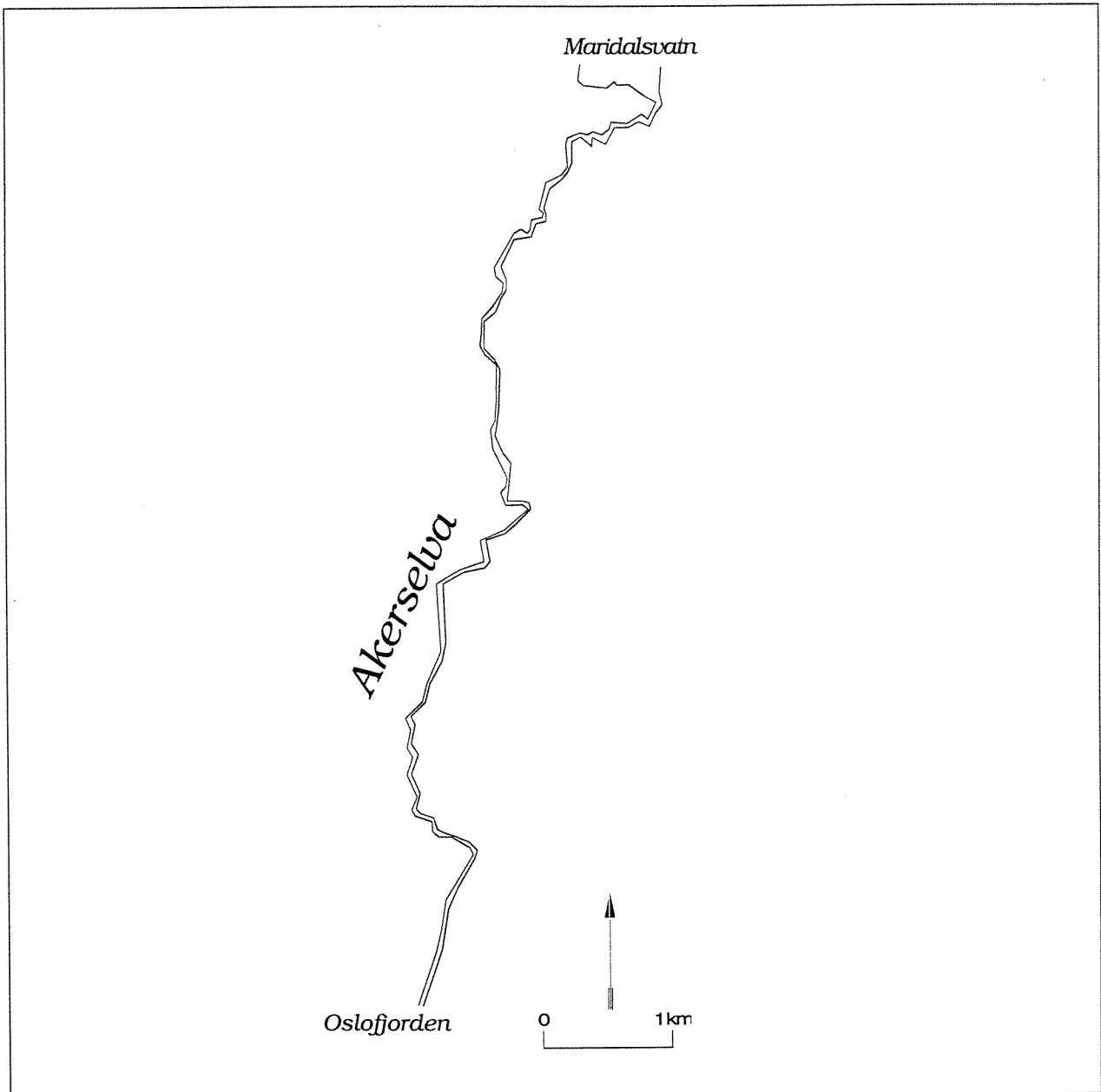


RAPPORT LNR 3536-96

# Miljøkonsekvenser ved midlertidig reduksjon av minstevannføring i Akerselva, Oslo

(Foreløpig rapport)



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-96164	3
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3536-96	

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

Rapportens tittel: <b>Miljøkonsekvenser ved midlertidig reduksjon av minstevannføring i Akerselva, Oslo (foreløpig rapport).</b>	Dato: 19/9-1996	Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Vassdragsreguleringer	
Forfatter(e): Leif Lien Torleif Bækken	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 60	Opplag:
Oppdragsgiver: Oslo kommune	Oppdragsg. ref.:	

Ekstrakt: For å sikre drikkevannsforsyning til Oslo ønsker kommunen å kunne redusere vannføringen ut fra Maridalsvatnet i prekære situasjoner. Ved dagens minstevannføring (250 l/sek) er omtrent 1/4 av elveleiet tørrlagt. Ved en reduksjon til 150 l/sek vil omkring 1/3 av elveleiet bli tørrlagt. Vannet til Akerselva tas midlertidig ut fra ca. 30 m dyp i Maridalsvatn. I sommerhalvåret vil derfor elvevannet få vesentlig lavere temperatur og i vinterhalvåret høyere temperatur enn det som er naturlig. Vannanalyser viser raskt økende konsentrasjoner av alle elementer nedover elva. Dette tilskrives menneskelige bidrag. Foreløpige analyser viser (med unntak for sølv) ingen særlig skadelige konsentrasjoner for fisk eller bunndyr. Bunndyrforekomstene indikerer økende eutrofiering/saprobiering nederst i elva trolig p.g.a. liten vannføring. Det har vært naturlig oppvandring av laks og sjøørret til Nedre Foss i 1996, og vellykket gyting og oppvekst de siste årene. Både tetthet og lengdevekst av laks og ørret synes å være bra i 1996. Ytterligere vannføringsreduksjoner til 150 l/sek synes betenkelig, mens en reduksjon til 200 l/sek vil trolig ikke medføre vesentlig større ulemper for dyrelivet. Ved vintervannføringer på 250 l/sek eller lavere bør isforholdene overvåkes i kuldeperioder.

4 emneord, norske

1. Minstevannføring
2. Akerselva, Oslo
3. Miljøkonsekvenser
4. Fisk og bunndyr

4 emneord, engelske

1. Minimum discharge
2. River Akerselva, Oslo
3. Environmental impact
4. Fish and invertebrates

Prosjektleder

.....Leif Lien.....

For administrasjonen

..... Dag Berge.....

ISBN 82-577-3082-3

**Norsk institutt for vannforskning (NIVA)  
Oslo**

**O-96164**

**Miljøkonsekvenser ved midlertidig reduksjon av  
minstevannføring i Akerselva, Oslo  
(foreløpig rapport).**

Oslo 19/9-1996

Saksbehandler Leif Lien (NIVA)  
Medarbeider Torleif Bækken (NIVA)

## Innhold

	side
<b>Sammendrag og konklusjoner.</b>	4
<b>Innledning</b>	6
Nåværende manøvreringsreglement og ytterligere reduksjoner	6
<b>Materiale og metoder</b>	7
Prøvetakingslokaliteter	7
<b>Resultater og diskusjon</b>	9
Tørrlagt elvebunn	10
Vannkvalitet.	18
Bunndyr	12
Fisk	14
Ytterligere reduksjoner fra 250 l/sek til 150 l/sek	17
<b>Referanser</b>	18

## Sammendrag og konklusjoner.

For å sikre drikkevannsforsyningen til Oslo fikk kommunen midlertidig tillatelse til å redusere vannføringen fra 500 til 250 l/sek ut fra Maridalsvatnet. Konsekvensene for bunndyr og fisk er vurdert ved en minstevannføring på 250 l/sek, og ved 150 l/sek.

