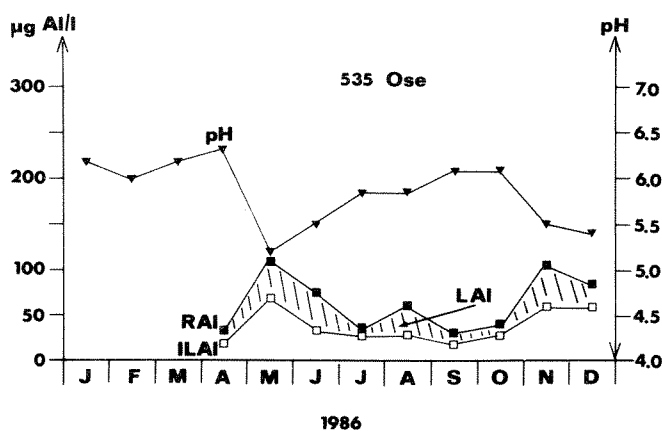
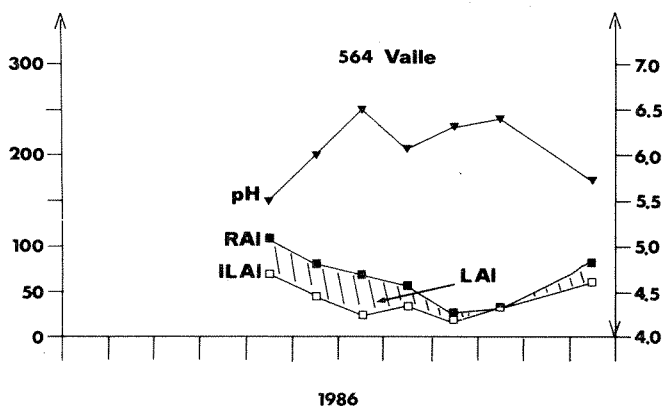
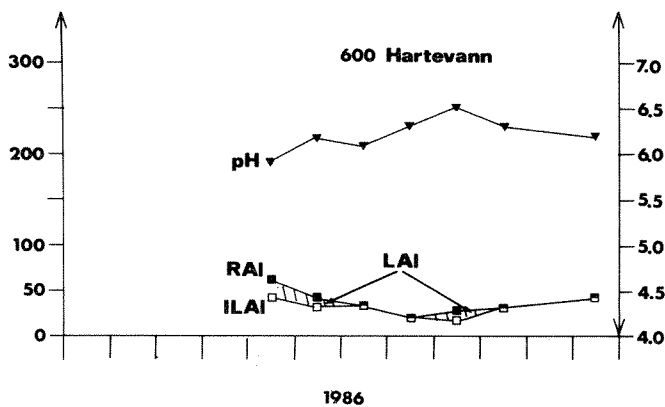
Det store utslaget for Valle kommer av at elva her, som nevnt over, domineres av sidevasdragene fra øst pga reguleringsinngrepene. Ved Ose bro blandes denne vannkvaliteten med mindre forsuret Otra-vann fra overføringen. Forsuringen er derfor mindre igjen her.

Resultater fra 1983 viste at en labil fraksjon av aluminium lå høyt i Nedre Otra (Grande og Wright 1984). I overvåkingsprogrammet for 1986 ble analyse av reaktivt og ikke-labilt aluminium tatt med. Den labile fraksjonen er differensen mellom reaktivt og ikke-labilt og er giftig for fisk. Den labile aluminiums-fraksjonen er som regel høy i surt vann. Den ikke-labile fraksjonen inneholder aluminium som er bundet organisk og er som regel høy i farget, dvs. humuspåvirket vann hvis dette er surt. Både pH og løst organisk stoff kan påvirke forholdet mellom aluminiums-fraksjonene.

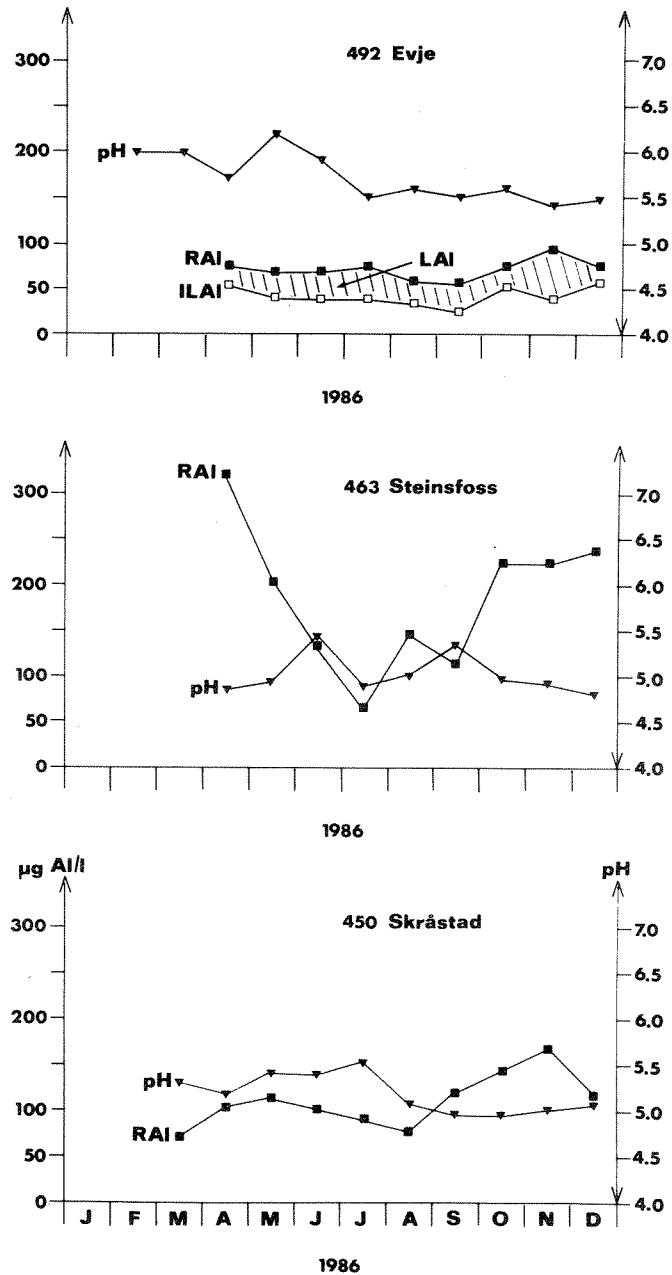
Aluminiums-resultatene er framstilt i figur 8 og 9 sammen med pH. Måling av fargetall inngår ikke i overvåkingsprogrammet. Slike data er derfor ikke tilgjengelige. I Hartevatn ligger pH som regel over 6,0 og aluminium finnes bare i små mengder. Den giftige fraksjonen er nesten ikke tilstede. Ved Valle kan vannet være betydelig surere. Her er da også aluminiums-konsentrasjonene høyere, men den giftige fraksjonen fortsatt så lav (under 50 $\mu\text{g Al/l}$) at vannet sannsynligvis ikke er giftig for fisk. Ved Ose bro er situasjonen omtrent som ved Valle.

Ved Evje er pH mer konstant i området like over 5.5 fra juli. Den labile fraksjonen er derfor relativt lik i denne måleperioden. Reaktivt aluminium er fortsatt relativt lav. Årsaken til den relativt høye labilt Al-konsentrasjonen i april og mai er ikke kjent. Ved pH seks og høyere er denne fraksjonen vanligvis meget lav.

Ved Steinsfoss svinger pH omkring 5.0, dvs. i det området den labile fraksjonen vanligvis er økende. Her viser figur 9 at reaktivt aluminium er svært høy, helt oppe i 300 $\mu\text{g Al/l}$ i april og over 200 $\mu\text{g Al/l}$ på seinhøsten. Den ikke-labile fraksjonen er



Figur 8. Aluminiumfraksjoner i Øvre Otra i 1986. RAI = reaktivt aluminium, ILAI = ikke-labilt aluminium og LAI = labilt aluminium. pH er også vist.



Figur 9. Aluminiumfraksjoner ved Evje og reaktivt aluminium (RAI) for stasjoner i Nedre Otra. ILAI = ikke-labilt aluminium og LAI = labilt aluminium. pH er også vist.

ikke analysert. Det er derfor ikke mulig å fastslå vannets giftighet med sikkerhet. I en vannkvalitet med pH under 5.0, relativt lavt fargetall og lite kalsium, vil imidlertid den giftige fraksjonen være så høy at fisk ikke kan leve der. Her er kalsium-konsentrasjonen lav, omkring 1 mg Ca/l.

Ved Skråstad er konsentrasjonen av reaktivt aluminium høy på seinhøsten når pH er omkring 5.0. Heller ikke her er det mulig å fastslå fordelingen mellom fraksjonene.

Wright (1983) beregnet effekten på pH i Otra av overføring fra Hartevatn til Brokke kraftverk. Beregningene indikerer at hvis utløpet i Hartevatn hadde vært stengt våren 1981, hadde pH i Otra ved Hoslemo under vårflommen vært så lav som pH 5.4. Med full avrenning er pH ved Hoslemo beregnet til pH 6.2-6.3, omtrent som observert i 1981, se tabell 6. Tabellen viser noe av grunnlaget for beregningene og gir en oversikt over pH i sidebekker i øvre Otra i april, mai og juni i 1981.

Tabell 6. pH i sidebekker til Otra og ved Hoslemo våren 1981. Beregnede pH-verdier for Hoslemo før og etter regulering (se tekst) er vist (etter: Wright 1983).

Stasjon	Areal %	pH i 1981		
		13.04.	18.05	17.06
Fjordungsbekken	14	5.4	-	5.8
Hoslemobekken	14	5.8	5.5	5.8
Auversvassåni	15	6.1	5.9	6.2
Maurlibekken	9	-	6.0	6.1
Gjeiskeliåni	24	6.1	5.3	5.7
Tverråni	11	5.9	5.4	5.8
Berdøla	14	-	5.1	5.4
Hoslemo	622	6.4	6.2	6.3
<hr/>				
Hoslemo, beregnet uten regulering	622	6.3	6.2	6.2
<hr/>				
Hoslemo, beregnet etter regulering	169	6.0	5.4	5.8

Nåværende vannkvalitet ved Valle bekrefter de konklusjonene Wright (1983) kom fram til, at det har skjedd en forsurening i Otras hovedløp pga reguleringsinngrepene. I mai 1985 var pH helt nede i 4.9, i mai 1981 var pH 5.19 og i mai 1986 var pH 5.5 ved Valle. Det antas at variasjonen i vannkvaliteten i mai måned er relativt stor, slik at pH kan ha vært enda lavere før eller etter prøvetakingstidspunktet disse to årene.

Konsekvensene ved slike vannkvalitetsendringer kan være fiskedød, slik det ble observert i Nidelva våren 1979. Fiskedøden ble forklart med at utløpene til tre store vannmagasiner ble stengt i snøsmeltingsperioden. Elva nedstrøms fikk derfor sterkt surt avrenningsvann fra sidebekkene (Muniz et al. 1979). Slipp av en viss minstevannføring av mindre surt vann ville antakelig ha hindret fiskedøden.

Holtan og Lingsten (1986) har vurdert overføring av Bestelandså m. fl. og Bjørnarå m. fl. til Brokke kraftverk. De fant at ved overføringen av disse sure sideelvene til Brokke ville vannet i Valleområdet bli mindre surt. De anbefaler imidlertid at det sure vannet fra Bestelandså m. fl. ikke blir sluppet slik at det volder surhetsskader i Otra nedstrøms kraftverket.

Grande og Wright (1982) har vurdert konsekvensene av etableringen av Hekni kraftverk. Ved en sterk reduksjon i vannføringen fra Straume til Langeid vil de sure sidevassdragene dominere også her.

3.1.2. Boligkloakk og landbruksforurensinger

Belastning med næringsstoffer kan føre til uønsket vekst av vannlevende planter. Dette kan i seg selv være generende eller forstyrre livsgrunnlaget for fisk og fiskens næringsdyr. Nedbrytningen av en stor plantebiomasse kan i sin tur føre til oksygensvikt og dermed dårlig vannkvalitet. I ferskvann er det ofte fosfor som er begrensende stoff for plantevekst. Overvåkingen av fosforbelastningen er derfor av stor interesse.

Spredt bebyggelse har ofte kloakkavløp direkte til grunnen ved infiltrasjon. Det kan være installert slamavskiller i slike anlegg.

I tabell 7 er det gitt en oversikt over kommunale kloakkrenseanlegg i Aust-Agders del av Otras nedbørfelt. Disse blir fulgt opp gjennom driftsassistanse/driftskontroll fra Miljøvernavdelingen i Aust-Agder.

Tabell 7. Kommunale kloakkrenseanlegg i Otras nedbørfelt ned til Evje. (etter: Miljøvernavdelingen i Aust-Agder 1987).

Kommune	Anlegg	Metode
Bykle	Hovden	Sekundær felling med Al
Bykle	Bykle	Biologisk
Valle	Valle	Simultan felling med Al
Valle	Rysstad	Simultan felling med Al, mens konsesjonskravet er biologisk
Bygland	Byglandsfj.	Biorotor med Al-felling
Evje og Hornnes	Fennefoss	Sekundær felling med Al

Flere av anleggene har problemer med lekkasje i ledningsnett inn til anleggene (Miljøvernavdelingen i Aust-Agder 1987). En må derfor gå ut fra at det skjer en betydelig lekkasje av kloakk til grunnen. Det kan også forekomme uønskede utslipp av restkjemikalier (aluminium) fra anleggene.

Restkonsentrasjoner av aluminium kan forsterke giftvirkningen på fisk av surt vann, idet det dannes giftige forbindelser under slike forhold. I de deler av Otra der hovedvannmassen ledes i tunnel og sure sidebekker dominerer, kan tilførsel av en slik vannkvalitet være et problem for fiskebestanden. Overvåkningsundersøkelsene har hittil ikke belyst dette.

I nedre del av Otra finnes det bare to kommunale renseanlegg. Det ene ligger på Skarpengland, vest for Vennesla, og er et biologisk/kjemisk anlegg. Det andre ligger på Hægeland, like sør for Kilefjorden (figur 1 a) og hadde et biologisk rensetrinn i 1986.

Kloakk fra tettstedene i nedre Otra går via slamavskillere eller septiktank direkte til elva. En større avskjærende kloakkledning fra Mosby til Kristiansandsfjorden vil trolig være i drift høsten 1988. Vennesla kan bli koplet til denne ledningen i løpet av 2-5 år. Industriutslippet fra Høie fabrikker skal føres til ledningen i 1988.

Tabell 8 viser den totale forurensingsproduksjonen fra befolkningen i nedre del av Otra (se nærmere redegjørelse i Grande et al. 1982). Beregningen er gjort ved å anta et biologisk oksygenforbrik på 75 g O/person*døgn, totalt 2.5 g P/person*døgn og 12 g N/person*døgn (etter: Holmen 1978).

Tabell 8. Beregnede tilførsler fra befolkningen i nedre OTRAS nedbørfelt i 1981, se Grande et al. (1982) for avgrensingene av delnedbørfelt.

Delnedbørfelt	BOF ₇	Tot-P	Tot-N
	tonn/år		
Venneslafjorden	77.8	2.59	12.45
Vennesla	9.5	0.32	1.53
Vigeland	8.1	0.27	1.30
Mosby	35.5	1.18	5.68
Stray	26.3	0.88	4.21
Totalt	157.2	5.24	25.17

Arealfordelingen av jord- og skogbruk i nedre OTRAS nedbørfelt er vist i tabell 9. For Otra nedenfor Steinsfoss er noe over halvparten av arealet skogdekket. Bare ca. to prosent er dyrket.

Jordbruksforurensinger omfatter den forurensing som skyldes avrenning fra punktkilder, som gjødselkjellere, melkerom og silokummer. Diffuse tilførsler kommer fra dyrkede arealer. Beregnede tilførsler av nitrogen og fosfor i nedre Otra er vist i tabell 10. Det er redegjort nærmere for tilførslene av Grande et al. (1982). Jordbruksavrenning utgjør en relativt liten andel av forurensingstilførslene til Otra.

Tabell 9. Fordelingen av jord- og skogbruksarealer i nedre Otra i 1981. Alle tall er oppgitt i km².

Delnedbørfelt	Tettsteder	Dyrket	Skog	Annet	Totalt
Venneslafjorden	3.4	1.8	42.6	41.6	89.4
Vennesla	1.0	0.0	1.1	0.1	2.2
Vigeland	1.0	0.1	1.2	0.0	2.3
Mosby	2.7	0.8	34.6	8.9	47.0
Stray	0.7	0.5	8.4	2.8	12.4

Tabell 10. Beregnede tilførsler av nitrogen og fosfor til nedre Otra fra landarealer (tonn/år) i 1981. Avrenning er beregnet etter Holmen (1978).

Nitrogen:

Delnedbørfelt	Tettsteder	Dyrket	Skog	Annet	Totalt
Venneslafjorden	2.38	5.58	9.37	4.58	21.91
Vennesla	0.70	0.00	0.24	0.01	0.95
Vigeland	0.70	0.31	0.26	0.00	1.27
Mosby	1.89	2.48	7.61	0.98	12.96
Stray	0.49	1.55	1.85	0.31	4.20
Totalt	6.16	9.92	19.33	5.88	41.29

Fosfor:

Delnedbørfelt	Tettsteder	Dyrket	Skog	Annet	Totalt
Venneslafjorden	0.34	0.43	0.34	0.25	1.36
Vennesla	0.10	0.00	0.01	0.00	0.11
Vigeland	0.10	0.02	0.01	0.00	0.13
Mosby	0.27	0.19	0.28	0.05	0.79
Stray	0.07	0.12	0.07	0.02	0.28
Totalt	0.88	0.76	0.89	0.32	2.67

Den kjemiske overvåkingen av Otra viser at elva nesten i sin helhet er næringsfattig og lite belastet med plantenæringsstoffer. Konsentrasjonen av totalfosfor er helt nede i under 3 µg P/l som middelveier ved utløpet av Breidvatn, se figur 10. Ved

Valle er det en økning som sannsynligvis skyldes at vannføringen her er sterkt redusert. Først nedenfor Hunsfoss øker fosforkonsentrasjonen til et uønsket nivå, dvs. opp mot og over 10 $\mu\text{g P/l}$ som middelerdi.

Det lave fosfornivået fører til lav planteplankton-biomasse i Hartevatn og Byglandsfjord, se nærmere omtale i avsnitt 3.2.2.

Ved lav vannføring kan det lokalt være høye fosforverdier og klare tegn på eutrofe forhold. Dette ble f.eks. registrert i 1980, da prøvetakingsstasjonen oppstrøms Hunsfoss ikke lå i elvas hovedstrøm, men på østsiden av Hunsfoss øy. pH var også høyere her pga høy planteproduksjon. Stasjonen ble flyttet i 1981.