Manøvreringsreglementet av Akerselva er: Fra 1/4 til 30/11 skal vannføringen være minimum 1.5 m<sup>3</sup>/sek, og fra 1/12 til 31/3 minimum 1 m<sup>3</sup>/sek. Hvis magasinoppfyllingen blir spesielt lav kan vannføringen reduseres til 0.5 m<sup>3</sup>/sek. Dette ble gjort allerede fra 5/12-95. Fra 21/3-96 ble vannføringen redusere ytterligere ned til 0.25 m<sup>3</sup>/sek. Denne vannføringen har vært opprettholdt i tiden etter. Vannføringen skal justeres opp i henhold til manøvreringsreglementet så snart tilsigsforholdene tilsier dette.

Ved dagens minstevannføring (250 l/sek) er i omtrent 1/4 av elveleiet tørrlagt. Ved en reduksjon til 150 l/sek vil omkring 1/3 av elveleiet bli tørrlagt.

Vannet som føres fra Maridalsvatnet (250 l/sek) til Akerselva tas for tiden ut gjennom drikkevannsinntaket fra ca. 30 m dyp. Dette har sammenheng med bygging av ny dam ved Oset. Dette har bl.a. medført at elvevannet på ettersommeren (etter 16/8-96) har holdt vesentlig lavere temperaturer og i vinterhalvåret (frem til januar 1997) vil ha høyere temperaturer enn det som naturlig ville rent ut fra utløpsoset.

Elvetemperaturen ved naturlige avløpsforhold fra Maridalsvatn til Akerselva ville på ettersommeren 1996 blitt høyere enn det som er optimalt for laksefisk, spesielt i de nedre delene. For laks og sjøørret har derfor de lavere temperaturene vært gunstig. For produksjonen av bunndyr inklusiv kreps, spesielt i de øvre delene av elva, har de lave temperaturene hatt negativ effekt.

Vannprøver viser at konsentrasjonene av fysisk/kjemiske parametre nedover Akerselva øker svært raskt, vesentlig raskere enn det man naturlig kunne vente. Mye av konsentrasjonsøkningene må tilskrives menneskelige bidrag. Med unntak av konsentrasjonen av sølv på nederste stasjon, som er betenkelig høy, er ingen av de målte verdiene er så høye at de vil være særlig skadelige for fisk og bunndyr. Konsentrasjonen av jern synes noe høy på den nederste lokaliteten. Det er foreløpig en del prøver som ikke er ferdig analysert

Et større innslag enn tidligere av snegler og gråsugge indikerer redusert vannkvalitet og økende eutrofiering/saprobiering på de nederste stasjonene. Dette er sannsynligvis et resultat av den lave vannføringen som gir liten uttyning av avrenning og tilsig til elva fra omgivelsene.

Produksjonsforholdene for bunndyr ved lavvannføringen sommeren 1996 har vært dårligere enn normalt. To faktorer har vært av betydning: 1) redusert vannføring med tørrlegging av elvebunnen, og 2) redusert vanntemperatur fra midten av august, særlig i de øvre områdene. I forhold til tørrlegging blir produksjonspotensialet redusert proporsjonalt med andelen av tørrlagte områder. Ved en vannføring på 250 l/sek blir produsjonspotensialet redusert med ca 1/4 og ved vannføring 150 l/sek med 1/3 i forhold til normal vannføring. Ved lav vannføring, både ved 250 l/sek og 150 l/sek er det fare for bunnfrysing. Det vil ytterligere redusere det tilgjengelige arealet for bunndyrproduksjon.

Laks og sjøørret vandrer naturlig fra sjøen og opp til Nedre Foss. Ved Nedre Foss blir en del gytefisk fanget og flyttet oppstrøms fossen slik at laks og sjøørret kan gyte opp til Nydalsdammen. Det har vært en naturlig oppvandring av laks og sjøørret til Nedre Foss i løpet av sommeren 1996 til tross for liten minstevannføring. Det har vært forbud mot fiske etter laks, sjøørret og kreps i Akerselva i år.

På de midtre og nedre delene av Akerselva ble det fanget laksunger som hadde klekket i år (0+) og i 1995 (1+). Dette viser at vannkvaliteten de senere årene har vært så god at laks og ørret har kunnet reprodusere og overleve i disse delene av Akerselva.

De største forskjellene mellom tidligere års fiskeundersøkelser ved normalvannføringer og årets undersøkelse ved 250 l/sek er fravær av mange fiskearter på prøvetakingslokalitetene i år. Laks, ørret og ørekyt var godt representert. De andre artene er ansett som mer tolerante enn både laks og ørret overfor de fleste miljøpåvirkninger. Det er derfor trolig bare den lave vannføringen som har ført mange av fiskeartene til andre oppholdssteder i elva enn der vi har fisket. For øvrig tyder både tettheter og lengder av laksefisk at disse artene ikke har hatt noe spesielt ugunstige leveforhold sommeren 1996.

Ved eventuelle kalde perioder til vinteren bør det foretas inspeksjoner av isforholdene i Akerselva dersom vannføringen holdes på 250 l/sek. Det bør slippes på mer vann dersom betydelige deler av elven vil bunnfryse.

Etter ferdigstillingen av ny dam ved Oset i januar 1997 er det ment å slippe kaldt overflatevann fra Maridalsvatn til Akerselva igjen. Det bør vurderes å fortsette å pumpe varmere vann fra 30 m dyp for å hindre/ redusere eventuelle isproblemer i Akerselva.

En ytterligere reduksjon av vannføringen til 150 l/sek kan være betenkelig, og virkningene på fisk og bunndyr synes vanskelig å forutsi. Det antas imidlertid at en reduksjon til 200 l/sek ikke vesentlige vil forsterke negative effekter ut over det vi ser i dag. Til vinteren bør dette følges opp med daglige inspeksjoner av isforholdene i elva når lufttemperaturen går under frysepunktet. Dersom betydelige deler av grunne områder fryser til må vannføringen økes for at ikke elvas dyreliv skal få større skader.

Et lite forbehold må tas med hensyn til de vannprøvene som foreløpig ikke er ferdig analysert: Det kan være utslipp av stoffer nedover elva som ikke bør konsentreres opp som følge av reduserte tilførselene av rent vann fra Maridalsvatnet.

## Innledning

Oslo kommune, Vann- og avløpsverket (OVA) ber NIVA vurdere konsekvenser for bunndyr og fisk ved reduserte minstevannføringer i Akerselva. Kommunen ble pålagt av Fylkesmannen i Oslo og Akershus å foreta denne konsekvensvurderingen i forbindelse med en tillatelse til en midlertidig reduksjon i minstevannføringen fra mars 1996 (250 l/sek). Kommunen ble også pålagt å kartlegge skadene etter at vannføringen er justert opp til tidligere manøvreringsreglement.

OVA ber samtidig NIVA vurdere konsekvensene ved en ytterligere reduksjon av minstevannføringen til 150 l/sek. OVA ønsker en foreløpig vurdering av denne ytterligere reduksjonen så snart som mulig (før 20/9-96).

En endelig rapport hvor skadene kartlegges etter at vannføringen er justert opp til tidligere manøvreringsreglement kan tidligst ferdigstilles høsten 1997, etter oppjusteringen av minstevannføringen og til et tidspunkt hvor forholdene for bunndyr og fisk årstidsmessig blir sammenlignbare med denne undersøkelsen (høsten 1996).