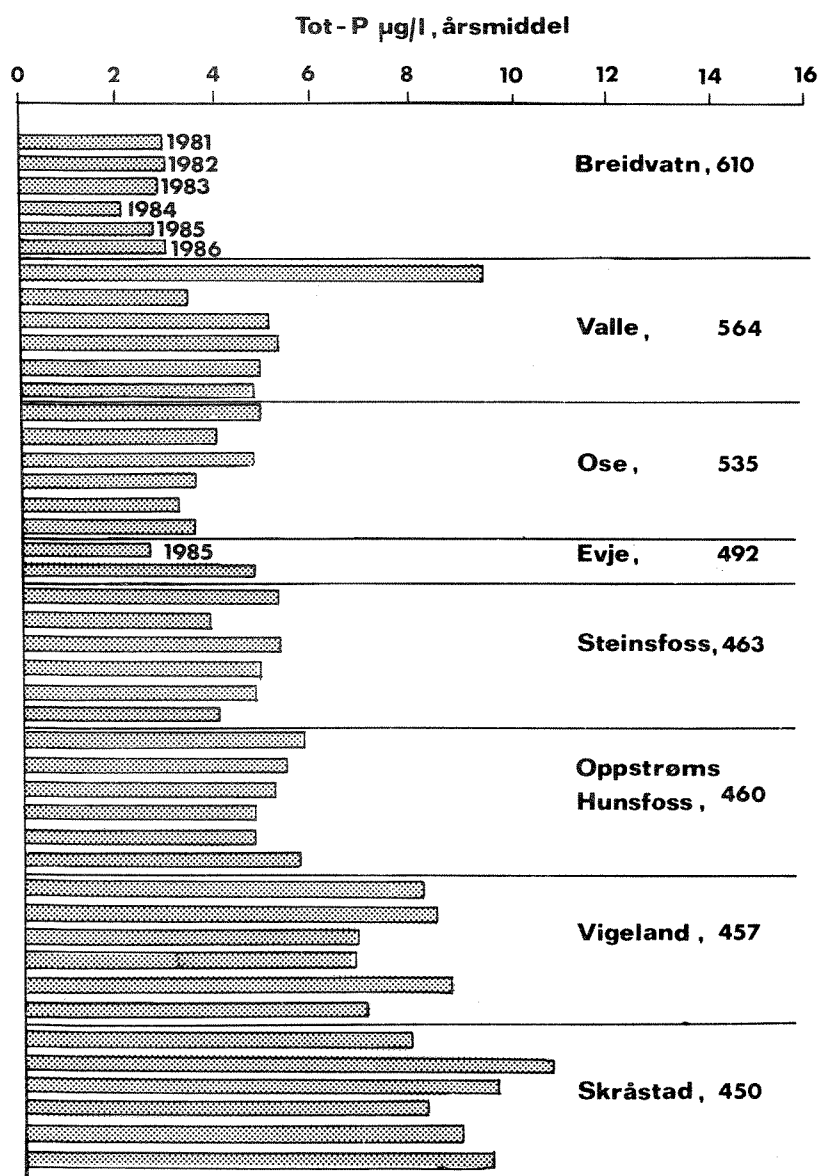
Økningen i totalfosfor-konsentrasjoner i nedre del av Otra skyldes både kloakkutslipp, tilførsler fra jordbruk og industriutslipp. Ved en middelvannføring på 170 m^3/s og midlere fosforøkning på 3 $\mu\text{g P/l}$ fra Steinsfoss til Skråstad, er den totale transporten av fosfor ved disse to stasjonene hhv. 28 tonn P/år og 42 tonn P/år. Økningen er 14 tonn P/år. De beregnede tilførsler av fosfor på denne strekningen er ca. 8 tonn/år fra kloakk og jordbruk og 8 tonn/år fra industri (Grande et al. 1982), tilsammen 16 tonn P/år. Det er altså god overensstemmelse mellom målte og beregnede fosformengder.

Nitrogen-belastningen til Otra fra boligkloakk og landbruk er tilsynelatende lav. Om en ser bort fra stasjonen i utløpet av Breidvatn helt øverst i vassdraget, viser figur 11 at det bare er en svak økning i totalnitrogen og nitrat nedover mot Skråstad.

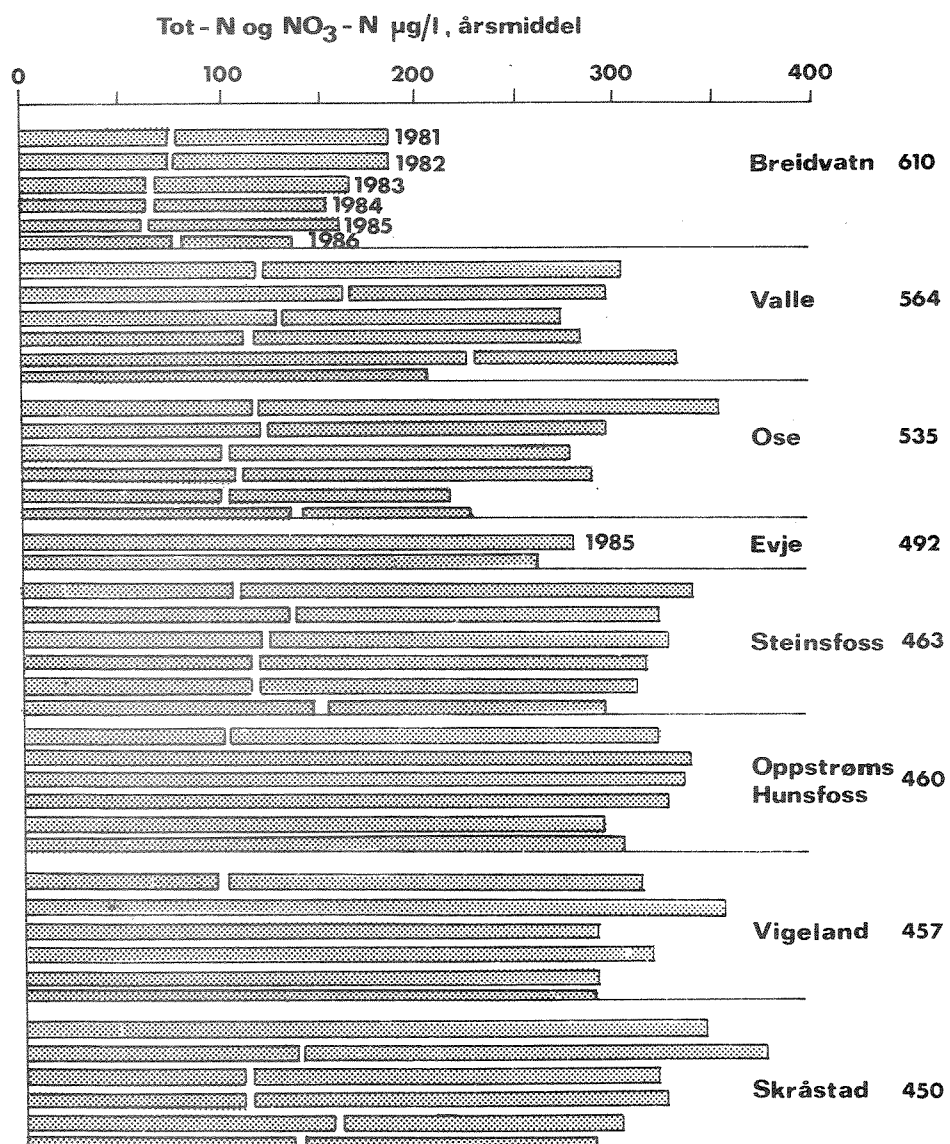
Nitrogennivået øverst i vassdraget er imidlertid uvanlig høyt. Dette tilskrives nitrogenavrenning fra sprengstein (Lande 1986).

Ved anleggsvirksomheten i øvre del av Otra er det brukt tre hovedtyper sprengstoff:

1. Dynamitt
2. ANFO-anolitt
3. Slurry-sprengstoff



Figur 10. Årsmiddel-konsentrasjoner av total-fosfor i Otra i perioden 1981-1986.



Figur 11. Årsmiddelkonsentrasjoner av totalnitrogen (hele søylen) og nitrat (venstre del) for perioden 1981-1986 for overvåkingsstasjoner i Otra.

Dynamitter anvendes nå bare i liten grad. ANFO-anolitt består av vel 90% ammoniumnitrat og er idag den vanligste sprengstofftypen. Slurry-sprengstoff har bl.a kalksalpeter som virksomt stoff og brukes der vanninntrenging vil kunne hindre antenning av annet sprengstoff. Ved sprengning vil nitrat bli omdannet til nitrøse gasser, men en del rester blir liggende igjen og renne av fra steintippene. Dette er dokumentert fra anleggsvirksomhet en rekke steder, bl.a. i Øvre Otra, se referanser i Lande (1986).

I 1981 er det beregnet at 5% av nitrogenet i sprengstoffet som ble brukt i Vatnedalsdammen ble ført ut med avrenningen på ett år. Dette ga lokale konsentrasjoner av nitrogen på over SIFF-krav til drikkevann (2.5 mg NO₃-N/l) og middelveidier for nitrogen på over 300 µg/l for enkelte år (figur 11).

Om en ser bort fra Valle, hvor det er sterkt redusert vannføring og dårlig fortynning av kloakk- og landbruksutslipp, viser nitrogen-målingene oppstrøms Byglandsfjord betydelig avtak i overvåkingperioden. Det henger sammen med redusert utvasking av nitrogen fra steinfyllingene over tid. Ved Ose er totalnitrogen-konsentrasjonen som årsmiddel redusert fra 350 µg N/l i 1981 til ca. 225 µg N/l i 1986.

Upåvirket tilrenning videre nedover i vassdraget ville fortynne vannet og gi lavere nitrogen-konsentrasjon. Resultatene fra 1985 og 1986 viser at dette ikke er tilfellet (figur 11). Fra Ose bro til Steinsfoss øker nitrogen-konsentrasjonen fra ca. 225 µg N/l til noe over 300 µg N/l. Dette er nivået helt ned til Skråstad. Det er altså en betydelig kilde til nitrogen ovenfor Steinsfoss, mens dette ikke er tilfellet nedenfor.

Nitrogen-økningen fra Ose til Evje i 1986 var 25 µg N/l. Fra Evje til Steinsfoss var økningen 50 µg N/l. Det er sannsynlig at økningen skyldes avrenning fra landbruk og boligkloakk. Det er imidlertid også registrert en betydelig økning i nitrogen-konsentrasjonen i innsjøer i Agder fra midten på 1970-tallet og fram til 1986 (Henriksen et al. 1987). Denne økningen tilskrives langtansportert forurenset nedbør og skyldes sannsynligvis en

økende nitrogenmetning i jordsmonnet. Fra Ose bro til Steinsfoss passerer Otra vassdragets sureste område, slik at noe av nitrogenøkningen trolig kan forklares på denne måten.

I Valle er det foretatt en undersøkelse for å vurdere tersklens innflytelse på resipientforhold og tilslamming. På strekningen Røysland til Flåren er det bygget 17 terskler. Om sommeren er minstevannføringen her 3 m³/s.

Totale utslipp på strekningen Svårtie - utløp Flåren fører etter teoretiske beregninger til en fosforøkning på ca. 9 µg P/l ved minstevannføring (Boman et al. 1984). Målte konsentrasjoner ved Flåren ligger imidlertid godt under dette nivået, selv ved minstevannføring. Undersøkelser av både planteplankton og dyreplankton i tersklene tyder på næringsfattige forhold. Økt innhold av næringssalter vil først og fremst medføre tilgroing av høyere vegetasjon.

3.1.3. Industriutslipp

Vannkvaliteten i nedre Otra påvirkes i sterk grad av industriutslipp, først og fremst fra treforedlingsbedriftene Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard. Fra Høie tekstilfabrikk er det et utslipp til Otra via Høyebekken (Grande et al. 1982). I øvre Otra er det ingen slike utslipp av betydning.

Hunsfos Fabrikker ble etablert allerede i 1873 som Otterelvans Papirfabrikk. I dag er fabrikkene en av landets store treforedlingsbedrifter og produserer cellulose og papir, mens A/S Norsk Wallboardfabrikk (anlagt i 1948) produserer trefiberplater.

Allerede i 1920-årene kom de første alvorlige klager over forurensingen i nedre Otra. I 1949 ble samtlige fiskerettshavere tilkjent en samlet erstatning for forurensing fra Hunsfos Fabrikker i perioden 1936-1986 på totalt kr. 84 500. Beløpet skulle nyttes til opphjelp av fiskebestanden.

Utslippene fra treforedlingsbedrifter er karakterisert ved et stort innhold av oppløst og suspendert materiale om det ikke blir rensert. Industriutslippene til Otra er nå forholdsvis godt kartlagt. Tabell 11 viser årlig produksjon og utslipp fra de tre største bedriftene.

Tabell 11. Produksjon og utslipp fra de tre største industribedriftene i nedre Otra. Tallene viser de maksimale tillatte utslipp (fra Grande et al. 1982).

Bedrift	Maks. tillatt prod.		Utslipp fra konsesjon	
	Type	Mengde tonn/år	BOF ₇ tonn O/år	Susp. mat. tonn/år
Hunfos Fabrikker	Cellulose	80000		
	Tremasse	48000	8500	1450
	Papir	120000		
Norsk Wall- board	Trefiber- plater	40000	1200	320
Høie Fabrikker	Sengetøy og bekl.stoffer	1500	220	30

I juni og desember 1980 ble det foretatt undersøkelser av industriutslipp fra treforedlingsbedriftene i Vennesla (Tryland 1981). Disse undersøkelsene er en del av overvåkingen av Otra. Prøvetakingen ved Hunfos Fabrikker omfattet 8 målepunkter i juni:

1. Renseriavløp (fra tømmerbarking)
2. Kondensat (fra inndampingsanlegg for sulfittavlut)
3. Sedimenteringsanlegg (fiberavskilling)
4. Flotasjonsanlegg (internt anlegg, sileri)
5. Nedgasningskondensat
6. Blekeri - klortrinn
7. Blekeri - alkalitrinn
8. Blekeri - hypokloritt-trinn

Det ble ikke tatt prøver av sileriets avløpsvann. Dette er alkalisk og har betydning for bedriftens netto syreutslipp.

Ved prøvetakingen i desember gikk renseriavløp (nr. 1) og avløp fra flotasjonsanlegg (nr.4) til sedimenteringsanlegget. Dessuten var det et eget avløp fra det nye oksygentrinnet i blekeriet.

Prøvetakingen ved Norsk Wallboard omfattet bare en avløpsledning. Alt prosessavløpsvann var samlet i denne.

Tryland (1981) redegjør for prøvetakingsrutiner og analyseresultater. Her skal bare hovedresultatene fra undersøkelsen i 1980 omtales for å gi et inntrykk av hvilke avløp som ledes til Otra og hvilke prosesser disse kommer fra.

Hunfos Fabrikker

Renseriavløpet inneholdt en del finfordelte barkrester og var svakt surt. I følge bedriften er vannmengden ca 90 m³/time.

Kondensat fra gjenvinningsanlegget er meget surt (pH 2.1 - 2.55) og inneholder bl.a. svoveldioksyd og eddiksyre. Kondensatet har et høyt innhold av lett nedbrytbart organisk stoff (KOF = 4000 - 9000 mg O/l og BOF₇ - verdien omtrent den samme). Avluten nøytraliseres ikke før inndamping. Det er hovedgrunnen til at eddiksyreinnholdet er så høyt som 2.4 g/l. Vannmengden er ca. 40 m³/time.

Sedimenteringsanlegget tar imot fiberholdig avløp fra papirmaskiner, vedrenseri, cellulosefabrikk og sliperi, ialt ca. 1740 m³/time. Avløpsvannets fiberinnhold er normalt under 100 mg/l, men under prøvetakingen i juni ble utfelt slam pumpet direkte ut i elva. Årsaken var at en pumpe sviktet. Elva ble sterkt turbid nedenfor bedriften etter dette.

Slik direkte utpumping ble også registrert ved prøvetakingen i desember og hadde da sammenheng med oppstartning av vakuumfilter. Dette var rutine to ganger i uka ved bedriften.

pH var omtrent som for elva.

Flotasjonsanlegget behandler avløpsvann fra sileriet. pH i avløpsvannet var 8 - 8.9 og inneholdt en del suspendert stoff. Kjemisk oksygenforbruk var 1200 mg O/l. Vannmengden var ca. 420 m³/time.

Nedgasningskondensatet var sterkt surt (pH 1.5) og hadde et høyt innhold av organisk stoff. Vannmengden er ca. 4 m³/time. Utslip-
pet foregår støtvis.

Blekeriavløpet har flere trinn. Ved prøvetakingen i juni var avløpsvannet fra klortrinnet forholdsvis surt (pH 2.1) og hadde et moderat innhold av organisk stoff (500 mg O/l som KOF). Avløpet fra alkalitrinnet hadde pH 9.4, mens avløpet fra hypokloritt-trinnet var nærmest nøytralt (pH 6.6).

Ved prøvetakingen i desember var oksygentrinnet satt i drift. Avløpet herfra var alkalisk (pH 10.4) med et høyt KOF-innhold (5200 mg O/l). Fiberinnholdet var også forholdsvis høyt. Avløpene fra de andre trinnene var omtrent som i juni.

Syreutslippet fra blekeriet var redusert i desember i forhold til i juni i og med at klorforbruket var redusert med 50-60%. Det brukes dessuten lut (NaOH) i oksygentrinnet. Bedriften vil seinere benytte magnesiumhydroksyd for denne alkaliseringen. Øket lutforbruk og minsket klorforbruk gir et mindre surt totalutslipp fra blekeriet.

Senter for industriforskning har undersøkt innholdet av klororganiske forbindelser i prøvene fra klortrinnet (se Tryland 1981). Totalinnholdet av polare og upolare klororganiske forbindelser etter innføringen av oksygentrinnet var direkte sammenlikn-
bart med nivået i prøver fra andre norske blekerier. Omleggingen har ført til en reduksjon i antallet upolare forbindelser i avløpet fra klortrinnet.

Norsk Wallboard

Bedriften har, som nevnt, ett avløp til Otra. Avløpsvannet var litt surt (pH 3.85 - 4.5) og inneholdt en del partikulært organisk stoff i juni 1980. Det inneholdt også fargede organiske forbindelser. Vannmengden måles av bedriften og er oppgitt til ca. 66 m³/time (18 l/s).

Både ved undersøkelsen i 1980 (Tryland 1981) og ved tidligere undersøkelser (Grande 1980) er det registrert en pH-senkning fra ca. 5.3 til 5.0 etter passering av industribedriftene i Vennesla.

I 1982 gjennomførte NIVA utslippsundersøkelser fra de samme bedriftene etter oppdrag fra Vassdragsrådet for Nedre Otra. Resultatene fra disse undersøkelsene (Tryland 1983) viser forholdsvis god overensstemmelse med resultatene fra 1980. Tabell 12 viser utslippsmengdene ifølge målinger i perioden juli-oktober 1982.

Tabell 12. Utslippsmengder fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard i perioden juli-oktober 1982 (etter Tryland 1983).

Komponent	Hunsfos Fabrikker	Norsk Wallboard	Sum
Netto syreutslipp			
kg ekv H ⁺ /døgn (pH 7.0)	151	5	156
kg ekv H ⁺ /døgn (pH 5.3)	103	2	105
Suspendert stoff, kg/døgn	7300	600	7900
Løst org. karbon, kg/døgn	14000	2700	16700
Totalt tørrstoff, kg/døgn	46200	6500	52700
Vannmengder, m ³ /døgn	80900	1600	82500
Vannmengder, l/min	56	1	57

Avløpsvannet fra blekeriets klortrinn og inndampings-kondensatene fra Hunsfos Fabrikker inneholder de største syremengdene. De dominerende syrene i de respektive avløpene er saltsyre i blekeriets klortrinn og eddiksyre og sure svovelforbindelser i kondensatene.

Norsk Wallboard sitt utslipp til Otra utgjør bare 3% av de samlede syreutslipp fra de to fabrikkene.

Blekeriets oksygentrinn ved Hunsfos Fabrikker bidrar med størst utslipp av fargede forbindelser til Otra. De største kildene til suspendert stoff (partikler) er flotasjonsanlegget og sedimenteringsanlegget ved samme fabrikk. Partiklene er trefibre og uorganiske fyllstoffer m.m. Omtrent halvparten av utslippet fra blekeriets oksygentrinn består av uorganiske partikler.

Økningen av farge, turbiditet og kjemisk oksygenforbruk viser at elva er sterkt påvirket av industriutslippene. Magnesium øker som følge av at det brukes magnesium-sulfitt i prosessen.

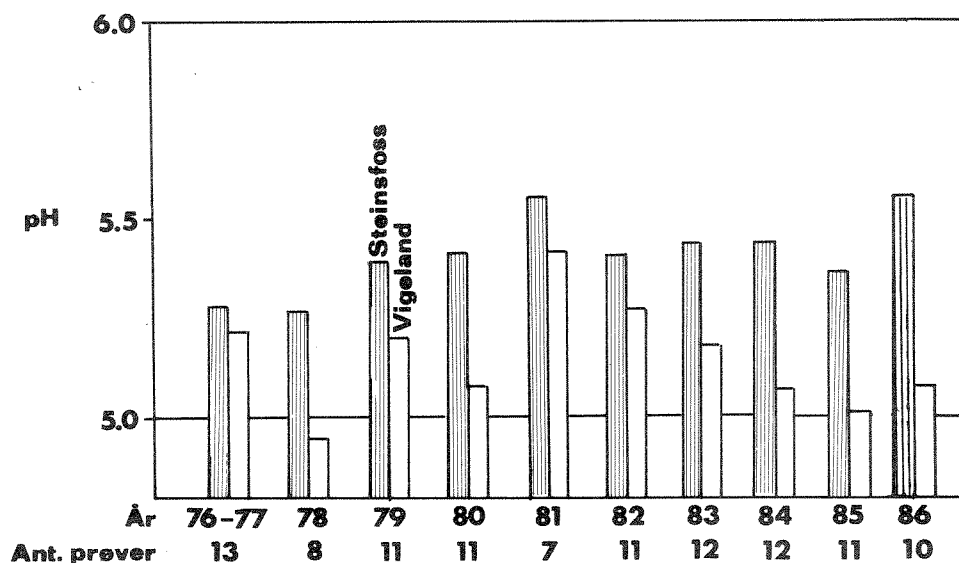
Økningen i surhetsgrad i Otra etter fabrikkområdene i Vennesla tilsvarende ca 19 mill. ekv H^+ pr. år i gjennomsnitt i 1980 (Wright og Grande 1981). Dette er omtrent det bedriften oppga i 1980, men bare under halvparten av det Tryland fant. Avrenningen av H^+ i Otra ved Steinsfoss ga til sammenlikning ca. 28 mill. ekv H^+ pr. år. Dette viser at fabrikkenes bidrag med syre til Otra er omtrent like viktig som netto avrenning av H^+ fra det øvrige nedbørfelt.