Henvendelsen til NIVA kom for sent til at vi kunne foreta en forundersøkelse før reduksjonen av vannføringen til 250 l/sek. Vi vil derfor basere oss på tidligere undersøkelser av NIVA og andre (Borgstrøm 1976, Borgstrøm og Saltveit 1978, Brittain og Saltveit 1985, 1986, 1987, Bremnes og Saltveit 1993, Lingsten og medarb. 1989), samt informasjonen fra OFA (Oslomarka fiskeadministrasjon) med hensyn på tilstanden for bunndyr og fisk i elva før vannføringsreduksjonen.

Innsamling av større bunndyr (makrovertebrater) er en viktig del av generelle og problemrettede vassdragsundersøkelser. Bunndyr er en heterogen gruppe organismer. Det finnes ekstreme rentvannsarter og arter som er svært tolerante overfor ulike typer forurensninger. Dette gjør at vi kan bruke bunndyrsamfunnets sammensetning og mengdeforhold til å karakterisere vannkvaliteten i et vassdrag samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse (Aanes og Bækken 1989). Bunndyr lever hele eller store deler av sitt liv i vann. Bunndyrsamfunnet gir derfor et integrert bilde av tilstanden i vassdraget over en lengre periode. Videre er bunndyrene viktige næringsobjekter for fisk og kan derfor gi opplysninger om næringspotensiale for fiskeproduksjon.

Kommunens ønske om å redusere minstevannføringene i Akerselva har sammenheng med små drikkevannsreserver forårsaket av en spesielt lang og nedbørfattig periode (august 1995 - april 1996) i nedbørsfelter til Akerselva.

NIVA har tidligere i år vurdert konsekvenser ved ytterligere senkninger av flere magasiner i Nordmarka i forbindelse med OVAs arbeid med å sikre vannforsyning til Oslo kommune (Lien og medarb. 1996a, 1996b).

### **Nåværende manøvreringsreglement og ytterligere reduksjoner.**

Manøvreringsreglementet av Akerselva er som følgende: Fra 1/4 til 30/11 skal vannføringen være minimum 1.5 m<sup>3</sup>/sek, og fra 1/12 til 31/3 skal vannføringen være minimum 1 m<sup>3</sup>/sek. Hvis magasinoppfyllingen i Nordmarka blir spesielt lav kan vannføringen ut fra Maridalsvatnet reduseres til 0.5 m<sup>3</sup>/sek.. Dette ble gjort allerede fra 5/12-95.

Fra 21/3-96 fikk OVA tillatelse til å redusere vannføringen ut fra Maridalsvatn ytterligere ned til 0.25 m<sup>3</sup>/sek. Denne vannføringen har vært opprettholdt i tiden etter. Overflatevann fra Maridalsvatn rant som vanlig ut i Akerselva frem til 16/8. Etter denne datoen ble det pumpet ubehandlet vann fra 30 m

dyp ut i elva. Vannføringen skal justeres opp i henhold til manøvreringsreglementet så snart tilsigsforholdene tilsier dette.

I denne foreløpige rapporten ber OVA at NIVA også vurderer effektene av en enda lavere vannføring på 0.15 m<sup>3</sup>/sek.

## **Materiale og metoder**

### **Prøvetakingslokaliteter**

Det ble valgt ut 5 stasjoner i Akerselva for prøvetaking av bunndyr, fisk og vannanalyser (Fig.1). Disse stasjonene er alle lokaliteter hvor det tidligere har vært samlet inn prøver av bunndyr og fisk (Bremnes og Saltveit 1993). Stasjonene har følgende lokalisering:

- St. 1. Nedstrøms gangbroen over Grønvoldfossen.
- St. 2. Mellom Nydalsdammen og Nydalsbroa.
- St. 3. Oppstrøms gangbro mot Badebakken.
- St. 4. Nedstrøms Beyerbrua og Beierfallene.
- St. 5. Under og nedstrøms gangbro mellom Nedre gate og Østre Elvebakke.

Det ble foretatt en innsamling i Akerselva av vannprøver, bunndyr og fisk 11/-96. En oppmåling av tørrlagt elvebunn ble også gjennomført samtidig og sammenholdt med bredden av elveleiet ved normalvannføring.

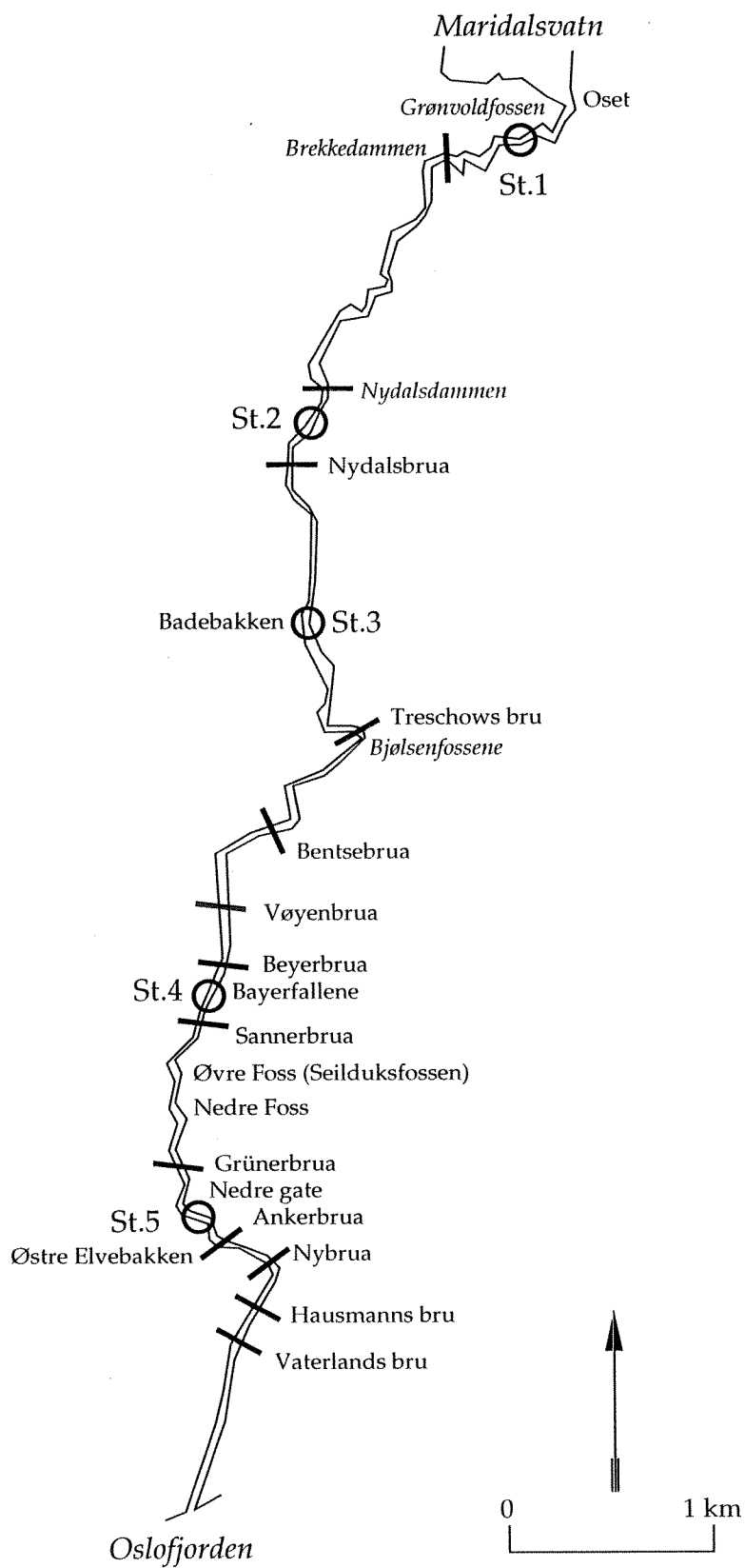
Vannprøver ble tatt på alle stasjoner for analyser av de vanligste fysiske/kjemiske parametre, og for metallanalyser på stasjonene 1, 3 og 5.