Delvis overgang til oksygenbleking ved Hunsfos Fabrikker i august 1980 syntes først å ha forbedret forsureningssituasjonen i nedre Otra i 1981 (Grande et al. 1982). Figur 6 viser imidlertid at det fra 1981 igjen har vært et klart avtak i pH. I juli 1984 ble pH målt til 4.19 (Lande og Grande 1986), en ekstremt lav verdi for et så stort vassdrag som Otra. Slike enkeltepisoder vil sannsynligvis ødelegge eventuelle fiskebestander i elva.

I juni/juli 1986 var det uventet høye netto syreutslipp fra klortrinnet (Hoel 1987). Undersøkelser foretatt av Papirindustriens Forskningsinstitutt i oktober 1986 bekrefter at syreutslippet fra inndampingskondensatet nå ligger på et klart høyere nivå enn i 1982, men syreutslippene fra kondensatet og klortrinnet var lavere enn i juni/juli i 1986. Det ble ikke funnet noen forklaring på en nærmere dobling av syreutslippet fra kondensatet

i forhold til 1982-nivået (Hoel 1987). Den høyere produksjonen og overklorering kan forklare økningen i utslippet fra klortrinnet.

Figur 12 viser utviklingen i pH ved Steinsfoss og Vigeland fra 1976-77 til og med 1986. Mens middel-pH har vært relativt lik ved Steinsfoss fra 1981, har verdiene avtatt markert nedenfor industriområdene i perioden 1981-1985. I 1986 er middel-pH høyere, men den store forskjellen ovenfor og nedenfor industriområdet er den samme som i 1985. Tallene viser at det har vært en klar negativ utvikling i denne delen av Otra de siste årene.



Figur 12. Årsmiddel-pH i Otra ved Steinsfoss og Vigeland for perioden 1976-77 til og med 1986. Antall observasjoner hvert år er også vist.

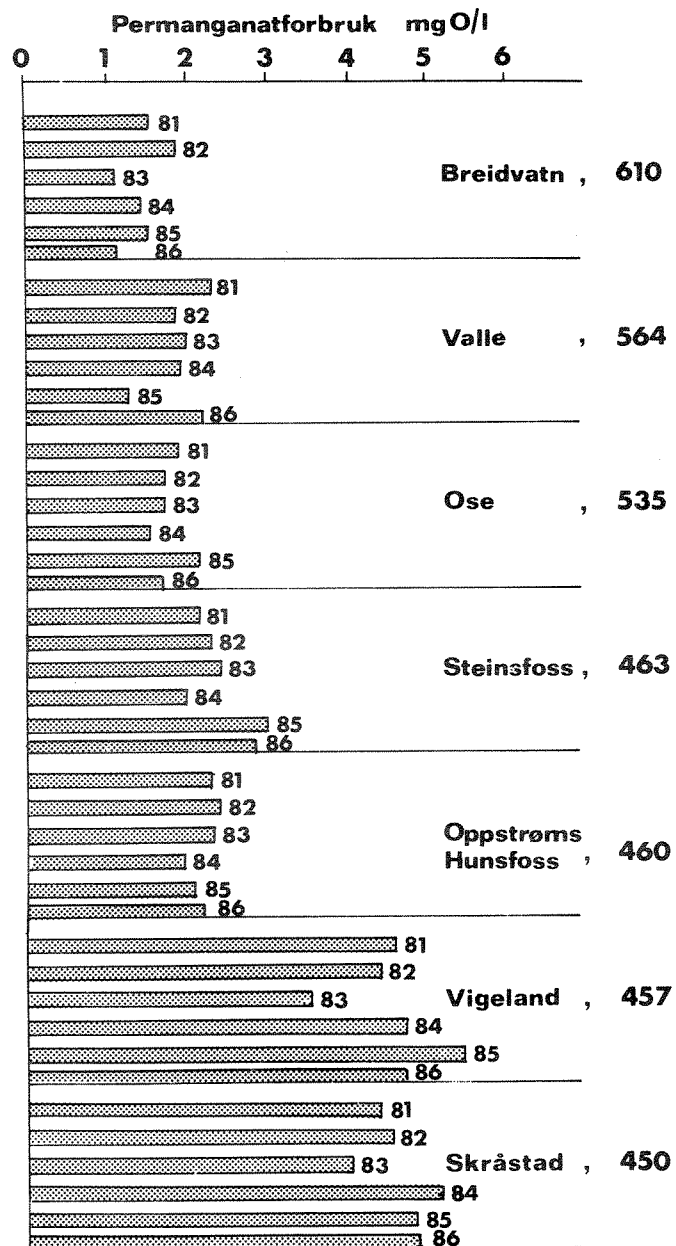
Otra ovenfor Hunsfoss er forsuret pga langtransportert forurenset nedbør. pH er som regel noe over 5.0, med middelvei for året på ca. 5.5. Bufferevnen er derfor svært liten og det skal små mengder syre til for å redusere pH til akutt kritiske verdier for fisk, spesielt laks. Ved en pH-verdi i elva på 5.8 (høyeste verdier i perioden 1980-1986) skal det noe større mengder syreutslipp til for å redusere pH tilsvarende. Ved pH-verdier under 5.0 vil pH endre seg relativt lite ved samme syreutslipp som ved pH omkring 5.5.

Titring med fortyninger av de sure utslippene viser god overensstemmelse mellom registrert pH-senkning i elva og blandingsforholdet mellom elvevann og syreutslipp i 1980 (Tryland 1981).

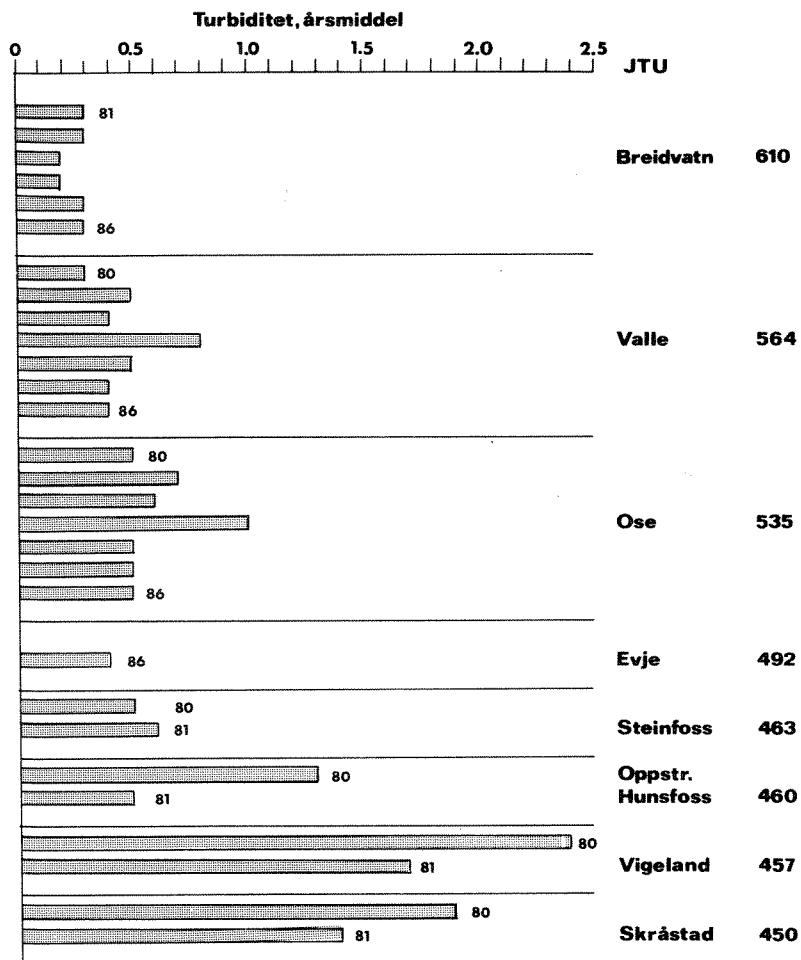
Belastningen av organisk stoff til Otra er beskjeden oppstrøms fabrikkene ved Hunsfoss. Figur 13 og 14 viser at organisk belastning og partikkelinnhold (turbiditet) øker dramatisk nedenfor industriområdene. Når turbiditeten øker til over ca. 1.5-2.0 FTU virker vannet blakket. Etter at Otra har passert Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard er vannet tydelig blakket. Blakkingen (breggrønt utseende) holder seg helt til Otra når Kristiansandsfjorden.

Totalutslippet fra bedriftene var ca. 57 tonn organisk stoff pr. døgn i juni 1980 og 41 tonn pr. døgn i desember 1980, beregnet som kjemisk oksygenforbruk med dikromat (Tryland 1981). Målingen i elven viser at økningen av det kjemiske oksygenforbruk tilsvarende den tilførselen av organisk stoff som utslippsmålingene viste i 1980 (Tryland 1981).

Rensetiltak som ble innført i 1970-årene, med bl.a. sedimenteringsanlegg for fiber og inndamping av sulfittlut ved Hunsfos Fabrikker, har hatt positiv effekt på innholdet av organisk stoff (Lande og Grande 1986). Fra slutten av 1970-årene og fram til 1986 har det imidlertid ikke skjedd bedringer av betydning.



Figur 13. Årsmiddel-konsentrasjoner av organisk stoff målt som permanganatforbruk (mg O/l).



Figur 14. Årsmiddelverdier for turbiditet (partikkelinnhold) i Otra i perioden 1980-1986. Turbiditet er ikke målt nedenfor Evje etter 1981.

I 1980 var de samlede utslippene av suspendert stoff fra treforedlingsbedriftene ca. 11 og 5 tonn/døgn i hhv. juni og desember. Årsaken til at utslippene var mindre i desember var at avløpene fra flotasjonsanlegget og renseriet ved Hunsfos Fabrikker ble behandlet i fibersedimenterings-bassenget.

Det er anlagt fem fyllplasser for bark og trefiber langs Venneslafjorden. Sigevannet fra slike fyllplasser kan være karakterisert ved svært høye konsentrasjoner av organisk stoff, jern og mangan, foruten en rekke andre metaller og uorganiske ioner (Laake 1977). Avrenningen gir opphav til lokale forurensingsproblemer, men gir også tilskudd til den øvrige kloakkbelastning. Dette gjelder først og fremst løste organiske stoffer og i mindre grad nitrogen og fosfor. Halveringstiden for organisk stoff og næringssalter i fyllmassen i Påldalen er anslått til 15-20 år (Laake 1977). Avrenning av slike stoffer vil derfor være langvarig i forhold til avrenningen av jern og mangan, som er mer mobile i oksygenfritt miljø.

Tilførselen av fosfor fra industrien tilsvarer den samlede tilførselen fra kloakk og jordbruk i nedre Otra.

3.2. Biologiske undersøkelser

Inspektøren for ferskvannsfisket gjennomførte undersøkelser i Otra i perioden 1939-1958. Enkelte resultater av befaringene er referert av Bergmann-Paulsen (1962). I denne perioden forsvant laksen fullstendig. Forekomsten av soppen Fusarium aquaeductuum nedenfor fabrikkene i Vennesla ble beskrevet av Bergmann-Paulsen i 1962, likeledes at årsyngel av laksefisk dør i ellevannet.

Omfattende undersøkelser av biologi, spesielt fisk, i øvre del av Otra er først gjennomført i 1970-årene og er referert i teksten.

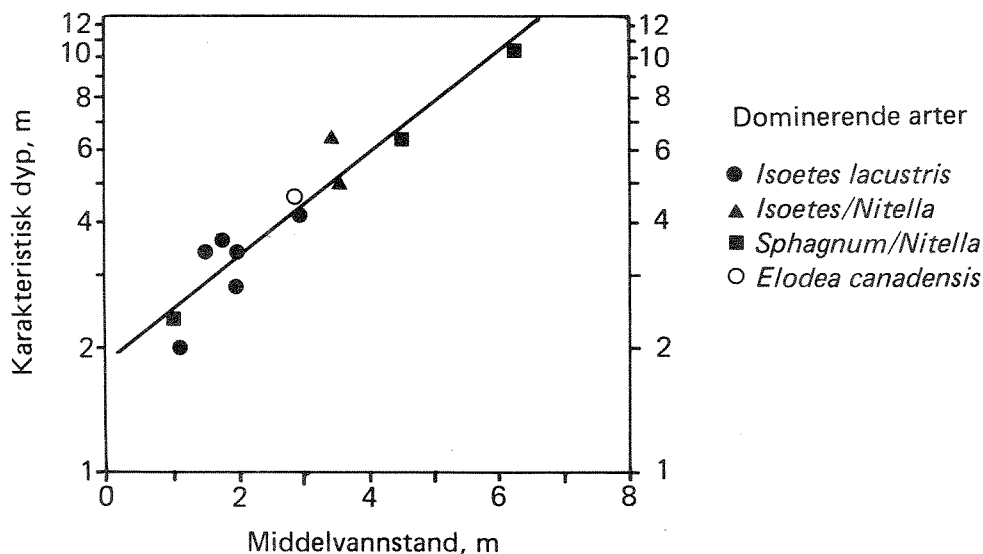
3.2.1. Vegetasjon

En generell oversikt over undervannsvegetasjonen i Otra er gitt av Rørslett (1985). Undersøkelsen viser at det er få arter og at de er typiske for næringsfattige norske innsjøer. Kortsukuddplantene (isoetidene) kan ikke bruke bikarbonat som uorganisk karbonkilde og deres dominans gjenspeiler trolig innsjøenes lave alkalitet (Rørslett 1985).

Tilsvarende funn ble gjort tidligere, se Rørslett (1978). Han fant at høyere vegetasjon var en sjeldenhet i Otra på strekningen Breidvatn - innløp Bykil. Bare krypsiv (Juncus bulbosus) og flytebladsplanten flotgras (Sparganium angustifolium) forekom, men aldri i særlige mengder. Bunnsamfunnene i Hartevatn var klart påvirket av reguleringen, og samfunn med brasmegras og liknende former var forsvunnet.

Om en ser bort fra sumpplantene (helofyttene), øker artsantallet fra de øverste til de nederste vannene i vassdraget. Det var ingen sammenheng mellom antall arter under nederste reguleringsgrense og høyde over havet. De innsjøene som hadde størst endring i vannstand gjennom året hadde lavest antall undervannsarter (Rørslett 1985). I disse innsjøene ble også den største biomasse funnet på større dyp, se figur 15.

Høsten 1986 gjennomførte NIVA en undersøkelse av vegetasjonen i Venneslafjorden på oppdrag av Vennesla kommune. Ifølge kommunen har de seinere års lave sommervannføring i nedre Otra ført til lavere vannstand i fjorden og dermed gunstigere forhold for begroing med uønsket vegetasjon. Det ble ikke funnet uventede arter av noe slag ved denne undersøkelsen, men det vegetasjonsdekkede arealet i Venneslafjorden utgjør ca. 48% av innsjøens nettoareal (Rørslett 1986). Slik arealdekking var på det tidspunktet det høyest observerte av NIVA de siste 10-15 årene. Størst utbredelse av vannvegetasjon finnes i den øvre delen av fjorden, se figur 16. Denne fjorddelen har et tydelig fall og strømmende vann.

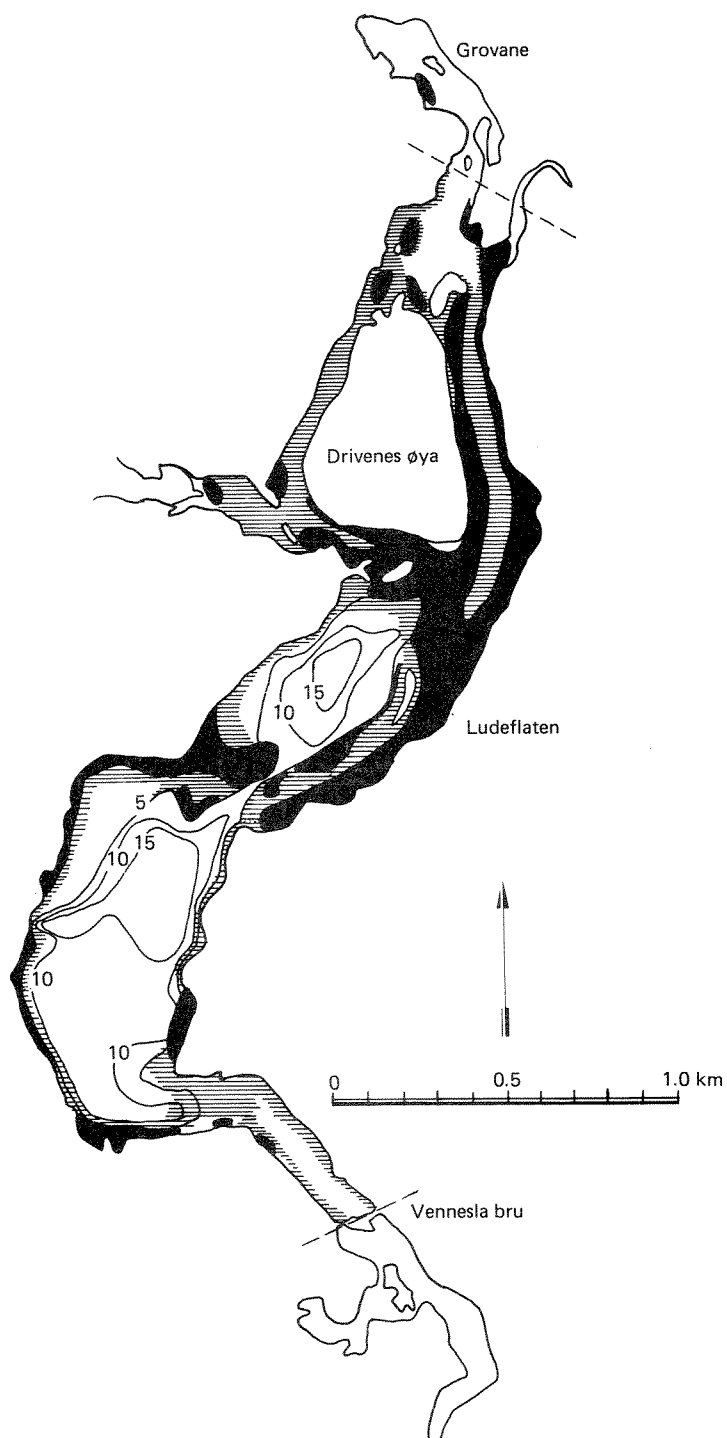


Figur 15. Karakteristisk dyp for enkelte undervannsplanter i Otravassdraget avsatt mot variasjonen i reguleringshøyde (etter Rørslett 1985).

Hoveddelen av vegetasjonen i Venneslafjorden består av krypsiv (*Juncus bulbosus* L.). Denne planten har en undervannsform som lett kan tilpasse seg skiftende vannføringer. Vannformen danner langstrakte skuddkjeder som kan bli flere meter.

Krypsiv bruker karbondioksid til sin produksjon og kan dermed trives i surt vann, der bikarbonatet ikke er tilstede. Dersom den vokser i rennende vann, viser erfaringer fra Norge at høy vannføring om vinteren kan fremme veksten betydelig. Svakt eller manglende isdekke forsterker denne egenskapen. Under slike forhold visner ikke planten ned om vinteren, men kan være aktiv. Den har derfor en flerårig livssyklus som fremmer dannelsen av de lange skuddkjedene som er typiske for denne innsjøen.

De virkelig tette krypsiv-koloniene forekommer fra Ludeflaten og nordover, spesielt nedstrøms Drivenesøya. Slike tette bestander betyr en alvorlig hindring for bruk av innsjøen til f.eks. båtsport, fiske og andre aktiviteter.



Figur 16. Vegetasjonskart for Venneslafjorden, høsten 1986. Bare vannvegetasjon er tatt med. Heldekkende skravering: meget tett vegetasjon. Åpen skravering: mindre tett vegetasjon (etter Rørslett 1986).

I tillegg til krypsiv, øker også blærerotarter og torvmoser. Enkelte av kortskuddplantene i Venneslafjorden er i ferd med å forsvinne. Det gjelder tjønngras (*Littorella uniflora*) og brasmegras (*Isoetes lacustris* og *I. setacea*).