Bunndyrene ble samlet inn med den såkalte sparkemetoden (Norsk Standard 4719). Bunnssubstratet rotes rundt med den ene foten, det oppvirvlede materialet føres av strømmen og opp i en håv plassert på bunnen. Det hele foregår etter en bestemt prosedyre i 3 x 1 minutt. Håven har maskevidde 250 µm.

Et prøvefiske med elektrisk fiskeapparat (S. Paulsen, Trondheim) ble også foretatt på alle stasjonene. Hele bredden av elva ble avfisket én gang, og laksefiskene ble lengdemålt og satt ut igjen.

Christofer Senstad (OFA) deltok på hele denne innsamlingen med meget verdifulle lokalkunnskaper spesielt på fisk.





Figur 1. Kartskisse over Akerselva med prøvetakingsstasjoner. Viktige fosser og dammer som regulerer for vandringer av fisk er markert.

## Resultater og diskusjon

### Tørrlagt elvebunn

Tørrlagte deler av elvebunnen medfører redusert produksjon av planter, bunndyr og fisk. Ved reduserte vannføringer ut fra Maridalsvatn vil deler av bunnen i Akerselva bli tørrlagt. Under prøveinnsamlingen 11/9-96 ble representative tverrsnitt av elva målt på hver prøvetakingsstasjon: Hele elveleiet ved normalvannføring ble målt i forhold til dagens vannføring (250 l/sek ut fra Maridalsvatn), og samtidig ble det vurdert hvordan elveleiet ville bli tørrlagt ved en vannføring på 150 l/sek. Dette ble vurdert på grunnlag av elveprofilen og en vannføringsreduksjon på 40 % fra Maridalsvatn. Lange strekninger av Akerselva er delvis kanalisert og steinsatt. Dette medfører en flatere profil av elveleiet enn det som er vanlig i en mindre berørt elv. Prosent tørrlegging målt ved 250 l/sek og estimert ved 150 l/sek er satt opp for hver stasjon i tabell 1. Ved dagens minstevannføring er omtrent 1/4 av elveleiet tørrlagt. Ved en reduksjon til 150 l/sek vil trolig omkring 1/3 av elveleiet bli tørrlagt.

Tabell 1. Prosent tørrlagt elvebunn på 5 stasjoner i Akerselva målt ved vannføring på 250 l/sek og estimert ved vannføring på 150 l/sek.

Stasjon	% tørrlagt ved 250 l/sek	% tørrlagt ved 150 l/sek
1	18	37
2	36	40
3	26	37
4	23	34
5	17	30
Middel	24	35

En skjønnsmessig vurdering av tørrlagt elveareal foretatt av OFA tidligere i sommer i nedre deler av Akerselva antyder at ca 20 % av elvebunnen var tørrlagt i forhold til normal sommervannføring (Christofer Senstad pers.medd.). Dette er godt i overensstemmelse med våre målinger.

### Vannkvalitet

De vannmassene som føres fra Maridalsvatnet (250 l/sek) til Akerselva tas etter 16/8-96 ut gjennom drikkevanns-inntaket fra 30 m dyp på grunn av bygging av ny dam. Dette medfører bl.a. at vannet holder vesentlig lavere temperaturer enn det som naturlig ville rent ut fra utløpsoset. En måleserie foretatt av NVE (Ånund Sigurd Kvambekk) 28/8-1996 viste følgende temperaturverdier ( $^{\circ}\text{C}$ ) (lufttemperaturen stigende fra ca 16 til ca 23  $^{\circ}\text{C}$ ):

Maridalsvatn, overflate	19.3
Maridalsvatn /Akerselva, utløpsdam	6.3
Akerselva v/Frysjaveien (0.6 km nedstrøms)	8.7
Akerselva v/Nydalen Park (2 km nedstrøms)	10.9
Akerselva v/Bentsebrua (4.5 km nedstrøms)	14.0
Akerselva v/Grünerbrua (7 km nedstrøms)	14.25

Normalt ville Akerselva denne dagen hatt en temperatur på rundt 19  $^{\circ}\text{C}$  ved utløp Maridalsvatn, og denne temperaturen ville steget noen få grader eller holdt seg på omtrent samme nivå nedover hele elva avhengig av døgnvariasjonen i lufttemperaturen.

Temperaturen i Akerselva ble også målt 11. september sammen med innsamling av vannprøver. Lufttemperaturen steg denne dagen fra 2 °C om morgenen til ca 11 °C på ettermiddagen. Overflate-temperaturer i Maridalsvatn var 15.4 °C samme morgenen. Tabell 2 viser en økende temperatur nedover i Akerselva. Ved overflateavrenning fra Maridalsvatn skulle vi denne dagen hatt en synkende temperatur nedover Akerselva, men på de nederste stasjonene ville elvevannet trolig bare vært noen grader varmere enn det vi målte.

Ettersommeren 1996 har vært både varm og tørr, og ved naturlige avløpsforhold fra Maridalsvatn til Akerselva ville elvetemperaturen blitt høyere enn det som er optimalt for laksefisk, spesielt i de nedre delene. For laks og sjøørret er derfor de lave temperaturene gunstig. For produksjonen av bunndyr inklusiv kreps, spesielt i de øvre delene av elva, har de lave temperaturene negativ effekt.

Dersom utslippet av 250 l/sek fortsetter utover høsten og vinteren vil temperaturen i vannet få en annen og motsatt effekt av både den som eksisterer i dag, og i forhold til det som ville vært naturlig: Når lufttemperaturen utover høsten og vinteren forventes å gå ned mot frysepunktet og under, vil utslippet av vann fra Maridalsvatnet fortsatt holde omkring 6 °C før den etterhvert går ned mot 4 °C. Overflatetemperaturen i avrenningsvannet til Akerselva under "normale" forhold ville fra november-desember være noe over 0 °C. Akerselva vil da tilføres vesentlig varmere vann enn normalt, spesielt i de øvre delene av elva. I tillegg til dannelse av frostrøyk i nærområdene langs elva, vil dette også få virkninger på bunndyr og fisk.

Tabell 2. Noen fysisk/kjemiske analyseresultater fra Akerselva 11 september 1996.

Stasjon	1	2	3	4	5
Temperatur oC	6.6	7.5	8.2	ca 9	9.5
pH	6.88	7.04	7.13	7.23	7.29
Ledningsevne mS/m	3.37	4.89	6.02	7.12	8.55
Turbiditet FTU	1	1.4	1.3	1.7	1.7
Alkalitet mmol/l	0.127	0.224	0.28	0.348	0.408
Bly           µg/l	0.37		0.61		0.95
Kadmium   µg/l	0.03		0.03		0.03
Kobber      µg/l	1.1		1.8		2.8
Krom        µg/l	0.5		0.6		0.8
Jern         µg/l	60		100		230
Nikkel      µg/l	0.42		0.73		0.93
Sink        µg/l	8.3		11		11
Arsen       µg/l	0.1		0.2		0.3
Sølv        µg/l	1.8		<0.1		31
Beryllium  µg/l	<0.05		<0.05		<0.05

De fysisk/kjemiske prøvene som foreløpig er analysert er vist i tabell 2. pH, ledningsevne, turbiditet og alkalitet viser alle en klar stigende tendens nedover i elva. Det samme gjelder de metallene som er målt på den øverste, midterste og nederste stasjonen. Nedover i de aller fleste elver og vassdrag finner man naturlig økende konsentrasjoner av de fleste elementer. Konsentrasjonene nedover Akerselva øker svært raskt, vesentlig raskere enn det man naturlig kunne vente. Mye av konsentrasjonsøkningene må derfor tilskrives menneskelige bidrag. Med unntak av konsentrasjonen av sølv på nederste stasjon, som er betenkelig stor, er ingen av de målte verdiene så høye at de vil være særlig skadelige for fisk og bunndyr. Konsentrasjonen av jern synes noe høy på den nederste lokaliteten.

Analyser av bl.a. næringssalter og ionesammensetningen er foreløpig ikke ferdig analysert. Flere av disse parametrene kan ha avgjørende betydning på dyrelivet i elva.

## Bunndyr

### Stasjon 1.

Fjærmygglarver dominerte faunaen på stasjon 1 (Tabell 3), den øverste stasjon i Akerselva. De utgjorde i overkant av 30 % av individantallet (Fig. 2). Ca. 20 % av bunnfaunaen var døgnfluer. Ellers var steinfluer, vårfluer og småmuslinger vanlige grupper ved denne stasjonen. En samlegruppe med forskjellige bunndyrformer ("Andre") utgjorde ca 30 %. Av disse var knottlarver det vanligste innslaget.

Tabell 3. Bunndyrgrupper fra Akerselva 11. september 1996. Metode: spark 3x1 minutt, 250 µm maskevidde.

Stasjonskode	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
Fåbørstemark	2	40	168	88	960
Igler	8	4	0	8	8
Snegl	12	104	32	464	896
Småmuslinger	380	0	0	56	16
Vannmidd	40	24	24	128	416
Muslingkreps	60	0	0	40	96
Gråsugge (Asellus)	0	0	0	24	400
Døgnfluer	388	140	24	24	64
Steinfluer	208	8	0	0	16
Vårfluer	108	32	36	56	240
Knottlarver	110	0	0	0	0
Fjærmygglarver	620	992	424	1208	3584
Fjærmyggpupper	20	64	28	56	224
Andre tovingelarver	20	24	40	24	96
Sum	1976	1432	776	2176	7016

Stasjon 1 var den mest artsrike med hensyn til døgn-, stein- og vårfluer (DSV) (Tabell 4). Tilsammen ble det funnet 14 arter. Av disse var det 6 døgnfluearter hvorav 3 var arter normalt knyttet til mer roligflytende eller stillestående vann (*Centroptilum luteolum*, *Heptagenia fuscogrisea* og *Leptophlebia sp.*). *Centroptilum luteolum* var den vanligste. Innslaget av disse artene antyder en lengre periode med saktestrømmende vann i det prøvetatte området. Det er i sin tur forårsaket av redusert vannføring. Dyrene kan komme fra ovenforliggende dam eller er klekket ut i de rolige områdene på stasjon 1. Det er trolig at individene av *Centroptilum* besto av sommergenerasjonen til tross for at de var forholdsvis små. Elva har i hele sommer blitt tilført kaldt bunnvann fra Maridalsvatnet. Den lave sommertemperaturen på omkring 6°C har medført redusert vekst. Tidligere undersøkelser på denne lokaliteten påviste bare *Leptophlebia marginata* av ovenfor nevnte artene (Bremnes & Saltveit 1993).

Blant de øvrige døgnflueartene dominerte *Baetis rhodani*. Steinfluefaunaen ble dominert av små individer av *Amphinemura sp.*, mens *Hydropsyche siltalai* var den vanligste vårfluearten.

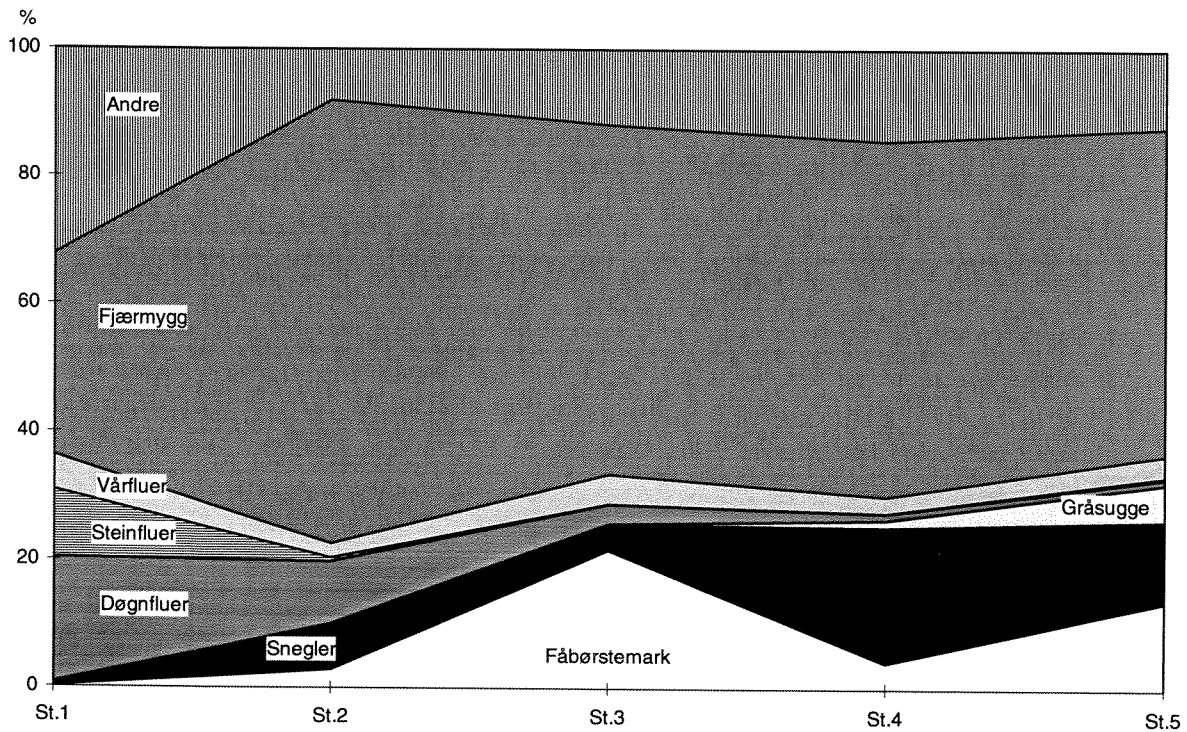


Fig. 2 . Prosentvis innslag (av total) av utvalgte bunndyrgrupper i Akerselva 11. september 1996.