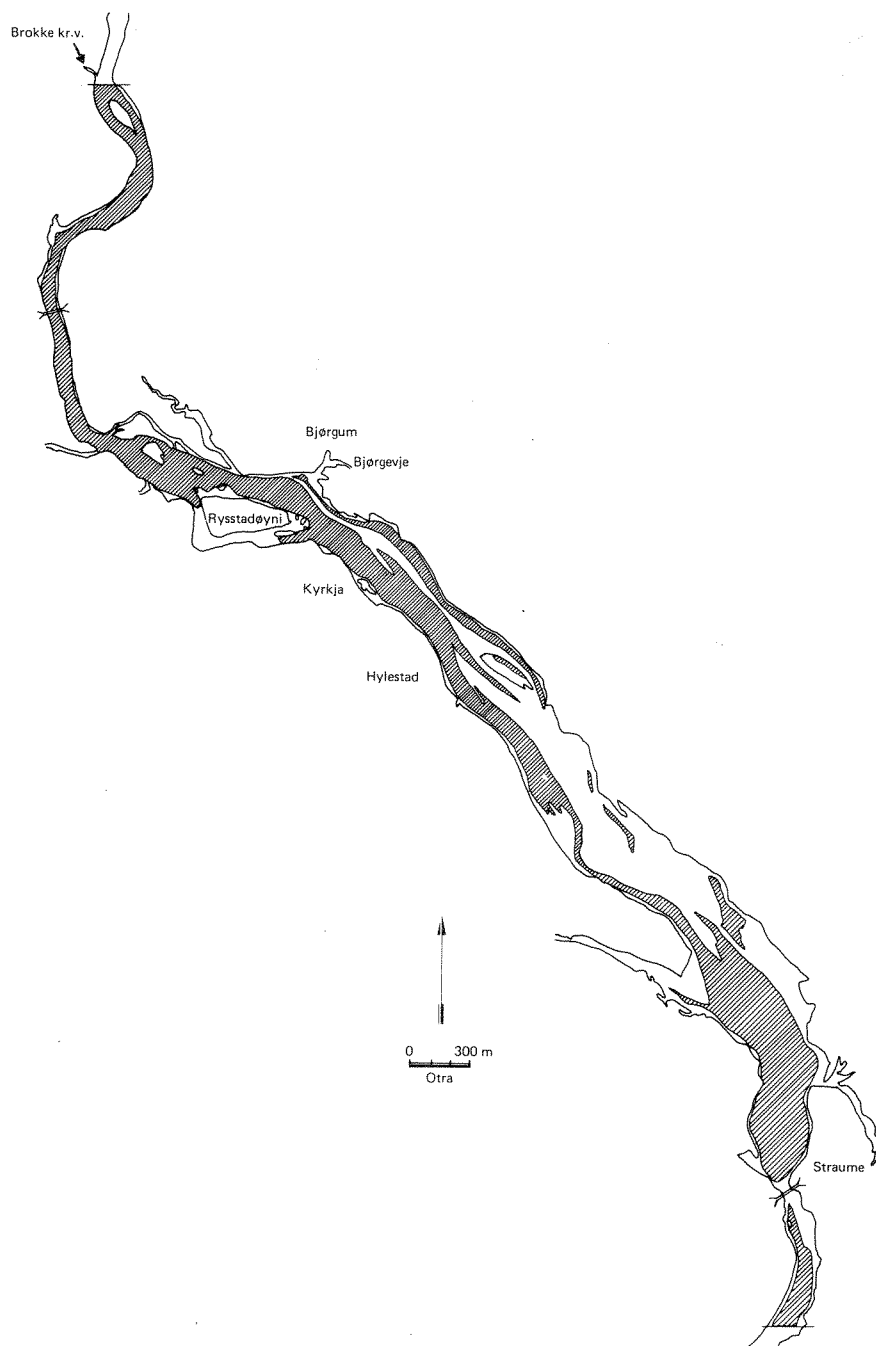
Forsuringen er utvilsomt medvirkende til vegetasjonsendringer i Venneslafjorden. Det er dessuten funnet opphopning av dødt plantemateriale, som også er typisk i sure vannforekomster.

Som en følge av reguleringsinngrepene i Otra har det skjedd en forskyvning mot høye vintervannstander og redusert sommervannføring. Disse endringene kan ha gitt krypsiv en ekspansjonsmulighet på dypt såvel som på grunt vann. I denne sammenheng framheves betydningen av redusert isdekke (Rørslett 1986). I områder med manglende isdekke har planten nå sin største forekomst.

På oppdrag av Valle kommune utførte NIVA høsten 1986 nok en spesialundersøkelse av Krypsiv-vegetasjonen, denne gang på strekningen Rysstad - Straume bru nedstrøms Brokke kraftverk (Rørslett 1987). Her går Otra isfri hele året. Til undersøkelsen ble det benyttet flyfoto fra før og etter regulering, samt at undersøkelser i andre svakt sure vassdrag ble gjennomført. Det ble lagt vekt på å finne årsaker til Krypsiv-utbredelsen. Næringsstatus i plantene i Otra og referansevassdrag ble undersøkt og vannkvalitetsdata for de siste 15 år ble gjennomgått. I rapporten er også inkludert mulige konsekvenser av Hekni-utbyggingen for vegetasjonen i øvre Otra.

Figur 17 viser utbredelsen av vannvegetasjon (krypsiv) i Otra nedstrøms Brokke i 1986. Hele 55% av vannarealet er dekket med krypsiv. Dette er meget stort i forhold til det en normalt finner i norske vannforekomster. Den høyeste verdi registrert av NIVA de siste 10-15 årene stammet fra Venneslafjorden, som nevnt tidligere.

Både forsuring og økt næringstilførsel er utelukket som grunn til de betydelige problemene som er oppstått med tilgroing i den såkalte Straumefjorden (Rørslett 1987). Også her, i likhet med i



Figur 17. Vegetasjonskart for Otra nedstrøms Brokke, 1986. Bare vannvegetasjon (krypsiv) er tatt med. Heldekkende skravur: meget tett vegetasjon (Rørslett 1987).

Venneslafjorden, skyldes tilgroingen omfattende reguleringer. Det konkluderes dessuten med at forholdene ikke kan ventes å bedre seg over tid og at nye utbygginger (Hekni) kan forverre tilstanden.

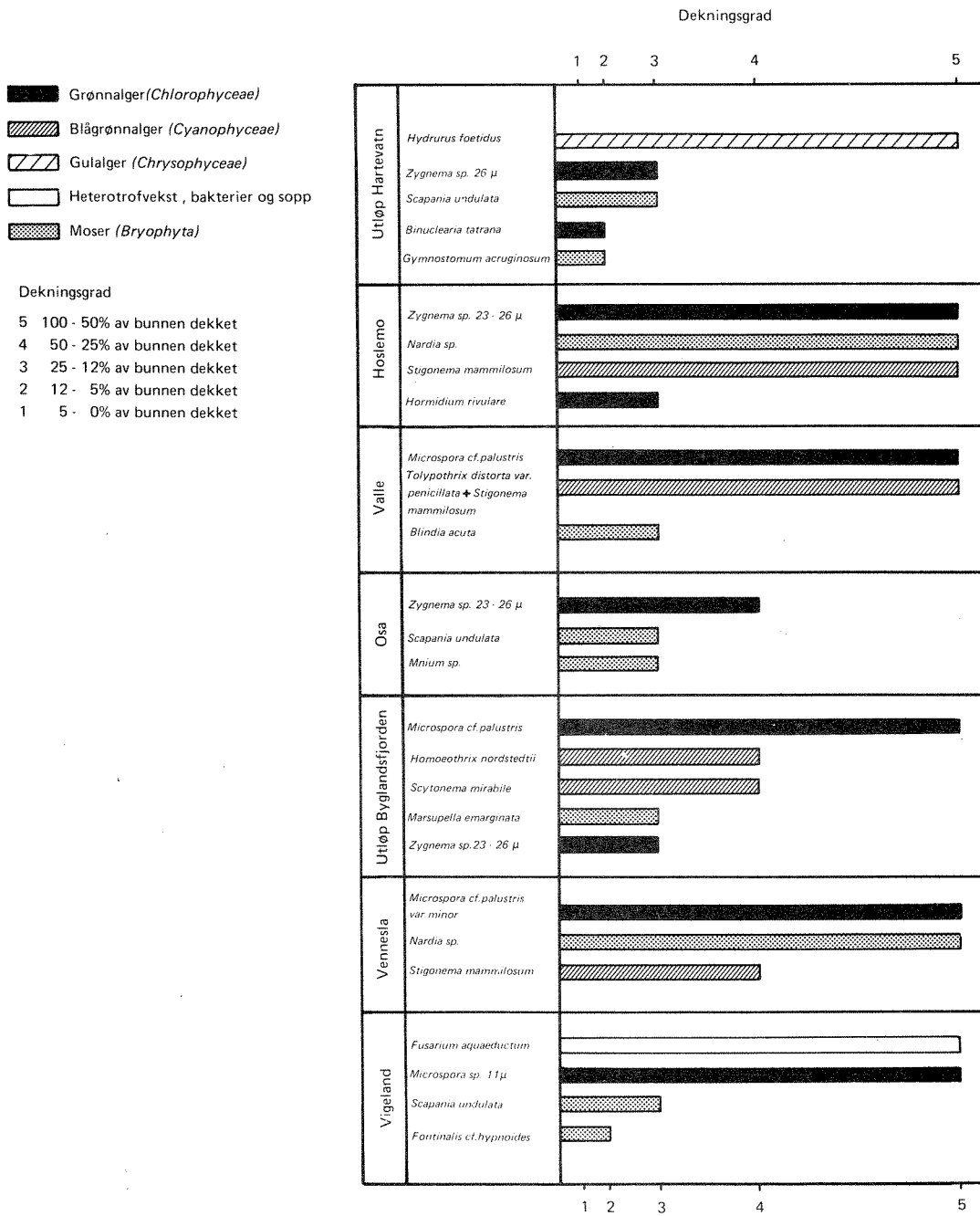
Krypsiv blir mer sjelden ovenfor Bykil ved Bykle. I Hartevatn og Breidvatn forekommer bare den opprinnelige landformen av arten. I Bykil vokser arten nokså frodig, og her i en undervannsmodifisering. I tillegg til de to lokalitetene nevnt ovenfor finnes krypsiv i store mengder nedstrøms Byglandsfjord og i Kilefjorden. I Åraksfjord og Byglandsfjord forekommer arten sparsomt. Der det er stor forekomst har plantene følgende fellestrekk: De er ofte svært lange, kraftige og har et meget frodig bladverk. De fleste normale aktiviteter knyttet til ferskvann er derfor kraftig begrenset.

3.2.2. Begroing

I 1980-1982 ble det samlet inn prøver av begroing på 7 stasjoner. Mengden av de forskjellige begroingselementer er bedømt ved å angi hvor stor del av bekkebunnen som er dekket av vedkommende begroingstype. Dekningsgraden er gitt ut fra følgende skala:

5	100-50 %	av bunnarealet dekket
4	50-25 %	av bunnarealet dekket
3	25-12 %	av bunnarealet dekket
2	12- 5 %	av bunnarealet dekket
1	5- 0 %	av bunnarealet dekket

Resultatene for 1980 er framstilt i figur 18. Med unntak av en stasjon (Vigeland nederst i vassdraget) var begroingssamfunnene preget av arter som regnes som typiske for næringsfattige vassdrag. Ved et flertall av stasjonene var veksten dominert av trådformede grønnalger, forskjellige rentvannsformer av blågrønnalger og moser. Ved utløpet av Hartevatn dominerte gulalgen Hydrus foetidus, som er en typisk kaldtvannsalge.



Figur 18. Begroing ved forskjellige stasjoner i Otra den 12.08.80. Sammenstilling av de viktigste begroingselementene og deres dekningsgrad.

Tilsvarende funn er også gjort tidligere (Rørslett 1978). Rørslett fant at mosevegetasjonen, spesielt levermoser, preger elva og at algeveksten var knyttet til mosevegetasjonen og sjelden forekom direkte på steiner. Begroingssamfunnene var svært like i sin oppbygning i hele Otra ned til Bykil.

Begroingen nedstrøms Vigeland bruk skilte seg markert fra de andre stasjonene. Begroingssamfunnet var her dominert av soppen Fusarium aquaeductuum, sammen med en representant for grønnalgeslekten Microspora.

Fusarium aquaeductuum ble påvist i nedre del av Otra allerede i 1960/1961 (Bergmann-Paulsen (1962)). Den er nærmere beskrevet av Laake (1974). Ifølge Laake finnes denne soppen bare dominant i elver med tilførsel av sulfittavlut. Selvom næringssalter har betydning for begroingsintensiteten, så er det opplagt den store organiske belastningen som er den egentlige årsak til soppens forekomst i Otra (Laake 1974).

Den dominerende soppen i Nedre Otra foretrekker relativt surt vann med god tilgang på oksygen (Rørslett 1978). I årene 1977-1979, etter at renseanleggene ved Hunsfoss ble tatt i bruk, var det en klar visuell endring i soppmengden på strekningen Vigeland-Kvarstein (Laake 1978, Grande et al. 1980, a og b). Soppmengden var stedvis betydelig redusert og innslaget av grønn påvekst (Mougeotia sp.) sterkere. I 1981 og muligens i 1982 var stasjonen nedstrøms Vigeland dertil ikke så sterkt preget av denne soppen som årene før.

Makrovegetasjonen i Venneslafjorden var ved prøvetakingen i september 1986 sterkt overgrodd av alger. Bunnen i innsjøen kunne stedvis være helt dekket av en 5-10 cm tykk algematte. En prøve av denne algematten inneholdt en rekke arter trådformede grønnalger, kiselalger (diatomeer) og noen blågrønnalger. Zygnema og Microspora cf. palustris dominerte (Rørslett 1986).

Begroingssamfunnet karakteriserer Venneslafjorden som en nærings- og elektrolyttfattig, noe sur og svakt humøs innsjø. Dette er

helt i samsvar med vannkjemi og makrofyttvegetasjon. Siden materialet er spinkelt, er det ikke klart om påvekstalgesamfunnet er en indikasjon på tiltakende forsurening.

3.2.3. Planteplankton og dyreplankton

Planteplankton

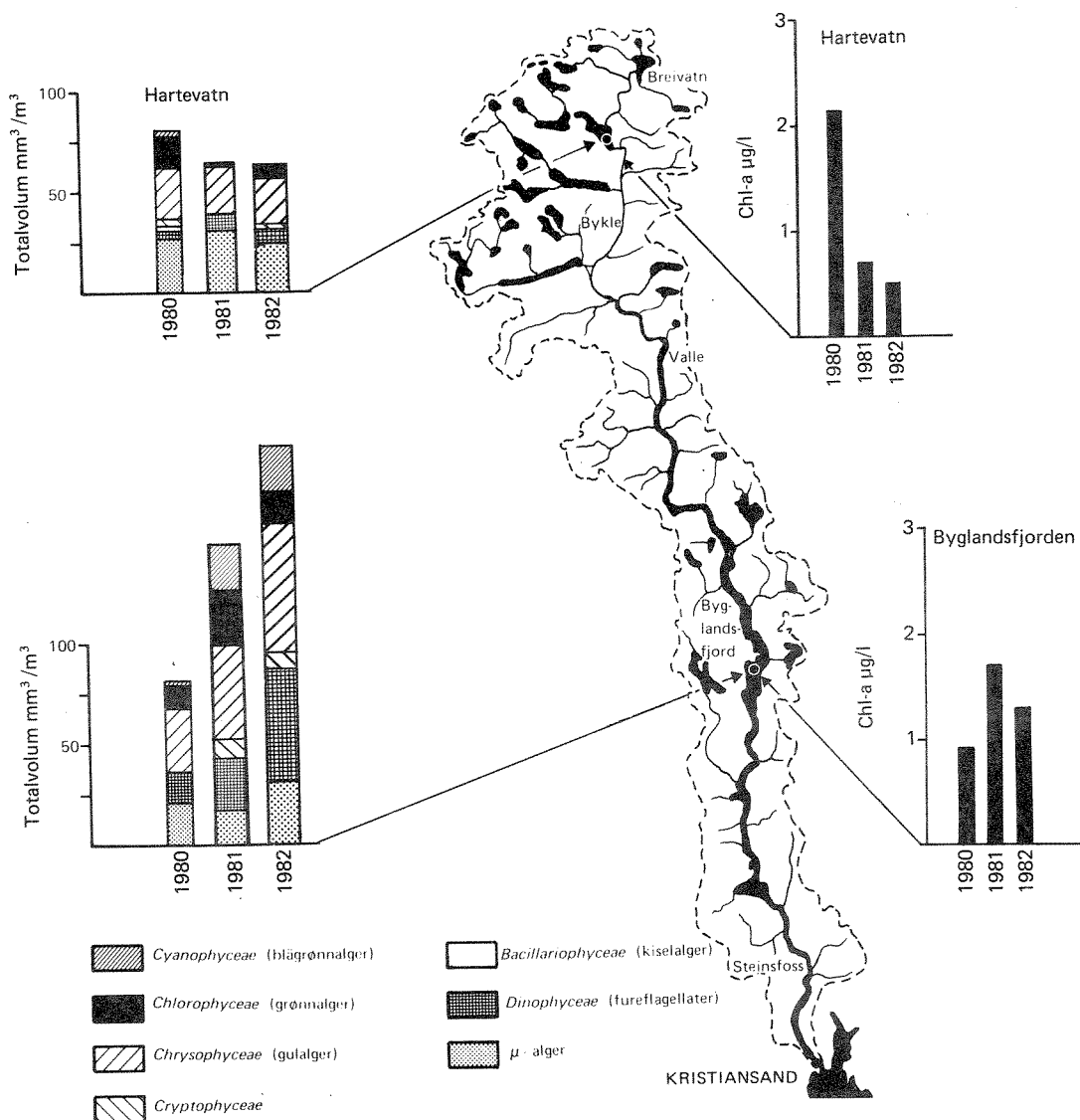
I august 1980-1982 ble det samlet inn prøver av planteplankton og dyreplankton i Hartevatn og Byglandsfjord. Dette var blandprøver fra 0-10 meter. Analysene er framstilt i figur 19.

Totalvolumene ved disse prøvetakingene viser svært lave planteplankton-volumer. Artene som ble funnet er typiske for næringsfattige innsjøer. Blågrønnalger blir ofte assosiert med eutrofe (næringsrike) innsjøer, men arter i denne gruppen kan også opptre i næringsfattige innsjøer. Både i Hartevatn og Byglandsfjord var blågrønnalgen Merismopedia tenuissima en av de dominerende artene. Denne arten er typisk for sure innsjøer.

Algeinnholdet er noe høyere i Byglandsfjord enn i Hartevatn. Siden det bare ble samlet en prøve, kan en videre tolkning av materialet ikke gjøres. Det skal også legges til at det ofte er et sommerminimum i algemengde på det tidspunktet prøvene ble tatt i næringsfattige innsjøer. Dette kan forklare den store prosentvise variasjonen i Byglandsfjord.

Målinger av klorofyll a-konsentrasjonen i Hartevatn og Byglandsfjord ga meget lave verdier (figur 19). Det forsterker det næringsfattige inntrykket planteplanktonprøvene gir.

Disse resultatene bekrefter konklusjoner hos Rørslett (1978), der planktonsammensetning og biomasse i Hartevatn og Breidvatn er undersøkt. Rørslett fant algevolumer under $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ og en artssammensetning som er typisk i næringsfattige og tildels svakt sure innsjøer.



Figur 19. Totalvolum og sammensetning av planteplankton i Hartevatn og Byglandsfjord i 1980, 1981 og 1982.

I terskelbassengene i Valle ble det i 1983 samlet planteplankton for å påvise eventuelle eutrofieringstendenser (Boman et al. 1984). Slike tendenser ble ikke konstatert. Undersøkelsene viste tegn på næringsfattige forhold i terskelbassengene.

Dyreplankton

Både i 1980 og 1981 ble det gjort et enkelt hovtrekk i Hartevatn og Byglandsfjord. Resultatene for 1980 er vist i tabell 13 og 14.

Tabell 13. Dyreplankton i Hartevatn den 11.08.80. Håvtrekk 0-10 meter med maskevidde 0.095 mm.