### Stasjon 2.

Fjærmygglarver dominerte og utgjorde ca 70 % av faunaen. Det totale individtallet i prøven var noe lavere enn ved stasjon 1. Sneglefaunaen var imidlertid betydelig vanligere enn på stasjon 1. Døgnfluene var fremdeles vanlige, men det ble bare påvist typiske elvearter som *Baetis rhodani*, *Heptagenia sulphurea* og *Ephemerella ignita*. Antall arter av døgn-, stein- og vårfluer var til sammen 6 og langt lavere enn på stasjon 1. Det ble funnet bare få individer av steinfluene *Isoperla sp.* og *Amphinemura sp.* *Rhyacophila nubila* var eneste vårflueart.

Denne stasjonen var vesentlig forskjellig fra de andre med hensyn på bunnsubstrat. Den besto i stor grad av stor stein. Dette kan forklare noe av det lave innslaget av stein og vårfluer.

### Stasjon 3.

Fjærmygglarver dominerte også ved denne stasjonen og utgjorde omkring 55 % av individantallet. Antall fåbørstemark hadde økt betydelig fra de to forrige stasjonene og utgjorde her ca 22%. Det totale individantallet var halvert fra forrige stasjon. Antall døgnfluer hadde gått betydelig ned, men artene var de samme som på stasjon 2. Det ble ikke funnet steinfluer. Det var noen flere vårfluearter enn ved forrige stasjon med små individer av Polycentropidae som det vanligste innslaget.

### Stasjon 4.

Tettheten økte betydelig fra stasjon 3 til stasjon 4. De fleste av hovedgruppene økte. Fjærmygglarvene dominerte med omkring 56% av faunaen. Sneglefaunaen hadde økt betydelig og utgjorde i overkant av 20 %. Døgnflu faunaen ble funnet i samme størrelsesorden som ved forrige stasjon, og med *Baetis rhodani* som den vanligste arten. Steinfluer ble ikke funnet. Antall vårfluearter økte. På denne stasjonen ble det også funnet enkelte individer av krepsdyret gråsugge (*Asellus aquaticus*).

Stasjon 5.

Denne stasjonen hadde langt høyere tetthet enn de andre stasjonene. Individantallet var mer enn tredoblet i forhold til på stasjon 4. Fjærmygglarver dominerte og utgjorde vel halvparten av individene. De fleste gruppene økte i antall. Spesielt å nevne er fåbørstemark, snegler og gråsugge, som utgjorde henholdsvis 14, 13 og 6 % av totalfaunaen. Døgnfluefaunaen besto av de samme artene som på forrige stasjon. De ble registrert en steinflueart, *Protonemura meyeri* og 6 vårfluearter.

Tabell 4. Sammensetningen av døgnflue, steinflue og vårfluearter på ulike stasjoner i Akerselva 11. september 1996. Metode: spark 3x1 minutt, 250 µm maskevidde.

St.kode	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
<b>DØGNFLUER</b>					
Baetis rhodani	124	128	12	16	48
Centroptilum luteolum	156				
Heptagenia fuscogrisea	20				
Heptagenia sulphurea	20	8	4		
Leptophlebia sp.	16				
Ephemerella ignita	52	4	8	8	16
<b>STEINFLUER</b>					
Isoperla sp.	12	4			
Amphinemura sp.	136	4			
Protonemura meyeri					16
Nemoura sp.	4				
Leuctra fusca	56				
<b>VÅRFLUER</b>					
Rhyacophila nubila		32	4	8	16
Hydroptila sp.	20				
Polycentropus flavomaculatus	8		8	8	
Polycentropidae indet			20	16	16
Hydropsyche siltalai	72		4		160
Hydropsyche sp.				8	16
Psychomyia pusillus				16	16
Ceraclea sp	8				
Leptoceridae indet					16
<b>Antall arter (DSV)</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>

Tidligere undersøkelser har påvist en stadig bedring av vannkvaliteten i Akerselva. Undersøkelsene har blant annet vært basert på endringer i sammensetningen av bunnfaunaen. For en stor del er faunaelementene de samme i foreliggende undersøkelsen som i undersøkelsene fra 1989 og 1990 (Bremnes & Saltveit 1993). Det var imidlertid noen påfallende forskjeller. Sneglefaunaen, spesielt på stasjon 4 og 5, hadde langt høyere tetthet i september 1996 enn i september 1989 og 1990. Innslaget av gråsugge, spesielt på stasjon 5, var uvanlig høyt. Denne arten ble ikke påvist på noen av stasjonene i 1989 og 1990. Arten var heller ikke vanlig på disse stasjonene i undersøkelser fra 1983/83 og 1976/77 (Borgstrøm og Saltveit 1978, Brittain og Saltveit 1985). Gråsugge kan få masseforekomster ved rikelig tilgang på organisk materiale. Det store innslaget av snegler og gråsugge indikerer redusert vannkvalitet og økende eutrofiering/saprobiering på de nederste stasjonene. Dette er sannsynligvis et

resultat av den lave vannføringen som gir liten fortykning av tilsig og avrenning til elva fra omgivelsene.

Produksjonsforholdene for bunndyr ved lavvannføringen sommeren 1996 har vært dårligere enn normalt. To faktorer har vært av betydning: 1) redusert vannføring og tørrlegging av elvebunnen, 2) redusert vanntemperatur, særlig i de øvre områdene på ettersommeren. Generelt kan vi anta at i forhold til tørrlegging blir produksjonspotensialet redusert proporsjonalt med andelen av tørrlagte områder. Det betyr at ved en vannføring på 250 l/sek blir produksjonspotensialet redusert med ca 1/4 og ved vannføring 150 l/sek med 1/3. Både ved 250 l/sek og 150 l/sek vil det i tillegg være fare for bunnfrysing i kuldeperioder. Det vil ytterligere redusere det tilgjengelige arealet for bunndyrproduksjon.

I første halvdel av vinteren vil det i den øverste delen av elva være unormalt høy temperatur (4 °C)(se side 10). Dette vil medføre en raskere vekst enn normalt gjennom vinterhalvåret og en tidlig klekking av de vannlevende insektlarvene/nymfene til voksne individer. Denne forskyvningen av den normale utviklingen går trolig parallelt med tilsvarende forskyvning i utviklingen hos fisk, slik at dette i seg selv ikke medfører endret næringstilgang for laks- og ørretunger.

## Fisk

Laks og sjøørret vandrer naturlig fra sjøen og opp til Nedre Foss. Ved Nedre Foss blir en del gytefisk fanget og flyttet oppstrøms fossen. De har da muligheter til å vandre videre opp til Øvre Foss. Det flyttes også fisk høyere opp i elva slik at laks og sjøørret kan gå opp til Nydalsdammen. Høyere opp i elva er det ikke gitt tillatelse til å sette ut anadrom gytefisk. Det er OFA som utfører dette arbeidet som har pågått i flere år. OFA har også i 1996 observert laks og sjøørret ved Nedre Foss til tross for de små minstevannføringene (Christofer Senstad pers.medd.). Det er foreløpig ikke gitt tillatelse (fra veterinærmyndighetene p.g.a. furunkulose i Sandvikselva) til å flytte denne fisken høyere opp i elva i år. OFA selger egne fiskekort for nedre deler av Akerselva. I år har det vært fiskeforbud fra Nydalsdammen og ned hele elva. Ovenfor Nydalsdammen har det vært fisket med det samme kortet som gjelder for Nordmarka for øvrig. Det har imidlertid vært krepseforbud i hele Akerselva i 1996.

Det ble fanget ørret med elektrisk fiskeapparat på alle prøvestasjonene (Tabell 5). Det ble også tatt ørekyt i til dels store mengder på de fleste lokalitetene. Ferskvannskreps ble registret på de tre øverste stasjonene, mens laks ble funnet på de tre nederste stasjonene. Ørret og laks ble lengdemålt. Det ble observert to helt adskilte lengdegrupper både for ørret og laks. For laks kan dette med stor rimelighet antas å være aldersgrupper (0+ og 1+), mens for ørret er trolig bare den minste lengdegruppen som representerer én aldersgruppe (0+). Ørret med større lengder består sannsynligvis av flere aldersgrupper. Lengdeveksten for både ørret og laks er god. Fiskene ble ikke veid, men det generelle inntrykket var at fiskene også hadde god vekt og kondisjon. Middellengdene for disse aldersgruppene er vist i Tabell 6.

Tettheten av fisk, beregnet som antall ørret og laks per 100 m<sup>2</sup> vannflate, er vist for de ulike stasjonene i Akerselva i tabell 6. På de øverste stasjonene (1, 2 og 3) var tettheten av ørret meget lav, 4 - 5 fisk per 100 m<sup>2</sup>. På stasjon 3 var det også en del laks slik at summen av laksefisk ikke ble så dårlig (14 fisk per 100 m<sup>2</sup>). På stasjonene 4 og 5 var tettheten av både laks og ørret vesentlig bedre, og spesielt laks (1+) på stasjon 4 var god. Summen av laks og ørret på begge de nederste stasjonene er bra tatt i betraktning at elven bare er fisket én gang med fiskeapparatet.

Tabell 5. Fisk og ferskvannskreps fanget med elektrisk fiskeapparat på 5 stasjoner i Akerselva 11/9-96. For ørret og laks er antall 0+, og antall 1+ og eldre angitt. For ørekyt og kreps er noen få vist ved "x" og mange vist som "xxx". Middellengdene (M.leng) er satt opp for ørret ved alder 0+ og laks ved alder 0+ og 1+.

Art	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5	
	0+	1+ eldre	0+	1+ eldre	0+	1+ eldre	0+	1+ eldre	0+	1+ eldre
Ørret	12	7	8	2	5	4	12	5	25	5
Laks					17		15	35	20	10
Ørekyt		xxx		x		xxx		xxx		xxx
Kreps		x		x		x				
	M.leng		M.leng		M.leng		M.leng M.leng		M.leng M.leng	
Ørret	6.3		6.9		5.8		5.6		5.8	
Laks					5.2		5.8 11.8		5.7 10.7	

Stasjonene 2, 3 og 4 ligger nedstrøms Nydalsdammen og oppstrøms Nedre Foss. Det vil si oppstrøms der laks og sjøørret naturlig kan vandre. Som nevnt flytter OFA gytefisk oppover i Akerselva slik at den har muligheter for å reproducere i elva opp til Nydalsdammen. Både på stasjon 3, 4 og 5 ble det fanget laksunger som hadde klekt i år etter vellykket gyting i 1995, og på stasjonene 4 og 5 ble det tatt laksunger som et resultat av vellykket gyting i 1994 (alder 1+). Dette viser at vannkvaliteten de senere årene har vært så god at laks og ørret har kunnet reproducere og overleve i disse delene av Akerselva.

Tabell 6. Areal av vannflate fisket én gang med elektrisk fiskeapparat på de forskjellige stasjonene i Akerselva, samt antall av ørret og laks og summen av disse per 100 m<sup>2</sup> vannflate.

Lokalitet	Stasjon				
	1	2	3	4	5
Areal elektro-fisket (m <sup>2</sup> )	470	190	180	80	80
Ørret tetthet (antall/100m <sup>2</sup> )	4	5	5	21	38
Laks tetthet (antall/100m <sup>2</sup> )			9	63	38
Sum tetthet (antall/100m <sup>2</sup> )	4	5	14	84	76

Sammenlignet med undersøkelser fra tidligere år (Borgstrøm 1976, Brittain og Saltveit 1985, Bremnes og Saltveit 1993) ble det på 1970 tallet og tidlig i 1980 årene bare observert fisk på den øvre delen av Akerselva. Fra 1983 og frem til i dag har det, med noen unntak, vært registreringer av fisk i hele elva.

En rekke fiskearter har vært påvist: Laks, ørret, krøkle, abbor, gjedde, ørekyt, mort, laue, trepigget- og nipigget stingsild, ål og skrubbeflyndre i tillegg til niøye (Borgstrøm 1976, Brittain og Saltveit 1985, Bremnes og Saltveit 1993). Vår undersøkelse i 1996 viste bare fire arter. Mange av de tidligere påviste fiskene har vanligvis tilhold på mer stillestående (og dypere) vann enn det som ble elektrofisket denne gangen. Dette gjelder bl.a. abbor, gjedde, mort og til dels laue og stingsild. Selv om vi ikke fanget disse denne gangen kan de likevel være tilstede, sannsynligvis i noen av de mange kulpene og dammene som fins i elva.

På de øverste stasjonene har det ved alle de nevnte undersøkelsene vært påvist fisk, men tettheten av f.eks. ørret har aldri vært særlig stor (Borgstrøm 1976, Brittain og Saltveit 1985, Bremnes og Saltveit



1993). De lave tetthetene vi fant i år er minst like store som de som tidligere er funnet. Tettheten av laks på den nederste stasjonen ble i september 1991 beregnet til 85 per 100 m<sup>2</sup> (Bremnes og Saltveit 1993). Dette er høyere tall enn det vi kom frem til (Tabell 6), men forskjellen kan skyldes at vi elektrofisket elvestrekningen bare én gang. Ved flere gangers elektrofiske på sammen elvestrekning vil det fanges flere fisk, men færre for hver gang det fiskes. Ved flere gangers elektrofiske i 1996 ville vi trolig nådd de samme tettheter som i 1991 på noen av stasjonene.

Ved de tidligere undersøkelsene (Bremnes og Saltveit 1993) var vannføringen og bredden på elva større, og antall laks og ørret omtrent den samme per flateenhet som i år. Det kunne derfor være rimelig å tro at det totale antallet laksefisk i elva var større tidligere. Ved de tidligere undersøkelsene ble imidlertid bare den ene bredden elektrofisket på grunn av høy vannføring. I de dypere strømharde elvepartiene står det vanligvis lite småfisk. Våre tetthetstall er av sammen størrelsesorden for hele elva ved lav vannføring, som de tidligere undersøkelsene hadde ved høy vannføring for deler av elvebredden. Det er derfor rimelig å anta at det totale antall småfisk ikke er vesentlig forskjellige i disse to undersøkelsene.

Lengdefordelingen av laksunger har også vært registrert tidligere i Akerselva (Bremnes og Saltveit 1993). Sammenlignet med våre data fra i år har det vært målt både større og mindre lengdevekst tidligere.

De største forskjellene mellom tidligere års fiskeundersøkelser ved normalvannføringer og årets undersøkelse ved 250 l/sek er fravær av mange fiskearter på prøvetakingslokalitetene i år. De fleste av disse artene er ansett som mer tolerante enn både laks og ørret overfor de fleste miljøpåvirkninger. De foretrekker imidlertid noe varmere vann enn laksefisk, og kan derfor ha sluppet seg nedover i elva. Den lave vannføringen kan også ha ført mange av disse fiskeartene til andre oppholdssteder i elva enn der vi har fisket, f.eks dypere kulper. For øvrig tyder både tettheter og lengder av laksefisk at disse artene ikke har hatt noe spesielt ugunstige leveforhold sommeren 1996.