Art/gruppe	Antall individer pr. m ² overflate	Prosent
<u>Hjuldyr (Rotatoria)</u>		
Kellicottia longispina	Forekommer	0.0
Polyarthra sp.	Sjelden	0.0
Conochilus sp.	Forekommer	0.0
<u>Hoppekreps (Copepoda)</u>		
Heterocope saliens	140	0.1
Acantodiaptomus denticornis	950	1.0
Mixodiaptomus laciiniatus	140	0.1
Cyclops scutifer	820	0.8
<u>Totalt</u>	2050	1.9
<u>Vannlopper (Cladocera)</u>		
Holopedium gibberum	15770	16.2
Bosmina longispina	78870	81.1
Diaphanosoma brachyurum	270	0.3
Acroperus harpae	140	0.1
Polyphemus pediculus	140	0.1
Bythotrephes longimanus	140	0.1
<u>Totalt</u>	95330	97.9
<u>Totalt</u>	<u>97380</u>	<u>100.0</u>

Tabell 14. Dyreplankton i Byglandsfjord den 11.08.80. Håvtrekk 0-10 meter med maskevidde 0.095 mm.

Art/gruppe	Antall individer pr. m ² overflate	Prosent
<u>Hjuldyr (Rotatoria)</u>		
Kellicottia longispina	Sjelden	0.0
Polyarthra sp.	Sjelden	0.0
Conochilus sp.	Vanlig	0.0
<u>Hoppekreps (Copepoda)</u>		
Heterocope saliens	2860	11.7
Diaptomidae sp.	16590	68.1
Cyclops scutifer	410	1.7
<u>Totalt</u>	19860	81.5
<u>Vannlopper (Cladocera)</u>		
Holopedium gibberum	3130	12.9
Bosmina longispina	680	2.8
Diaphanosoma brachyurum	270	1.1
Polyphemus pediculus	140	0.6
Bythotrephes longimanus	270	1.1
<u>Totalt</u>	4490	18.5
<u>Totalt</u>	<u>24350</u>	<u>100.0</u>

Hjuldyr, hoppekreps og vannlopper er representert i prøvene. Hjuldyrene opptrer med få arter (3) og i små mengder i begge innsjøer. Disse artene er svært vanlige i de fleste innsjøer i Norge.

Også arter innenfor gruppene hoppekreps og vannlopper viser at disse innsjøene er næringsfattige. Antallet krepsdyr var en del større i Hartevatn enn i Byglandsfjord. Det skyldes særlig den større forekomsten av vannloppene Holopedium gibberum og Bosmina longispina i Hartevatn. Holopedium gibberum blir gjerne betraktet som en god indikator på næringsfattige innsjøer og trives særlig godt i spesielt saltfattige vann. Den kan imidlertid også finnes i mer næringsrike lokaliteter. Bosmina longispina opptrer gjerne i kaldere vannlag i lavlandssjøer.

Av hoppekrepsene ble det funnet en del Heterocope saliens i Byglandsfjord i 1982. Sammen med Holopedium gibberum er denne svak for fiskepredasjon. Det store antallet indikerer derfor at

presset fra planktonspisende fiskeslag er lite. Arctodiaptomus laticeps ble det funnet en del av i Byglandsfjord. Denne finnes hovedsakelig i høyereliggende områder (kalde vann) eller i dypere vannlag. Arten er vanlig på Vestlandet, i Trøndelag og nordover. Cyclops scutifer ble funnet i begge vann og er svært vanlig i norske innsjøer.

Det var ingen betydelige endringer fra 1980 til 1981 og 1982.

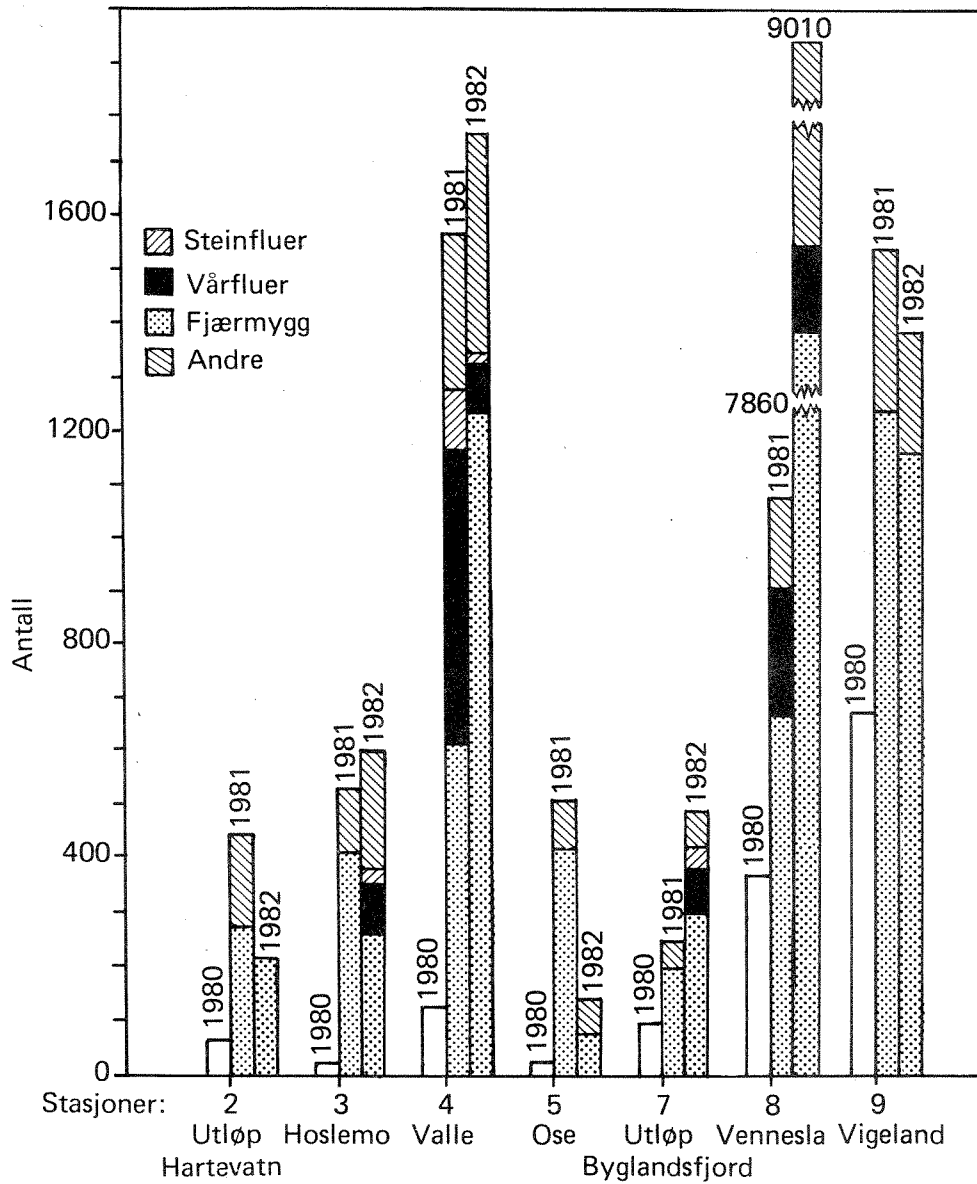
I terskelbassengene i Valle ble det i 1983 gjort undersøkelser av dyreplankton for å påvise eventuelle eutrofieringstendenser. Dette ble ikke funnet. Planktonsamfunnet tydet på næringsfattige forhold. Ved stor vannføring skylles planktonsamfunnet ut av tersklene. I august 1983 ble det utviklet en bestand av Bosmina longispina etter en lengre periode med minstevannføring (Boman et al. 1984).

3.2.4. Bunndyr

I 1980, 1981 og 1982 ble det samlet bunndyr fra overvåkningsstasjonene. I tabell 15 er det gitt en oversikt over stasjonsplassering. I tidligere rapporter er det redegjort for enkelte endringer i plasseringen. Resultatene er vist i figur 20. Prøvene ble samlet med en bunndyrhov med maskevidde 250 μm i 3 ganger 1 minutt på hver lokalitet ved den såkalte sparkemetoden.

Tabell 15. Lokaliteter for innsamling av biologiske prøver i Otra i 1980-1982.

Lokalitet	Beliggenhet	UTM-koord.
Hartevatn	400 m vest for Hartevassbu	023 074
Utløp Hartevatn	50 m nedstr. utløp Hartev. (øst)	990 776
Hoslemo	Oppstr. utløp Berdøla (vest)	896 096
Valle	Nedstrøms Harstad (vest)	627 157
Ose	Ose bru (vestre side)	245 352
Byglandsfjord	300 m vest for Bygland	219 301
Utløp Bygl.fjord	1 km oppstr. Syrtveit (øst)	015 313
Vennesla	200 m oppstr. bru til Moseid (v.)	593 396
Vigeland	400 m nedstr. Vigeland Bruk (øst)	573 386



Figur 20. Bunndyr ved forskjellige stasjoner i Otrå i august 1980, 1981 og 1982. Tallene viser antall individer innsamlet med bunndyrhov i 3 ganger 1 minutt ved sparkemetoden.

Det bunndyrsamfunnet som finnes ved hver enkelt lokalitet er svært avhengig av det substratet og den strømhastighet som finnes på stedet. Nedenfor beskrives derfor både lokalitet og de funn som ble gjort i 1980 og 1981.

Utløp Hartevatn

Prøvetakingslokaliteten var her ca. 50 meter nedenfor dammen i Hartevatn under veibru. Elva går på dette stedet i stryk over stor og middels stor stein.

Antallet dyr var relativt lite og bestod for det meste av fjærmygglarver og småkreps fra Hartevatn i 1981.

En kunne på denne stasjonen ha ventet stor forekomst av nettspin- nende vårfluelarver, slik en ofte finner i utløp av innsjøer. Dette ble ikke konstatert.

Hoslemo

Prøvene ble her tatt ved en sving i elva ovenfor en øy ved Hoslemo i 1980, en km lenger ned i 1981. Elva var her delvis tørrlagt i 1980. Elva gikk i stryk og elvebunnen var steinet med stor forekomst av mose i 1980. Stasjonen i 1981 var elvebunn med relativt små stein.

Her ble det bare funnet 16 dyr i 1980, men atskillig fler året etter. Antallet er imidlertid lavt. Fjærmygglarver dominerte i prøvene.

Valle

Prøvene ble tatt umiddelbart nedenfor siste terskeldam ovenfor Hallandsfossen, ca. 50 meter ovenfor veibru ved elva. Elva går her i småstryk over en bunn av små og middelstor stein.

Forekomstene av dyr var rikere og mer allsidig sammensatt enn på de ovenforliggende stasjonene. Fjærmygglarver og vårfluelarver

var de dominerende gruppene.

Ose bru

Prøvetakingen skjedde her like ved veibru ved Ose. Elva går her meget stilleflytende og har en storsteinet bunn.

På denne stasjonen ble det bare funnet 20 dyr, med fjærmygglarver som den største gruppe. Årsaken til det lave antallet er lav strømhastighet og grovt substrat.

Utløp Byglandsfjord

Prøvetakingen skjedde her ca. 400 meter nedenfor dammen ved utløpet av Byglandsfjord på elvas østside. Elva går her i stryk over en bunn som veksler mellom større og mindre stein, grus og sand.

Lokaliteten hadde et relativt sparsomt dyreliv. Fjærmygglarver dominerte.

Venneslafjord

Prøvene ble i 1980 tatt ca. 50 meter ovenfor en veibru mellom Moseidmoen og Vennesla sentrum på elvas østside. Denne lokaliteten har vært benyttet ved alle undersøkelser av biologiske forhold i nedre Otra siden 1960. Elva går her i slake stryk over en bunn av sand, grus og stein.

Her var det i august vesentlig mer dyr enn på de ovenforliggende stasjonene. Dette skyldes den store mengden fjærmygglarver. Her var også en del vannmidd og vårfluelarver. I oktober ble det også funnet en del døgnfluer og småkreps (plankton) på denne stasjonen.

I 1981 ble stasjonen flyttet til elvas vestside pga lokale forurensingseffekter på elvas østside. Elva går på det nye stedet i slake stryk over en bunn av stein, grus og sand.

Fjærmygglarver dominerte sammen med nettspinnende vårfluelarver. Sistnevnte lever ofte i utløpet av innsjøer, her i utløpet av Venneslafjorden. Det ble observert et stort antall aureyngel i 1981, så det antas at bunndyrene er utsatt for et visst beite-trykk.

Vigeland

Prøvene ble her tatt på elvas østside ved Vigeland bruk. Også dette er en lokaltet som har vært benyttet ved tidligere undersøkelser i nedre Otra. Elva går her i stryk over en bunn med stein, grus og sand. På dette stedet er det betydelig begroing med soppen *Fusarium* sp.

Dette var den rikeste stasjonen i Otra i 1980 og 1981. Det kommer av den store forekomsten av fjærmygglarver, men også biller og fåbørsteormer fantes i større mengde enn på noen av de andre stasjonene.

I oktober 1981 var antallet dyr på denne stasjonen vesentlig mindre enn på den ovenforliggende. Det ble ikke funnet døgnfluelarver og mengden av fjærmygglarver var vesentlig mindre enn ved Vennesla.

Undersøkelser har vist at det er lite fisk på denne strekningen i Otra. Det er derfor lite beitetrykk på bunndyrene her. Den relativt rike forekomsten av bl.a. fjærmygglarver nedenfor industribedriftene i Vennesla tyder på at det burde være tilstrekkelig næring for produksjon av noe laksefisk i området. Den raske veksten av utsatt bekkerøye tyder også på det. Fjærmygglarvene finner gode livsbetingelser i sopp- og fiberforekomstene på bunnen av elva.

Kvarstein, Hagen og Skråstad

Disse stasjonene inngår ikke i det generelle biologiske overvåkningsprogrammet, men er av interesse for spesialundersøkelser i nedre Otra.

Stasjonene skildte seg lite ut fra Vigelad med hensyn til mengde og sammensetning av dyr ved undersøkelsene i 1980.

I 1982 var det stort sett små endringer i bunndyrenes antall og sammensetning i forhold til de tidligere år.

I årene 1983 - 1986 er det bare samlet dyr fra Venneslafjorden og Vigeland. Resultatene er vist i tabell 16.

Tabell 16. Bunndyr ved Moseidmoen (utløpet av Venneslafjorden) og Vigeland i perioden 1983-1986.

Dyregruppe	Moseidmoen				Vigeland			
	1983	1984	1985	1986	1983	1984	1985	1986
Vårfluelarver	20	131	238	72			6	9
Døgnfluelarver	10	86	154	16			6	18
Steinfluelarver	40		2	16				
Fjærmygglarver	630	786	714	608	2320	1912	4424	4896
Myggpupper	50							
Midd	30	6	58	56			12	
Bitemygglarver	10			4				
Fåbørsteormer	10	4	16	16	240	1288	629	96
Vannbiller					20		154	159
Landinsekter					10			
Rundmark		4	2			264	100	
Stankelbein		2	14					
Knottlarver				24				
Igler								3
Tot. dyr	800	1019	1198	812	2590	3464	5331	5181
Tot. grupper	8	7	8	8	4	3	7	6

Tabell 16 viser at bunndyrsamfunnet ved Moseidmoen er typisk for sure lokaliteter, med dominans av fjærmygglarver og vårfluer. Døgn- og steinfluer forekommer i små mengder. Dette skyldes prøvetakingstidspunktet og at de fleste døgnfluearter er lite tolerante overfor surt vann. Den relativt store forekomsten av vårfluelarver skyldes nettpinnende larver som samler opp plankton som driver ut fra Venneslafjorden.

Bunndyrsamfunnet ved Vigeland er tydelig mer spesialisert, med sterk dominans av fjærmygglarver. Også biller opptrer i stort antall. Dette skyldes forurensingene fra industrien i Vennesla. Totalt sett er dyremengden større her enn ved Moseidmoen fordi bunndyrsamfunnet ikke holdes nede av fisk. Det er altså tilstrekkelig næring for fisk i denne delen av elva.

Laake (1976) fant at det fra 1960-1961 hadde skjedd en forandring nedenfor Hunsfoss i retning av fåbørstemark (oligochaeter). Tidligere var fjærmygglarver (chironomider) det mest typiske faunaelement. Døgnfluer var også til stede. Disse ble overhodet ikke påvist i perioden 1983-1986.

3.2.5. Fisk

Det har vært gjennomført en rekke undersøkelser av fiskeforholdene i Otra de siste tiår. Regulering i øvre del, industriforurensing i nedre del og forsuring har vært utgangspunkt for flere av dem. Undersøkelsene er gjennomført av det som dengang het Fiskerikonsulenten for Øst-Norge, av Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske og av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (fra 1985 Direktoratet for naturforvaltning). Det foreligger dessuten laksestatistikk for vassdraget med data helt fra 1876. Undersøkelser er også gjennomført av NIVA, spesielt de siste år som spesialstudier i forbindelse med overvåkingen. Bygland fiskeanlegg foretar prøvefiske i forbindelse med utsettinger fra anlegget.

Her skal det gis en generell redegjørelse for fiskeforholdene i øvre del av Otra. For nedre del blir laksefangst og undersøkelser fra 1980 til 1986 gjennomgått.

Øvre Otra

Sæsvatn og Breidvatn kan regnes som de to øverste innsjøene i vassdraget. Her var det i 1980 en tett bestand av aure av god kvalitet. Det nedenforliggende Lislevatn er overbefolket, men

fisken er av god kvalitet. I Hartevatn var det også en stor bestand av aure i 1980 og vannet kan betraktes som overbefolket. Fisken var av brukbar kvalitet.

På elvestrekningen mellom disse innsjøene var det i 1980 en stor bestand av småfallen aure. Enkelte større fisk forekom. Sportsfisket på denne strekningen ble betegnet som godt.

I Otra fra Hartevatn og ned til Valle ved Hallandsfossen finnes en stor bestand av småfallen aure tildels av mindre god kvalitet. Den er tildels betydelig befengt med parasitter (Rørslett et al. 1981). I noen av de større hølene (Bykil m.fl.) kan det forekomme enkelte større fisk.

Ifølge Rørslett (1978) skyldes overbefolkningen meget gode gyteforhold. Aure er eneste forekommende fiskeart ned til Valle.

I Otra fra Valle og ned til Byglandsfjord gjelder de samme forhold som ovenfor, men her fantes tidligere også bleke. Den vandret fra Byglandsfjord opp til Hallandsfossen for å gyte. Bestanden av bleke var i 1980 på det nærmeste forsvunnet. Særlig regulering (Løkensgard 1975 og Borgstrøm 1973-1975), men også forsuring (Borgstrøm 1975) kan være medvirkende årsak til dette.

Bleka vandret tidligere også ned fra Byglandsfjorden for å gyte. Det foregikk et betydelig fiske etter den i utløpsoset, ved Gullsmedmoen og Vassenden. Etter reguleringen av fjorden forsvant dette fisket praktisk talt (Rørslett et al. 1981).

I Byglandsfjorden er det en ganske god bestand av aure av god kvalitet. Auren blir vanligvis opp til 200 gram, men individer på flere kilo fanges av og til. En del av fisken er infisert med rundmark (Eustrongylidae), som nedsetter fiskens verdi.

Bestanden av bleke i Byglandsfjorden opprettholdes ved utsettinger fra fiskeanlegget på Bygland. Hvert år siden begynnelsen på 1970-tallet er det også foretatt prøvefiske i Byglandsfjord, se årsmeldinger fra Bygland Fiskeanlegg.

På strekningen fra Byglandsfjord til Vennesla har Otra en meget stor bestand av aure, på de stille partiene nedenfor Fennefoss også av abbor. Ål finnes i de nedre deler av denne strekningen. Auren er stort sett småfallen, av mindre god kvalitet og tildels befengt med parasitter. Abbor og ål er av god kvalitet.

Fisket på strekningen Hartevatn til Hægelandsfjorden i Vennesla er organisert av Otra Fiskarlag, som ble dannet i 1965. Selvom fisket i øvre del av Otra på en del strekninger har begrenset verdi utgjør fisken som helhet en viktig ressurs som det er viktig å ta vare på og utvikle.

Den småfalne Byglandsfjordauren er satt ut i det kalkede Store Hovvatn fra 1981 (Matzow et al. 1985). Her ble veksten formidabel, med fisk på mellom 0.5 og 1.0 kilo etter 2-3 år. Fisken gyter på grunner i selve Byglandsfjorden og kan derfor være spesielt godt egnet til utsetting i forbindelse med kalking av innsjøer.

I øvre del av Otra er reguleringenes innvirkning på surheten i vassdraget av spesiell interesse. Selvom øvre del av nedbørfeltet har gunstig geologi, kan reguleringsinngrepene føre til at vannkvaliteten ned mot Brokke domineres av surere sidevassdrag. Blekas situasjon vies stor oppmerksomhet nasjonalt og internasjonalt.