Tørrlegging av 1/4 til 1/3 av elveleiet i spesielt tørre somre vil naturlig kunne forekomme i uregulerte elver. Fisk vil da vanligvis samle seg i dypere kulper. Vanntemperaturen blir også ofte ugunstig høy i slike perioder. Artene vil normalt overleve og danne grunnlag for større bestander og høyere produksjon når forholdene bedrer seg igjen.

I hele Akerselva, men spesielt i de øvre delene av elva, har vanntemperaturen vært uvanlig lav på sensommeren 1996. I de øvre delene har temperaturen vært for lav for optimal produksjon av både kreps og fisk. De lave tetthetene av ørret i disse øvre delene av elva kan ha sammenheng med at fisken har forsøkt å unngå de øvre avsnittene ved å slippe seg nedover i elva. Det har imidlertid ikke vært særlig store tettheter av ørret på disse stasjonene tidligere heller (Borgstrøm 1976, Brittain og Saltveit 1985, Bremnes og Saltveit 1993).

På de nedre elvestrekningene har vanntemperaturen vært gunstig for laksefiskene på ettersommeren. Liten vannføring med lav vanntemperatur ut fra Maridalsvatn kombinert med høye lufttemperaturer har gitt mer optimale vanntemperaturer i de nedre delene enn det ville ha vært ved normal overflateavrenning fra Maridalsvatn. Laks og ørret vokser og trives best under 18 - 20 °C.

### Ytterligere reduksjoner fra 250 l/sek til 150 l/sek.

En uregulert elv vil i nedbørfattige perioder ha tørrlagt gjerne mer enn 1/3 av det totale elveleiet. Ved våre estimater i Akerselva representerer dette 150 l/sek ut fra Maridalsvatnet. Det spesielle med Akerselva er at denne situasjonen (1/4 av elveleiet tørrlagt) har vært konstant i snart 6 måneder. Mindre kortvarige "flommer" på f.eks. 1 m<sup>3</sup>/sek, med ett døgn varighet, og med gradvis oppkjøring og avstenging hadde vært gunstig i løpet av dette halvåret.

Når lufttemperaturen utover høsten og vinteren går ned mot frysepunktet og under, vil utslippet av vann fra Maridalsvatnet fortsatt holde omkring 6 °C før den etterhvert går ned mot 4 °C. Temperaturen i Akerselva fra november-desember ville under normale forhold være noe over 0 °C. Akerselva vil i alle fall frem til januar 1997 tilføres vesentlig varmere vann enn normalt, spesielt i de øvre delene av elva. Dette vil få virkninger på bunndyr og fisk. Disse virkningene vil være kjent fra mange vassdragsreguleringer (Faugli og medarb. 1993). Klekkingen av fiskerogn vil finne sted tidligere på våren enn vanlig, men forhåpentlig vil også næringsdyrene (bunndyr) for fiskeyngelen være i tilsvarende fase slik at plommesekk yngelen får tilgang på riktig næringsdyr i dette kritiske stadiet for fisken.

En ytterligere reduksjon av vannføringen fra 250 til 150 l/sek ville vært betenkelig når lufttemperaturen går under frysepunktet, og elva etterhvert islegges. I kuldeperioder vil de grunneste delene av elveleiet bunnfryse og tilgjengelig elveløp for fisk og bunndyr vil reduseres ytterligere. Utslipp av varmere vann enn vanlig fra Maridalsvatnet vil kunne avhjelpe dette. Om det varmere vannet fra Maridalsvatnet er i stand til å holde de nedre delene av Akerselva isfrie vil bl.a. være avhengig av mengden vann som slippes ut av Maridalsvatnet og lufttemperaturen gjennom vinteren. En eventuell ytterligere reduksjon av vannføringen under 250 l/sek i vinterhalvåret måtte følges av daglige inspeksjoner av isforholdene spesielt i de nedre delene av Akerselva. Ved eventuelle kalde perioder til vinteren bør det også foretas inspeksjoner av isforholdene i Akerselva dersom vannføringen holdes på 250 l/sek. Det bør slippes på mer vann dersom betydelige deler av elven vil bunnfryse. Det bør også vurderes å pumpe det varmere vannet fra 30 m dyp etter januar 1997.

Det synes ikke som den lave vannføring og de lavere vanntemperaturene ettersommeren 1996 har hatt særlig negativ effekt hverken på tettheten eller produksjonen av laks og ørret, spesielt ikke i de nedre delene av elva. En ytterligere reduksjon av vannføringen til 150 l/sek kan være betenkelig, og virkningene på fisk og bunndyr synes vanskelig å forutsi. Det antas imidlertid at en reduksjon til 200 l/sek ikke vesentlige vil forsterke negative effekter ut over det vi ser i dag. Til vinteren bør dette som nevnt, følges opp med daglige inspeksjoner av isforholdene i elva når lufttemperaturen går under frysepunktet. Dersom betydelige deler av grunne områder fryser til må vannføringen økes for at ikke elvas dyreliv skal få større skader.

Et lite forbehold må også tas med hensyn til de vannprøvene som foreløpig ikke er ferdig analysert: Det kan være utslipp av stoffer nedover elva som ikke bør konsentreres opp som følge av reduserte tilførsle av rent vann fra Maridalsvatnet.

## Referanser

- Bremnes, T. og Saltveit, S.J., 1993: Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del XII. Bunndyr og fisk i Akerselva 1989 og 1990. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 138.
- Borgstrøm, R., 1976: Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del I. Bunndyr i Akerselva. Fisk i Akerselva, Sognsvannsbekken - Frognerelva, Holmenbekken - Hoffselva og Mærradalsbekken. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 32.
- Borgstrøm, R. og Saltveit, S.J., 1978: Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del II. Bunndyr og fisk i Akerselva, Sognsvannsbekken - Frognerelva, Holmenbekken - Hoffselva og Mærradalsbekken 1976 og 1977. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 38.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J., 1985: Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del V. Bunndyr og fisk i Akerselva 1982 og 1983. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 77.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J., 1986: Fiskedød i Akerselva: Bruk av bunndyr og fisk for lokalisering av kilde for giftutslipp. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 92.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J., 1987: Lokalisering av kilde for fiskedød i Akerselva, desember 1986. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske. UiO. Rapport 94.
- Faugli, E., Erlandsen, A.H. og Eikenes, O., 1993: Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak - en kunnskapsoppsummering. Bind 1 og 2. Norges vassdrags- og energiverk. Publikasjon 13/93
- Lien, L., Stabbetorp, O. og Rørslett, B., 1996a: Miljøkonsekvenser av midlertidig nedtapping under LRV i noen av Oslos drikkevannsmagasiner. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 3495-96.
- Lien, L., Rørslett, B. og Stabbetorp, O., 1996b: Miljøkonsekvenser av midlertidig nedtapping under LRV i noen av Oslos drikkevannsmagasiner. Fase II. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 3495-96.
- Lingsten, L., Brabrand, Å., Bremnes, T., Brittain, J., Efraimsen, H., Källquist, T., Saltveit, S.J. og Økland, B., 1989: Undersøkelser i Akerselva 1988. Kartlegging av glødeskallenes beliggenhet og mektighet. Sedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter samt effekter på bunndyr og fisk. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 2342-89.
- Aanes, K.J. og Bækken, T., 1989: Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklasifisering. Nr.1 Generell del. NIVA/SFT. Rapport 2278.

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00

Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3536-96.

ISBN 82-577-3082-3