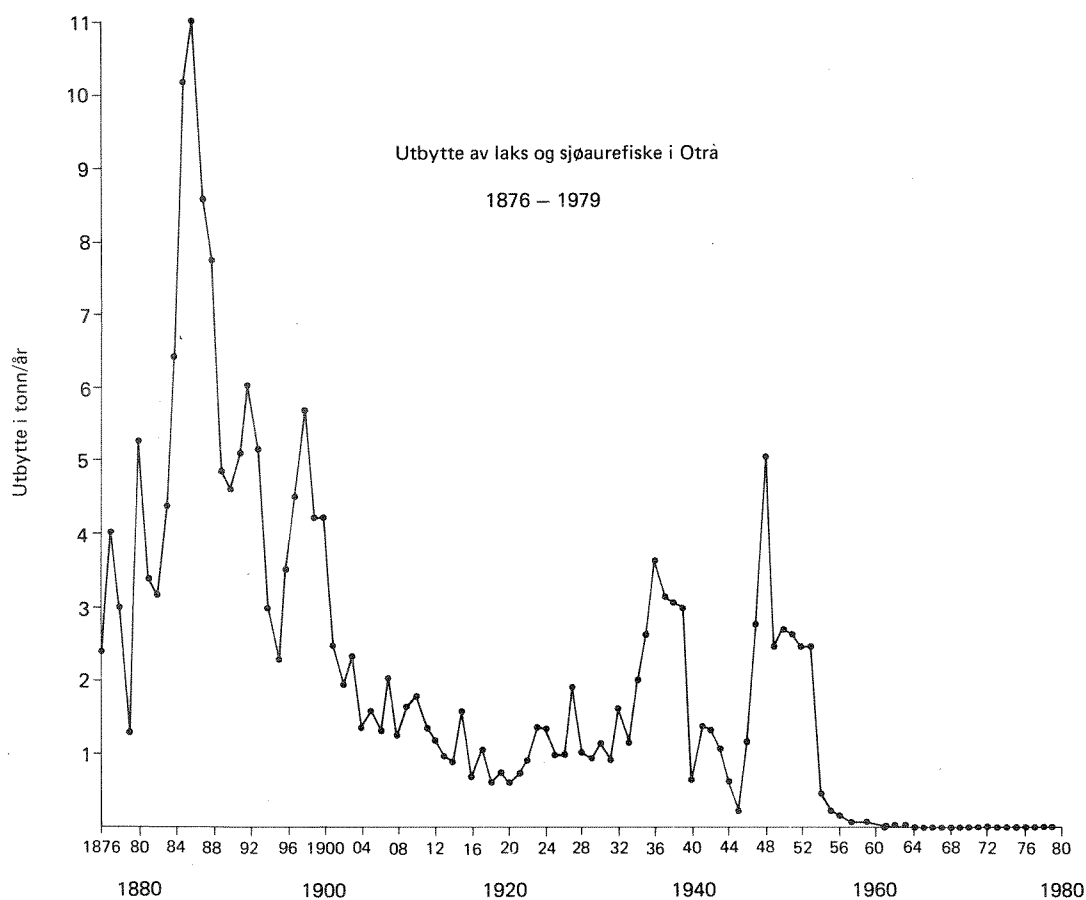
Spesielle kraftverksmanøvreringer gir betydelig gassovermetning i avløpsvannet fra Brokke kraftverk. I samarbeid med Vassdrags- og havnelaboratoriet, NHL, foretar Bygland Fiskeanlegg i 1987 ukentlige målinger av gassmetning ved kraftverket. Gassovermetningens betydning på fiskebestanden er ikke undersøkt.

Nedre Otra

Otra var tidligere en god lakseelv, men den gamle bestanden må betraktes som utryddet, se figur 21. Fra 1960 er det bare fanget enkelte individer av laks og sjøaure. Dette kan være rømt

oppdrettsfisk, fisk som går opp i feil vassdrag eller resultat av smoltutsettinger.

For å få et inntrykk av fiskebestandens størrelse og sammensetning, ble det i oktober 1980 fisket med elektrisk fiskeapparat ved utløpet av Venneslafjorden, ved Vigeland, Kvarstein og Hagen. Tabell 17 gir en oversikt over hva som ble fanget på hvert sted.



Figur 21. Utbytte av laks- og sjøaurefiske i Otrå i perioden 1876-1979 (etter Wright og Grande 1981).

Tabell 17. Elektrofiske i nedre del av Otra i oktober 1980. 1)
Nattfiske med kunstig lys.

Lokalitet	Tid, min.	Antall	
		Aure	Laks
Utløp Venneslafjord	15	29	0
Vigeland, under foss	60 1)	1	4
Vigeland	60 1)	2	0
Vigeland	25	1	1
Hagen	60	5	0

Ved Vennesla ble det fisket 29 aure i løpet av 15 minutter. 26 av disse var sannsynligvis årsyngel, mens to var en vinter gamle. Bestanden av småfisk er altså meget stor på denne strekningen.

I hølen under Vigelandsfossen ble det fanget fire laks på 1.2 til 3.0 kilo ved fisket i oktober 1980. De minste av disse kan være resultat av utsetting i 1979.

Tilsvarende undersøkelser i seinere år viste ingen vesentlige endringer i dette bildet. I tillegg til aure finnes det også abbor i denne delen av Otra. Ål og trepigget stingsild forekommer i betydelig antall også nedenfor Vigeland. Dessuten finnes elvenioye og havnioye (Rørslett et al. 1981).

I følge opplysninger fra lokalkjente ble det fisket noen få laks i elva i 1980 og det ble funnet noen døde laks i området nedenfor Vigelandsfossen. I 1981 og 1982 var fisket noe bedre og lakseoppgangen har trolig vært bedre enn på mange år. I 1983 ble det sannsynligvis fanget færre laks enn året før. I 1986 ble det fanget noen laks og smålaks. Det ble dessuten sett og fanget enkelte store bekkerøyer i nedre deler av Otra. Disse stammer fra utsettinger i 1981 og/eller i 1982. Forekomst av enkelte mindre bekkerøyer tyder på at noe reproduksjon har funnet sted. Dette ble også påvist ved elektrofiske i 1984.

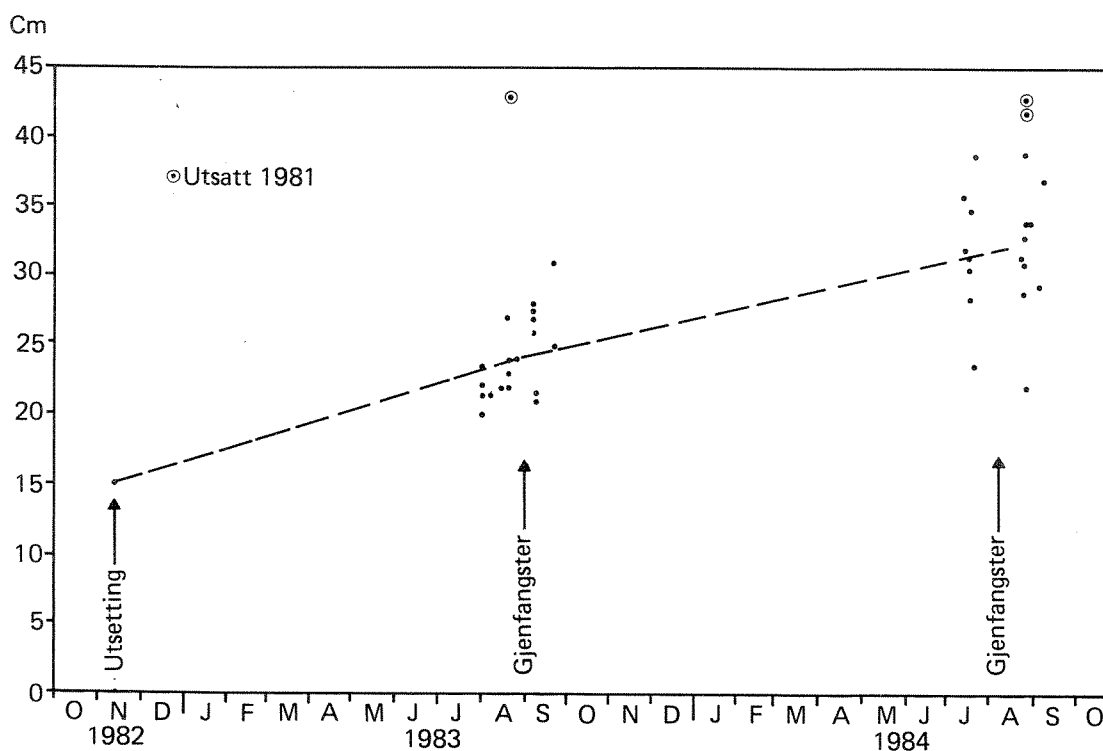
Elektrofiske og observasjoner viste i 1981 at det er meget lite yngel av laks nedenfor Venneslafjorden. Det er satt ut lakseyngel

og smolt av laks i 1978, 1979 og 1980. Utsettingene er gjennomført i regi av Otra laksefiskelag og Direktoratet for vilt- og ferskvannsfisk i samarbeid med NIVA.

Selvreproduserende bestander av aure finnes i bekker som munner ut i nedre Otra og i Otra ovenfor Hunsfoss.

I juni 1980 ble det satt ut 1099 merkede laksesmolt ved Sødal nær munningen av Otra. Fisken hadde imidlertid dårlig kondisjon ved utsettingen. I juli 1982 ble det satt ut 1500 delvis smoltifiserte laks likt fordelt ved Sødal, Hagen og Haus. Det ble i tillegg satt ut 1250 av samme kategori ved Sødal og 1000 årsyngel av laks ved Haus, Hagen og Strai.

I november 1982 ble det satt ut 6000 ensomrige bekkerøyer nedenfor Vigeland. Hensikten var her å studere overleving, vekst, smak og akkumulering av mikroforurensinger. Gjenfangster er vist i figur 22.



Figur 22. Gjenfangster av bekkerøye satt ut i november 1982. Fiskens lengde ved gjenfangst er vist.

Bekkerøyene har vokst godt, kondisjonsfaktoren i 1984 varierte fra 1.01 til 1.61. Det er relativt høyt til å være bekkerøye (Boman og Grande 1985).

Burforsøk med settefisk (1+) av laks og aure har vist at disse kan leve opptil to måneder i elva nedenfor bedriftene i Vennesla.

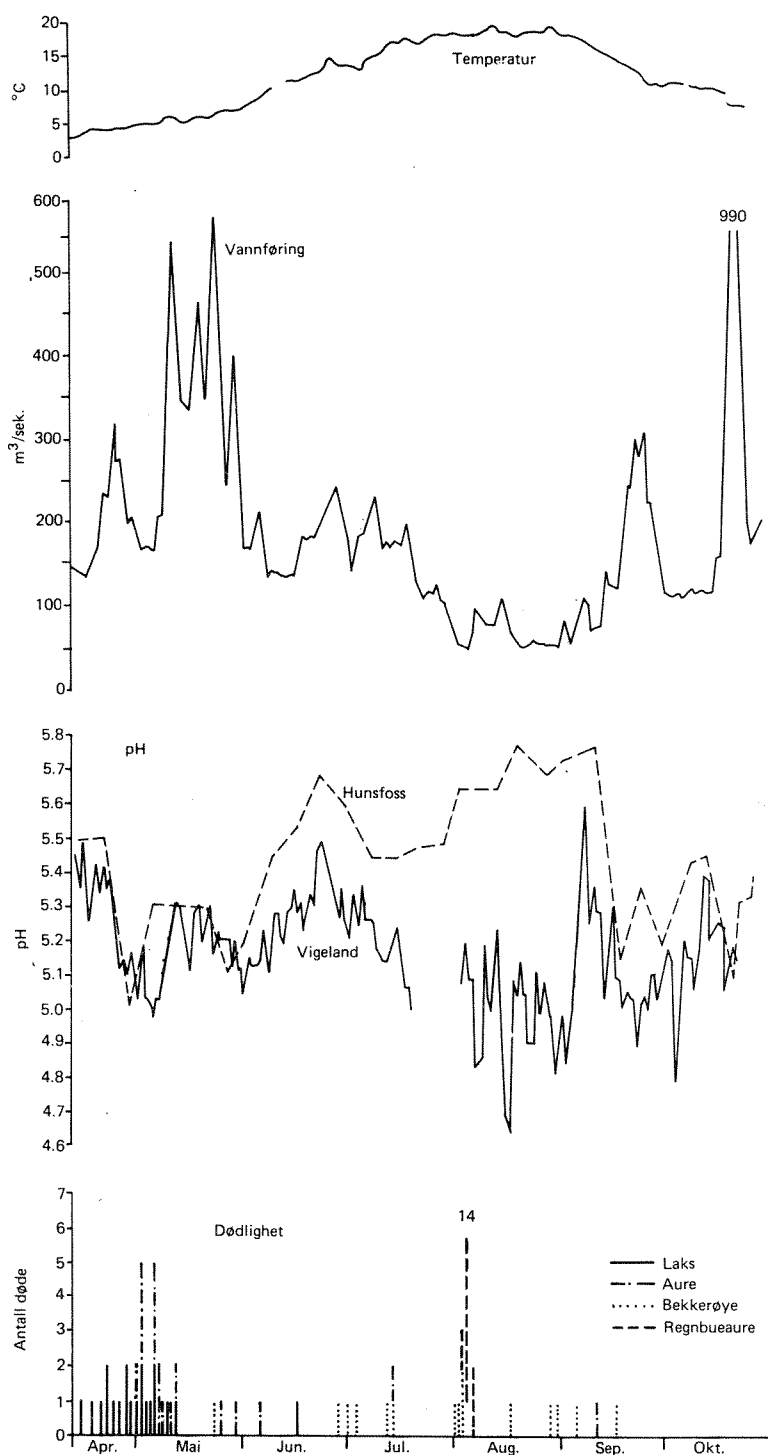
I november 1981 ble det satt ut 352 merkede bekkerøyer ved Steinsfossen og et tilsvarende antall umerkede ved Ravnås nedenfor Vigeland. Ca. to tredeler av disse fiskene var noe over 200 gram og en tredel ca. en kilo. Hensikten var å se på fiskens overlevelse og akkumulering av mikroforurensinger. Det var også av interesse og se på fiskens evne til å klare nedvandring gjennom turbiner og fossefall.

I 1981 og 1982 ble det gjenfanget 20 av de utsatte bekkerøyene. I følge lokale opplysninger er det i tillegg fanget 17 bekkerøyer i nedre Otra som kan være resultat av utsettingen. De registrerte fiskene hadde god kondisjon, og kjøttfargen var svakt rød eller rød. En del av de store fiskene var overraskende nok ikke kjønnsmodne i august 1982.

I 1981 og 1982 ble det gjort overlevelsesforsøk med utlegging av nybefruktet rogn av laks og bekkerøye ved utløpet av Venneslafjorden og ved Vigeland. Det ser ut til at bekkerøya kan utvikle seg til ferdig yngel i nedre Otra, mens dette er tvilsomt for laks.

Ved intaket til kraftstasjonene ved Hunsfoss og Vigeland ble det i 1983 og 1984 gjort forsøk med automatisk registrering av vannkvalitet og samtidig observasjon av fisk i fiskekar. Hensikten var å registrere eventuelle effekter av industriutslipp på vannkvalitet og fisk.

Vannkvalitetsmålingene har omfattet pH, konduktivitet, oksygen, temperatur og turbiditet. I figur 23 er resultater fra april til oktober 1983 framstilt for Vigeland. pH fra Hunsfoss er også tatt med for å vise effekten av industriutslipp ved varierende vannføring.



Figur 23. Temperatur, vannføring, pH og dødelighet av fisk ved forsøksanlegget på Vigeland i 1983. Ett år gamle laks, aure og bekkerøye ble satt ut i karene i april, mens regnbueaure ble satt ut i august.

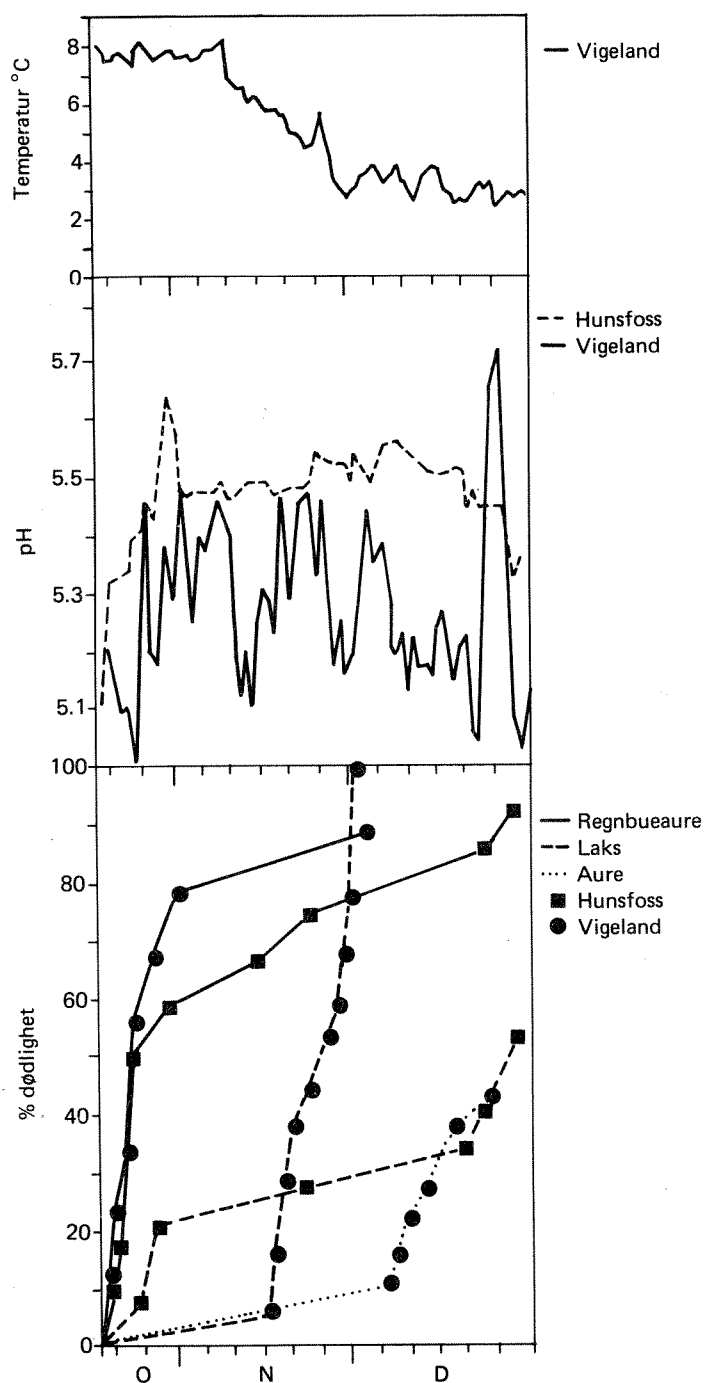
Som det framgår av figur 23, begynte laksen å dø først, deretter auren og til sist bekkerøya ved utsettingen i april. Regnbueauren døde allerede i løpet av 3-4 dager etter utsettingen i august. Gjeller fra disse fiskene inneholdt ca. fem ganger så mye aluminium som referansecisk fra NIVA (Grande og Wright 1984).

I et nytt forsøk som startet i oktober 1983 ble det benyttet sommergamle laks, aure og regnbueaure både ved Hunsfoss og Vigeland. Figur 24 viser dødelighet ved dette forsøket i forhold til pH fram til utgangen av året. Figur 25 viser resultater fra 1984 for laks og aure.

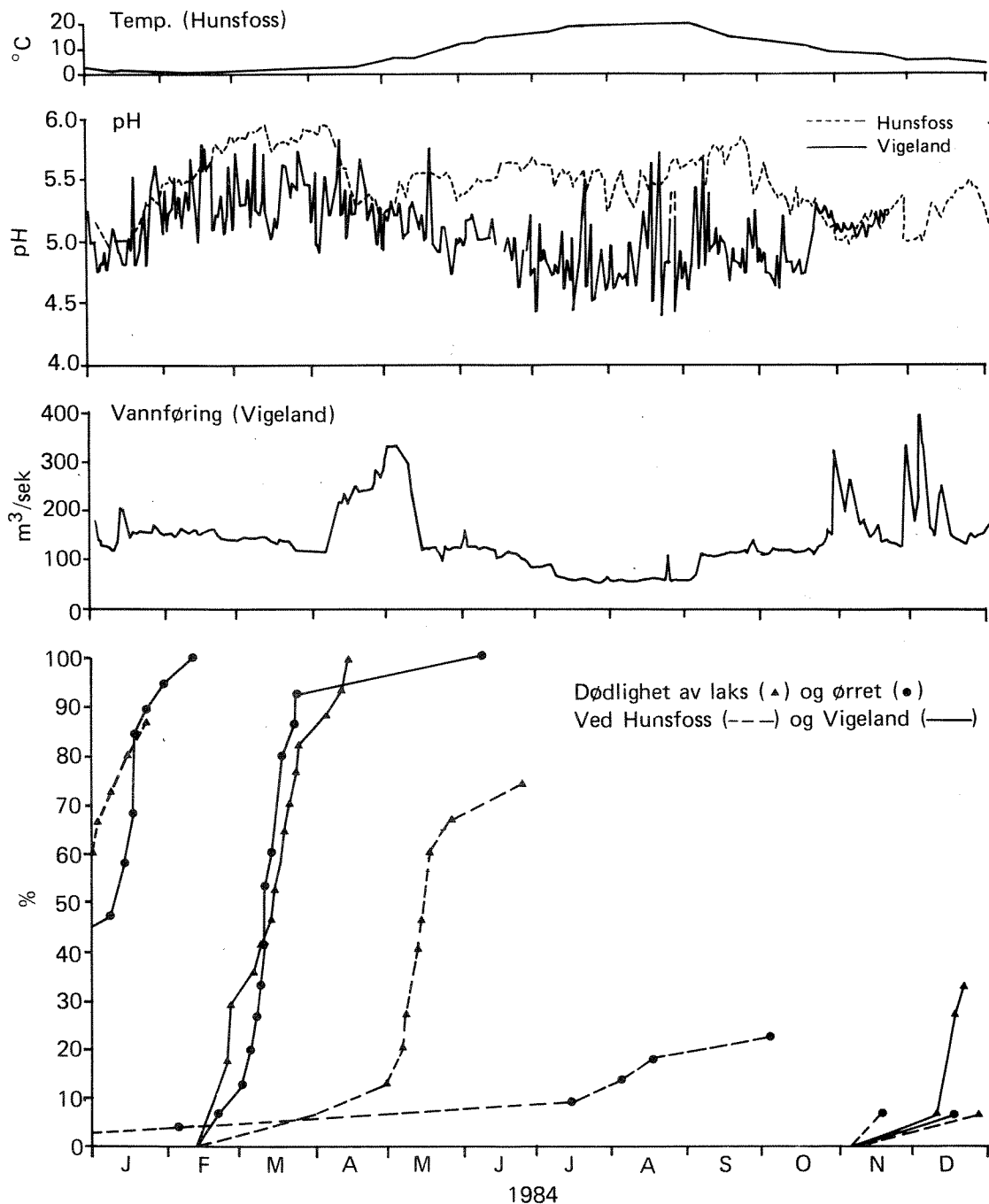
I begge anlegg oppstod det straks stor dødelighet av regnbueauren. Innen utgangen av desember 1983 har ca. 90% av fisken ved Hunsfoss og Vigeland dødd. Dødelighet hos laks startet litt seinere, men var i begynnelsen av desember 100% ved Vigeland. 50% av laksen var død ved Hunsfoss ved utgangen av desember. For auren økte dødeligheten fra 50 til 100% i løpet av januar-februar 1984 ved Vigeland, men holdt seg på under 10% helt fram til juli 1984 ved Hunsfoss. Den dødeligheten som ble registrert ved Hunsfoss skyldes forsøksbetingelsene.

Forsøkene med tilsvarende utsettinger i 1984 bekreftet resultatene fra de foregående utsettinger. Dødeligheten er artsavhengig. Regnbueauren er minst tolerant mot den aktuelle vannkvaliteten, deretter laks, aure og bekkerøye. Forskjellen mellom artene er typisk ved eksponering i surt vann.

Resultatene stemmer godt overens med forholdene i elva, idet det ser ut til at bare bekkerøya klarer seg nedstrøms bedriftene i lengre perioder. Otra ovenfor Hunsfoss har en meget tett bestand av aure. Det er derfor naturlig at fisken overlever i karet ved Hunsfoss.



Figur 24. Temperatur, pH og dødelighet av fisk ved forsøksanlegget ved Hunsfoss og Vigeland i 1983. Sommergamle laks, aure og regnbueaure ble satt ut i oktober 1983. pH er målt manuelt ved Hunsfoss og automatisk ved Vigeland.



Figur 25. Temperatur, pH, vannføring og dødelighet av fisk ved forsøksanlegget ved Hunsfoss og Vigeland i 1984. Sommergamle laks og aure ble satt ut i oktober 1983 og februar og november 1984. pH er målt manuelt ved Hunsfoss og automatisk ved Vigeland.

Dødeligheten for regnbueaure og laks antyder at Otra ovenfor Hunsfoss idag er for sur for disse fiskeartene. Den høye dødeligheten ved Vigeland skyldes at elva her er surere på grunn av sure utslipp fra industrien. Variasjonene i pH blir også større og dette kan ha betydning.

Det framgår av kurvene for vannføring og pH (figur 23 og 25) at pH er relativt lik ved Hunsfoss og Vigeland ved høy vannføring. Ved lav vannføring i august var det imidlertid store forskjeller, i lange perioder over en halv pH-enhet.

I juni 1986 ble det satt ut 1194 ettårige (1+) bekkerøyer i Venneslafjorden ved Moseidmoen. Fisken var oppdrettet i NIVA sitt anlegg i Oslo og var avkom etter bekkerøye innført fra USA (Cornell, Temiscamie strain). For å kunne registrere eventuelle gjenfangster var fettfinnen klippet. Hensikten er bl.a. å konstatere eventuell nedvandring forbi industribedriftene og kraftverkene i Vennesla. Tidligere utsettinger viser at slik nedvandring kan finne sted, men utsettingsantallet har vært lite. Bekkerøya har større toleranse for surt vann enn ørret og laks og egner seg derfor godt til slike undersøkelser i nedre Otra. Den kan dessuten lett skilles fra annen fisk i Otra.

Smakstesting og organisk analyse av laksefisk

I oktober i 1979 og 1980, samt i 1981/82 ble det fanget fisk for smakstesting og analyse av organiske klorforbindelser. Undersøkelsene ble utført ved Senter for industriforskning (SI). Gjennomføring og analysemetoder er beskrevet av Wright og Grande (1981).

Resultatene viser at fisken fra Otra har tildels meget sterk bismak. Denne ble av flere smaksdommere karakterisert som "kjemikalier", "cellulosefabrikk", "bark", "sulfitt" og "grøn-ske". Bismaken varierte sannsynligvis med fiskens oppholdstid i elva.

Ved siden av normalt forekommende aldehyder, ble det funnet det en kan betegne som typisk "sulfittfabrikk"- forbindelser i Otrafisken. Dette er terpenener og omdannede terpenener som tidligere også er funnet i både luft- og vannutslipp fra sulfittfabrikker. Disse stoffene kan ikke betegnes som farlige, men kan gi et vesentlig bidrag til usmak hos fisk.

Kloroform og beslektede trihalometaner finnes i konsentrasjoner omkring deteksjonsgrensene for den metode som ble brukt ved analysen, dvs. i området 5 til 40 μg pr. kg (ppb) fiskekjøtt. Til sammenlikning kan nevnes at fisk fra Iddefjorden (sterkt påvirket av utslipp fra treforedlingsindustri) inneholdt opptil 300 ppb kloroform og 200 ppb perkloretylen.

Analysene viste at de klorerte hydrokarbonene er forholdsvis lett nedbrytbare.

Analysene i 1981/82 viste biokonsentrerings-faktorer for tetra-kloroguiakol på 20 og 400 for henholdsvis muskel og lever. De høyeste konsentrasjonene ble påvist i fisk som hadde oppholdt seg lengst i elva. Nivået ligger på 0.04-0.2 μg /g fett i filetene og 5-20 ganger høyere i lever. Forbindelsene som anrikes mest er 2,4,6-triklorfenol og tetrakloroguiakol.

I vannet ved Vigeland ble det funnet mest triklorkatekol, med en konsentrasjon på opp til 6 $\mu\text{g}/\text{l}$. De stoffer som her er påvist har både akutte og kroniske giftvirkninger og akkumuleres i organismene. Hvilken betydning de har for fisk og andre organismer i Otra er imidlertid ikke mulig å vurdere med den viten vi har i dag. Den helsemessige risiko med å spise fisk fra elva er ikke vurdert. Wright et al. (1983) redegjør nærmere for disse undersøkelserne.

5 bekkerøyer utsatt i november 1982 og fanget i september 1983 (etter 10 måneder i Otra) ble analysert på totalchlor, persistent chlor og kloralkylbenzener. Kloralkylbenzenene ble analysert for å se om disse stoffene kunne stamme fra industri ved Otra. Resultatene er vist i tabell 18.

Tabell 18. Organisk bundet klor i filet og lever av bekkerøye utsatt den 13.11.82 og fanget den 09.09.83 (etter Boman og Grande 1985).

Fisk nr.	Organ	Fett %	Ekstraherbart organisk klor (ug/g)	
			Fettbasis	Våtvektbasis
1	filet	3.3	528	18.9
	lever	11.1	729	80.9
2	filet	1.7	305	5.2
	lever	6.5	423	27.5
3	filet	3.7	405	15.0
	lever	18.4	143	26.3
4/5	filet	1.2	508	6.1
	lever	41.4	504	209.0

Ekstraherbart persistent org. klor				
bland- prøve	filet		20.6	0.5
	lever		19.6	3.8

Innholdet av ekstraherbart organisk klor (EOCL) i fisken fra Otra ligger 10-20 ganger høyere enn antatt bakgrunnsnivå (Lunde og Steinnes 1975). I Norge er det foreløpig ikke gitt grenseverdier for klorerte hydrokarboner i matvarer (1985). Dersom det blir etablert en fast bestand av laksefisk i nedre Otra, må en imidlertid være oppmerksom på mulig helserisiko hvis utslippene av disse stoffene ikke reduseres.

Kloralkylbenzener er ikke påvist i fisken i nedre Otra. Det tyder på at de kloralkylbenzener som er funnet i Kristiansandsfjorden kommer fra andre kilder enn industribedriftene i Otra.

I august 1982 ble det rapportert om fiskedød i Otra ved Vigeland og Heisel. 5 bekkerøyer og to aurer ble tatt opp i første halvdel av august og i samme tidsrom ble det observert at bekkerøyer vandret inn mot bekkemunninger. Disse observasjonene tilskrives ekstremt høy temperatur (21-22 °C) og lav vannføring (50 m³/s). Høy temperatur har sannsynligvis forsterket virkningene av forurensingene. Lakseoppgangen uteble også som følge av liten vannføring.

4. REFERANSER

- Bergmann-Paulsen, B. 1962. Undersøkelse av forurensingen i Otras nedre løp 1960-1961. O-209, NIVA, Oslo, 148 s.
- Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkningsrapport 146/84. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 46 s.
- Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkningsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Borgstrøm, R. 1973. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nome landsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens virkninger på fisket. Rapport 14, LFI, Zool. Mus., Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. 1974. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nome-landsmo-Byglandsfjorden. Virkninger på fisket ved nåværende og kommende reguleringer. Notat, 1974, LFI, Zool. Mus., Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. 1975. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nome-landsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens invirkning på kjemiske forhold i vassdraget. Notat nr. 2, 1975, LFI, Zool. Mus., Univ. i Oslo.
- Dahl, K. 1927. Byglandsfjordens "blege" eller dvergglaksen. Fiskeriinspektørens innberetning om ferskvannsfiskeriene for året 1926.
- Grande, M., Laake, M. og Andersen, S. 1980,a. Overvåkningsundersøkelser i Nerde Otra. O-73012, NIVA, Oslo. 32 s.
- Grande, M., Rørslett, B. og Hals, B. 1980,b. Overvåkningsundersøkelser i Nedre Otra. Fremdriftsrapport for 1979. O-73012, NIVA, Oslo. 36 s.

- Grande, M. og Wright, R.F. 1982. Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold. O-81096, NIVA, Oslo. 27 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåkning. Overvåkningsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkningsrapport 145/84. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 45 s.
- Henriksen, A. 1979. A simple approach for identifying and measuring acidification of freshwater. *Nature*, 278: 542-545.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. og Sevaldrud, I.H. 1987. 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Rapport 282/87, SFT/NIVA, Oslo. 31 s. + vedlegg.
- Hoel, H. 1987. Nye målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker til Otra. Målinger i perioden 21.10-31.10. 1986. Papirindustriens Forskningsinstitutt, oppdrag 21141. 17 s. + bilag.
- Holmen, S.A. 1978. Tilførsler av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra nedbør, skog, snaufjell og jordbruk. A2-32, NIVA, Oslo.
- Holtan, H. og Lingsten, L. 1986. Overføring av Bjørnarå m. fl. og Bestelandså m. fl. til Brokke kraftverk. Vurdering av eventuelle forurensingseffekter. O-85166, NIVA, Oslo, 52 s.
- Jansen, Ivar, pers. medd. 1987. Avdelingsingeniør, Statens Kartverk, Fylkeshuset, 4800 Arendal.
- Laake, M. 1974. Heterotrof begroing. Kvantitativ beskrivelse av relasjoner mellom tilgjengelige næringsstoffer og biomasseproduksjon, delrapport III (A2-08). Vekstforsøk i forbindelse med forurensingsundersøkelser i Nedre Otra (O-12/73), NIVA, Oslo. 61 s.

- Laake, M. 1976. Undersøkelser av forurensingsvirkninger i Nedre Otra. Utført for Vassdragsrådet for Nedre Otra 1973-75. O-12/73, NIVA, Oslo. 155 s.
- Laake, M. 1977. Sigevannsproblemer ved fyllplass for bark og trefiber i Påldalen, Vennesla, Vest-Agder. O-12/73, A2-08, NIVA, Oslo. 66 s.
- Laake, M. 1978. Fremdriftsrapport for 1976-77. Overvåkningsundersøkelser i Nedre Otra. O-12/73, NIVA, Oslo. 36 s.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurderinger av vannkvalitetsendringer 1981-85 i forbindelse med anleggsvirksomhet. O-83143, NIVA, Grimstad, 39 s.
- Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1985. Overvåkingsrapport 249/86, O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 40 s.
- Lunde, G. og Steinnes, E. 1975. Presence of lipid-soluble chlorinated hydrocarbons in marine oils. Rapport fra Senter for Industrieforskning.
- Løkensgard, T. 1975. Nuværende og fremtidig planlagte regulerings innvirkning på fisket. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Fiskerisakkyndig erklæring 1975.
- Matzow, D., Rosseland, B.O. og Skogheim, O.K. 1985. Effekter av kalking på fisk. I: Baalsrud, K. (red.): Kalking av surt vann. Sluttrapport, Kalkingsprosjektet. 145 s.
- Miljøvern avdelingen i Aust-Agder 1987. Årsrapport. Kloakkrensning anlegg i Aust-Agder 1986. Rapport 12-1987, Miljøvern avdelingen i Aust-Agder.
- Muniz, I.P., Leivestad, H. og Bjercknes, V. 1979. Fiskedød i Nidelva (Arendalsvassdraget) våren 1979. TN 48/79, SNSF-pro-

sjektet, 1432 Ås-NLH, 29 s.

Rørslett, B. 1978. Hartevatn og regulering av øvre Otra. En uttalelse om I/S Øvre OTRAS planendningsforslag av november 1977. O-133/77, NIVA, Oslo,

Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J.E., Lydersen, E., Mjelde, M., Grande, M. 1981. Undersøkelse av Øvre Otra. O-72198, NIVA, Oslo, 180 s.

Rørslett, B. 1985. Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2927-2936.

Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. O-86094, NIVA, Oslo. 25 s.

Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problem-analyse og forslag om tiltak. O-86130, NIVA, Oslo, 40 s.

Rørslett, B. 1987. Aquatic weed problems of Otra, a norwegian hydro-electric river. Submitted to: Regulated Rivers.

SFT 1986. Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985. Rapport 256/86. 199 s.

Skov, A. 1987. Forprosjekt for kalkingsplan for Aust-Agder fylke. Miljøvernnavdelingen i Aust-Agder, rapport 10-1987, 80 s.

Tryland, Ø. 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkningsrapport 13/81. O-80002085, SFT/NIVA, Oslo. 27 s.

Tryland, Ø. 1983. Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard, juli-oktober 1982. O-82067, NIVA, Oslo. 24 s.

- Vold, K. 1974. Bleka, en relikte laks (*Salmo salar* L) i Byglandsfjorden. Ernæring, alder, vekst og kjønnsmodning sammenholdt med enkelte miljøfaktorer. Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi, Univ. i Oslo. 59 s.
- Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkningsrapport 6/81. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 55 s.
- Wright, R. F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkningsrapport 77/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 23 s.
- Wright, R.F., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E., Romstad, R. og Martinsen, K. 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkningsrapport 89/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 66 s.

5. VEDLEGG

5.1. Overvåkingsrapporter fra perioden 1980-1986.

- Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R., og Sahlqvist, E.-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad, 46 s.
- Boman, E. og Grande, M. 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, SFT/NIVA, Grimstad. 49 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 55/82. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 74 s.
- Grande, M. og Wright, R.F. 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 45 s.
- Lande, A. og Grande, M. 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking. Overvåkingsrapport 249/86. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 40 s.
- Tryland, Ø. 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/81. O-80002085, SFT/NIVA, Oslo. 27 s.
- Wright, R.F. og Grande, M. 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/81. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo. 55 s.
- Wright, R. F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring-regulering på strekningen Hartevatn-Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. O-8000208, SFT/NIVA, Oslo, 23 s.
- Wright, R.F., 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.

5.2. Litteraturoversikt

- Andersen, T., 1952. Makrovegetasjonen i vann på kysten av Vest-Agder samt i høyereliggende strøk av Agder og Telemark. Hovedoppgave i botanikk. Univ. i Oslo. 100 s.
- Andersen, Ø.B. og O.E. Sjulsen 1986. Beskrivelse og vurdering av geofaglige forhold i Øvre Otra, Aust-Agder. Vassdragsforsk, Univ. Oslo, Rapp. 94.
- Aune, H. og A. Tveitnes 1980. Skjønn Øvre Otra. Strekingen Veiåni-Nomedalsmo. Uttalelse fra de oppnevnte jordbrukssakkyndige. Asker/Fyrisdal.
- Bekken, J. 1986. Brokke, Aust-Agder. Ornitologi og viltundersøkelser. Vassdragsforsk, Univ. Oslo. Rapp. 93.
- Bergmann-Paulsen, B. 1962. Undersøkelse av forurensingen i OTRAS nedre løp 1960-1961. O-209, NIVA, Oslo, 148 s.
- Bergmann-Paulsen, B., 1962. Forurensningen i OTRAS nedre løp. Vattenhygien nr. 4, 13 s.
- Boman, E. og M. Grande, 1985. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport 199/85. O-8000208, NIVA, Grimstad. 49 s.
- Boman, E., Høgberget, R., Romstad, R. og Sahlqvist, E-Ø. 1984. Øvre Otra. Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1983. Overvåkingsrapport 146/84. O-8000208, NIVA, Grimstad. 46 s.
- Borgstrøm, G. 1973. Kontinuasjonsskjønn for strekingen Nomedalsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens virkninger på fisket. Rapport 14 fra LFI ved Zool. Museum, Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. 1974. Kontinuasjonsskjønn for strekingen Nomedalsmo-Byglandsfjorden. Virkninger på fisket ved nåværende og kommende reguleringer. Notat, LFI, Zool. Museum, Univ. i

Oslo.

- Borgstrøm, R. 1975. Kontinuasjonskjønn for strekningen Nomedalsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens innvirkning på kjemiske forhold i vassdraget. Notat 2, LFI, Zool. Museum, Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. og T. Løkensgard, 1978. Skjønn Øvre Otra. Utbyggingens virkninger på fisket i magasinene. Rapp. Lab. Ferskvannssøk. Innlandsfiske Oslo, 35. 50 s.
- Borgstrøm, R. og T. Løkensgard 1980. Skjønn Øvre Otra. Virkningen på fisket i Otra på strekningen Sarvsfossen-Nomedalsmo. Oslo.
- Borgstrøm, R., T. Løkensgard, E. Ræstad, O. Skulberg og A. Tveitnes, 1980. Utredning for Setesdal Herredsrett. Stell og skjøtsel av terskelbassenger i Otra. NIVA, 05.11.1980.
- Brittain, J.E. og G. Halvorsen, 1986. Bygging av Skarg kraftverk og ytterligere overføringer til Brokke kraftverk, Aust-Agder. Hydrografi og bunndyr i sidevassdragene til Otra. Rapp. 83/86, Lab. Ferskv. Økol. og Innlandsf. 39 s.
- Carlberg, G.E., G. Tveten og M. Møller, 1979. Effekter av blekeriutslipp i det ytre miljø. Analyse av fisk fra Otra og Tofte og mutagentesting av blåskjell fra Tofte. Rapp. 780910-1, Senter for industriforskning. 25 s.
- Dahl, K. 1927. Byglandsfjordens "Blege" eller Dverglaksen. Fiskeri-inspektørens innberetning om ferskvannsfiskeriene for året 1926. Tillegg 3.
- Dannevig, G. 1963. Brokke-skjønnnet. Reguleringens innvirkning på fisket. Betenkning, 12/11 1963, Reguleringsskjønn Byglandsfjorden.

- Dannevig, G. 1964. Brokke-skjønnnet. Reguleringens innvirkning på fisket. Rapport nr. 2. Betenkning, 19/10 1964, Regulerings-skjønn Byglandsfjorden.
- Egerhei, T., 1984. Samlet plan for vassdrag, Aust-Agder fylke. Valle og Bykle kommune. Vassdragsrapport Brokke 115 Otra. Brokke.
- Faugli, P.E., 1977. Geofaglig befaring i Hovdenområdet, Setesdal. Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer, Universitetet i Oslo, rapport 77/01.
- Grande, M., 1963. Water pollution studies in the river Otra, Norway. Effects of pulp and paper mill wastes on fish. Int. J. Air. Wat. Poll. Pergamon Press 1964. Vol. 8, pp. 77-88.
- Grande, M., M. Laake og S. Andersen 1980. Overvåkingsundersøkelser i nedre Otra. Fremdriftsrapport for 1979. O-73012, NIVA, Oslo. 32 s.
- Grande, M. og R.F. Wright 1982. Hekni kraftverk. Vurdering av resipientforhold. NIVA O-81096. 27 s.
- Grande, M og R.F. Wright 1984. Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 145/84. O-8000208, NIVA, Oslo. 45 s.
- Grande, M., Wright, R. F., Brettum, P., Lindgaard, T. og Romstad, R. 1982. Otra 1981. Rutineovervåking. Overvåkningsrapport 55/82. O-8000208, NIVA, Oslo, 74 s.
- Gunnerød, T.B. og O. Kjos-Hanssen 1977. Fiskeri- og viltbiologiske forhold vedrørende søknad av 1977 om planendring i utbyggingen av Otra-vassdraget.
- Hoel, H. 1987. Nye målinger av utslipp av syre og base fra Hunsfos Fabrikker til Otra. Målinger i perioden 21.10-31.10. 1986. Papirindustriens Forskningsinstitutt, oppdrag 21141.

17 s. + bilag.

- Holtan, H. og O. Skulberg 1972. Notat til I/S Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget. NIVA, O-198/72.
- Holtan, H. og L. Lingsten 1986. Overføring av Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m. fl. til Brokke kraftverk. Vurdering av eventuelle forurensningseffekter. O-85166, NIVA, Oslo. 52 s.
- Hunfos Fabrikker, 1982. Utslippsrapport for 1. og 2. kvartal 1982. Siv. ing. T. Kittelsen, 4.8.82.
- I/S Øvre Otra og Otteraaens Brugseierforening 1977: Otravassdraget. Søknad om planendring for overføring av Otra til Vatnedalsvatn. Nov. 1977.
- Jørgensen, G. og Skuberg, O., 1973. Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. Norsk institutt for vannforskning O-198/72.
- Kgl. res. av 16.03.1979. Olje- og energidep. Tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å endre planen for regulering av Øvre Otra.
- Kittelsen, T. og O. Honnemyr, 1971. Forsurning av Otravann ovenfor Hunfos Fabrikker. Surhetsmålinger i nedbør i Iveland. Notat fra Hunfos Fabrikker.
- Kotai, J. og O. Skulberg, 1974. Vassdragsundersøkelser i Nedre Otra 1973-74. Sammenstilling av viktige resultater og erfaringer. NIVA-notat, O-12/73.
- Laake, M. 1974. Heterotrof begroing. Kvantitativ beskrivelse av relasjoner mellom tilgjengelige næringsstoffer og biomasseproduksjon, delrapport III (A2-08). Vekstforsøk i forbindelse med forurensningsundersøkelser i Nedre Otra (O-12/73), NIVA, Oslo. 61 s.

- Laake, M. 1976. Undersøkelser av forurensningsvirkninger i nedre Otra. Utført for vassdragsrådet for Nedre Otra 1973-75. O-12/73, NIVA, Oslo. 155 s.
- Laake, M. 1977. Sigevannsproblemer ved fyllplass for bark og trefiber i Påldalen, Vennesla, Vest-Agder. O-12/73, A2-08, NIVA, Oslo. 66 s.
- Laake, M. 1978. Fremdriftsrapport for 1976-77. Overvåkingsundersøkelser i nedre Otra. NIVA O-12/73.
- Laake, M. og M. Grande, 1976. Effekter av noen celluloseindustrielle avløpsvann på lakseyngel og grønnalger. miljøvårdssekretariatet publ. 1976:2. pp. 151-163.
- Lande, A., 1972. Byglandsfjorden. Primary production and other limnological features in an oligotrophic Norwegian lake. Hydrobiologia vol. 42, 2-3 pag. 335-344, 1973.
- Lande, A. 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i Øvre Otra. Vurderinger av vannkvalitetsendringer 1981-85 i forbindelse med anleggsvirksomhet. O-83143, NIVA, Grimstad, 39 s.
- Lande, A. og M. Grande, 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking 1985. Overvåkingsrapport 249/86. O-8000208, NIVA, Oslo. 40 s.
- Løkensgard, T. 1963. Regulerings skjønn Byglandsfjorden. Fiskerisakkyndig erklæring, 1963.
- Løkensgard, T. 1975. Nuværende og fremtidig planlagte regulerings innvirkning på fisket. Kontinuasjons skjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Fiskerisakkyndig erklæring 1975.
- Maroni, K., 1985. Settefiskanlegg og matfiskanlegg i Valle. Notat O-85210, 1985, NIVA, 34 s.

- Matzow, D., Rosseland, B.O. og Skogheim, O.K. 1985. Effekter av kalking på fisk. I: Baalsrud, K. (red.): Kalking av surt vann. Sluttrapport, Kalkingsprosjektet. 145 s.
- Mellquist, P. 1976. Informasjon om terskelprosjektet. Tersklenes innvirkning på biologiske forhold i regulerte vassdrag. NVE-Vassdragsdirektoratet.
- Miljøvernavdelingen i Aust-Agder 1987. Årsrapport. Kloakkrensingsanlegg i Aust-Agder 1986. Rapport 12-1987, Miljøvernavdelingen i Aust-Agder.
- Nicholls, M., 1980. Vurdering av pH observasjoner fra Øvre Otra. NIVA, 2.10.1980. 23 s.
- Norsk Wallboard, 1982. Utslippstall oversendt NIVA. Siv. ing. G. Rødland, 12.8.82.
- PFI, 1979. Utslippskontroll av sulfittavlut og kondensat ved Hunsfos Fabrikker (målinger 11. - 19.1.79). Papirindustriens Forskningsinstitutt, O. Graff, 20.2.79.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1978. Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 1. Utbyggingsvirkninger i magasinene.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1978. Skjønn Øvre Otra. Redegjørelse nr. 3. Utbyggingsvirkninger på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo.
- Ræstad, E. og E. Østvold 1980. Skjønn Øvre Otra. Vurdering av nye terskler på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo.
- Rørslett, B. 1978. Hartevatn og regulering av øvre Otra. En uttalelse om I/S Øvre OTRAS planendringsforslag av november 1977. O-133/77, NIVA, Oslo,
- Rørslett, B. 1983. Regulations on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. OF-81620-01.

01.09.83. NIVA.

- Rørslett, B. 1985. Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal, South Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22: 2927-2936.
- Rørslett, B. 1986. Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986. O-86094, NIVA, Oslo. 25 s.
- Rørslett, B. 1987. Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problem-analyse og forslag om tiltak. O-86130, NIVA, Oslo, 40 s.
- Rørslett, B. 1987. Aquatic weed problems of Otra, a norwegian hydro-electric river. Reg. Rivers (submitted).
- Rørslett, B., N.W. Green og K. Kvalvågnes 1978. Stereophotography as a tool in aquatic biology. Aquat. Bot. 4: 73-81.
- Rørslett, B., T. Tjomsland, J.E. Løvik, E. Lydersen, M. Mjelde, M. Grande, 1981. Undersøkelse av Øvre Otra. NIVA O-72198. 180 s.
- Raastad, J.E. 1979. Bunndyrundersøkelser i regulerte elver - med hovedvekt på insektgruppen knott (Diptera, Simuliidae). Informasjon nr. 8 fra Terskelprosjektet. NVE-Vassdragsdirektoratet. 62 s.
- Saltveit, S.J. 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med planer om bygging av Hekni kraftverk. Del 1. Fisk. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 56. 39 s.
- Samlet Plan 1984. Brokke, 115 Otra, 31 Brokke. Vassdragsrapport.
- SFT 1986. Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985. Rapport 256/86. 199 s.

- Skov, A. 1987. Forprosjekt for kalkingsplan for Aust-Agder fylke. Miljøvernnavdelingen i Aust-Agder, rapport 10-1987, 80 s.
- Skulberg, O., 1979. Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet, begroing og resipientforhold. Vassdragsstrekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo. O-79057. 20.08.1979. NIVA.
- Skulberg, O., 1979. Notat. Sak nr. B 20/75- Skjønn Øvre Otra, vassdragsstrekningen Sarvsfossen til Nomelandsmo. NIVA, O-133/77.
- Skulberg, O., 1980. Notat til Setesdal Herredsrett. Vurdering av nye terskelbassenger i Øvre Otra. NIVA, O-79057, 14.10.1980.
- Skulberg, O., 1980. Notat til Setesdal Herredsrett. Vassdragsreguleringens innvirkning på vannmassenes surhetsgrad i Otra. NIVA, O-79057, 22.10.80.
- Skulberg, O., 1982. Notat til Setesdal Herredsrett. Reguleringsvirkninger på vannkvalitet og begroingsforhold - området oppstrøms Sarvsfossen. NIVA, O-79057, 15.01.82.
- Steinnes, A. 1985. Flora og vegetasjon i Øvre Otra, Aust-Agder. Kontaktutv. Vassdragsreg., Univ. Oslo. Rapp. 83, 71 s.
- St.prp. 140 (1973-74). Om tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å foreta ytterligere regulering og overføringer i Otravassdraget, og tillatelse for I/S Øvre Otra til erverv av fallrettigheter.
- Stubsjøen, J. 1986. Fiskeribiologisk undersøkelse i forbindelse med planer om utbygging av Hekni kraftverk i øvre Otra, Aust-Agder. Aust-Agder kraftverk, Otra Fiskelag, Bygland. 69 s.
- Tryland, Ø., 1981. Nedre Otra. Undersøkelser av utslipp fra treforedlingsindustri, 1980. Overvåkingsrapport 13/82. O-

8000208, NIVA, Oslo. 27 s.

Tryland, Ø., 1982. Utslipp fra treforedlingsindustri.

Spesifikke avløpstall og utslippsmengder fra norske bedrifter. NIVA, rapp. F-81434 - 1982. 26 s.

Tryland, Ø., 1983. Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard, juli-oktober 1982. VA-rapport 7/83. O-82067, NIVA, Oslo.

Vold, K., 1974. Bleka, en relikte laks (*Salmo salar* L) i Byglandsfjorden. Ernæring, alder, vekst og kjønnsmodning sammenholdt med enkelte miljøfaktorer. Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi. Univ. i Oslo. 59 s.

Wegge, B., 1976. Fiskevannsundersøkelser i Breidvatn og Sæsvatn 1976. Rapport til Drammens Sportsfiskere, november 1976.

Wesén, C., 1981. Miljøeffekter av skogindustriella utsläpp. Forskningsutredning. Rapp. Naturvårdsverket SNVPM 1496. 55 s.

Wright, R.F. 1983. Øvre Otra. Samspill forsuring - regulering på strekningen Hartevatn - Sarvsfoss. Overvåkingsrapport 77/83. O-8000208, NIVA, Oslo. 23 s.

Wright, R.F. 1985. Water chemistry: Interaction of stream regulation and acid precipitation. In: Regulated rivers. Eds.: A. Lillehammer and S.J. Saltveit. Universitetsforlaget pp. 71-80.

Wright, R.F. og M. Grande, 1981. Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 6/82. O-800208, NIVA, Oslo. 55 s.

Wright, R.F., M. Grande, P. Brettum, J.E. Løvik, R. Romstad og K. Martinsen, 1983. Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport 89/83. O-8000208, NIVA, Oslo. 66 s.

5.3. Primærdata fra 1986.Fysisk/kjemiske data.

LOK viser til stasjonsnummer, se figur 1 a og b. Tidspunkt for prøvetaking er også vist. LABB 9 vil si at analysene er utført ved ATIK-lab. i Grimstad. Øvrige analyser er utført ved NIVA i Oslo.

<u>Hovedioner:</u>		<u>Enhet:</u>	<u>Kommentar:</u>
pH		- log (H ⁺)	
NA	natrium	mg Na/l	
K	kalium	mg K/l	
CA	kalsium	mg Ca/l	
MG	magnesium	mg Mg/l	
AL	aluminium	µg Al/l	
RAL	reaktivt Al	µg Al/l	
ILAL	ikke-løslig Al	µg Al/l	
SULF	sulfat	mg SO ₄ /l	
CL	klorid	mg Cl/l	
NO3N	nitrat	µg N/l	
ALK	alkalitet	µmol/l	titr. til pH 4.5

Andre parametre:

TURB	turbiditet	JTU	
PERM	permanganat- forbruk	mg O/l	
NH4N	ammonium	µg N/l	
TOTN	tot. nitrogen	µg N/l	
TOTP	tot. fosfor	µg P/l	
K25	konduktivitet	mS/m	avlest ved 25 °C
FARG	fargetall	mg Pt/l	
Fe	jern	µg Fe/l	

LOK	R M D	T M	L A B	D U	T U R R	F E	C L	N A	K	C A	A L	M F	S U L F	N U M M	N O S N	T O T N
463	860916	1100		5.36			1.3	.90	.23	.83	116.	.21	2.9		128.	273.
463	861020	1030		4.98			2.6	1.49	.29	1.03	225.	.34	4.2		148.	330.
463	861110			4.94			3.5	1.55	.25	.98	225.	.36	3.7		132.	326.
463	861217	1200		4.81			3.4	1.85	.26	1.00	234.	.37	3.5		149.	312.
492	860217		9	6.00												280.
492	860317		9	6.00		3					65.					250.
492	860422		9	5.70		5										280.
492	860516		9	6.20		4										270.
492	860618		9	5.90		3										240.
492	860731		9	5.50		3										250.
492	860825		9	5.60		4										210.
492	860924		9	5.50		5										275.
492	861013		9	5.60		3										230.
492	861112		9	5.60		5										275.
492	861215		9	5.50		4										260.
535	860113		9	6.20		5	1.1	.58	.14	.03	40.	.16	1.0		140.	210.
535	860219		9	6.00		4	1.0	.71	.31	.89	60.	.17	M 1.0		140.	200.
535	860322		9	6.20		4	1.0	.84	.15	1.00	55.	.18	M 3.1		150.	200.
535	860418		9	6.30		4	1.1	.70	.20	1.00		.20	2.6		140.	190.
535	860520		9	5.20		3	1.2	.77	.40	.67		.25	2.8		105.	220.
535	860621		9	5.50		4	1.2	.69	.32	.64		.16	1.9		130.	220.
535	860718		9	5.80		4	1.2	.93	.32	.95		.20	2.0		155.	300.
535	860814		9	5.80		5	.9	.67	.11	.79		.17			90.	235.
535	860922		9	6.10		5	1.1	.64	.13	.88		.17	M 1.0		140.	210.
535	861016		9	6.10		4	1.0	.77	.34	.91		.18	M 1.0		150.	280.
535	861217		9	5.40		5	1.3	.95	.64	.79		.21	2.6		95.	215.
564	860514		9	5.50		4	1.5	1.14		.90		.23	2.8		190.	240.
564	860611		9	6.00		6										260.
564	860716		9	6.50		3										120.
564	860812		9	6.10		3										160.
564	860916		9	6.30		3										190.
564	861014		9	6.40		3										220.
564	861217		9	5.70		3										240.
600	860514		9	6.00		4										300.
600	860611		9	6.20		4										200.
600	860716		9	6.10		2										120.
600	860812		9	6.30		3										130.
600	860916		9	6.50		5										160.
600	861014		9	6.30		7										170.
600	861217		9	6.20		4										150.
610	860113		9	6.60		4	.9						M 1.0	10.	80.	120.
610	860212		9	6.70		2	.8						M 1.0	10.	80.	130.
610	860311		9	6.60		2	20.						M 3.7	10.	85.	140.
1592	860113		9	7.10		1.3	3.4						5.8	40.	770.	870.
1592	860212		9	6.70		1.1	290.						5.1	30.	570.	720.
1592	860311		9	6.90		1.3	360.						4.4	35.	400.	600.
1592	860413		9	6.80		1.2	490.						4.7	40.	100.	550.
1592	860514		9	6.40		.8	130.						1.8	5.	120.	270.
1592	860611		9	6.90		1.2	240.						3.1	10.	150.	280.
1592	860716		9	7.10		.7	280.						5.6	20.	25.	190.
1592	860812		9	7.20		2.2	285.						5.3	10.	230.	395.
1592	860916		9	7.40		.9	265.						3.6	15.	240.	400.
1592	861014		9	7.20		.9	205.						3.8	25.	360.	520.
1592	861217		9	6.90		.5	125.						6.2	20.	470.	500.

LOK	R	M	D	T	M	L	L	T	P	PERM	ALK	K25	RAL	ILAL
463	860916	1100						5	1.7		.025	1.70		
463	861020	1030						6	3.7		.019	2.68		
463	861119							4	2.6		.019	2.54		
463	861217	1200						2	2.7		.014	.45		
492	860217							10				1.30		
492	860317							6	1.5			1.20		60
492	860422							7	2.1			1.70		40
492	860514							4	2.4			1.50		70
492	860618							3	2.3			1.50		40
492	860731							7	1.5			1.40		75
492	860825							4	1.6			1.40		35
492	860924							2	1.3			1.30		25
492	861013							2	1.7			1.30		55
492	861112							3	2.5			1.52		35
492	861215							3	1.5			1.62		75
535	860113							3		M	.020	1.10		
535	860219							4	1.1			1.20		
535	860322							M 2	1.1		.020	1.23		
535	860418							3	1.1			1.20		
535	860520							6	3.8	M	.020		30	20
535	860621							2	2.1	M	.020	3.00		35
535	860718							5	1.1		.020	1.60		30
535	860814							5	2.6	M	.020	1.90		30
535	860922							3	1.0		.016	1.20		20
535	861016							4	1.1		.016	1.20		40
535	861115							6	3.4		.006	1.81		60
535	861217							2	2.1			1.50		60
564	860514							7	3.6			1.30		70
564	860611							3	2.9			1.50		45
564	860716							4	1.8			2.00		25
564	860812							7	1.8			1.50		35
564	860916							4	1.3			1.70		20
564	861014							5	1.7			1.70		35
564	861217							2	2.3			1.80		65
600	860514							3	1.9			1.10		45
600	860611							3	2.2			1.10		40
600	860716							6	1.0			1.00		30
600	860812							2	M 1.0			1.00		M 20
600	860915							4	1.3			1.00		M 20
600	861014							5	1.3			1.00		30
600	861217							2	2.0			1.00		40
610	860113							2			.060	1.20		
610	860212							5	1.1		.060	1.10		
610	860311							2	1.1		.050	1.20		
1592	860113							6			.420	6.90		
1592	860212							6	2.7		.400	6.00		
1592	860311							8	1.3		.420	6.70		
1592	860413							4	1.6		.400	6.80		
1592	860514							12	4.0		.050	1.80		
1592	860611							6	4.8		.160	3.10		
1592	860716							7	3.2		.370	6.30		
1592	860812							14	4.1		.260	5.60		
1592	860916							7	3.0		.330	6.30		
1592	861014							5	3.0		.313	6.00		
1592	861217							4	4.3		.203	4.60		

FILKODE: OTRA		MAVN: OTRA		OVERVØKJING										DATO: 870519		3
LOK	R M D	LARR	PH	TURB	FE	CL	SULF	MM4N	NO3N	TATN	TOTP	PERM	ALK	K25		
1609	860212	9	6.60	.4	60.	.8	M 1.0	10.	65.	130.	5.	2.5	.100	1.60		
1609	860311	9	6.60	.3	50.	.8	3.5	10.	50.	120.	2.	2.0	.050	1.60		