

TROND BREMNES OG
SVEIN JAKOB SALTVEIT
LABORATORIUM FOR FERSKVANNSSØKOLOGI
OG INNLANDSFISKE (LFI),
UNIVERSITETET I OSLO

LFI-RAPPORT NR. 171

DELRAPPORT 2/1997

FAUNAEN I ELVER OG BEKKER
INNEN OSLO KOMMUNE
DEL XVIV
BUNNDYR OG FISK I
AKERSELVA
1996

FOR

OSLO VANN OG AVLØPSVERK

OSLO I DESEMBER 1997

FORORD

Et miljøpolitisk prinsippprogram for vern av elver, bekker og vann i Oslo er pr. 19.6.82 vedtatt av formannskapet i Oslo. I vedtaket heter det bl.a.: "Overvåking av Oslos vassdrag gjennomføres iflg. vedlagte overvåkingsprogram". Overvåkingsprogrammet er lagt opp etter de grunntanker vi finner nedfelt i Stortingsmelding nr. 107 (1974-75) om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene.

Ryggraden i overvåkingsprogrammet er fysisk-kjemiske parametre brukt på vannprøver tatt på bestemte lokaliteter og til bestemt tid. Selv med relativt hyppig prøvetaking sier det seg selv av resultatene i stor grad likevel blir øyeblikksbilder av situasjonen. Som et utfyllende og supplerende element kommer her biologiske parametre inn. Slike kan gi et mer nyansert bilde av en forurensningssituasjon over tid. I overvåkingsprogrammet er det derfor tatt med bl.a. studier av begroing i bekker og elver, planteplanktonbestemmelser i innsjøer samt fisk og bunndyr i vassdragene.

Den foreliggende delrapport er den attende i rekken om bunndyr og fisk i Oslo vassdragene. De to første rapportene dokumenterte tilstanden i 1976 og 1977 for Mærradalsbekken, Hoffselva, Frognerelva og Akerselva, mens de påfølgende behandlet tilstanden i 1980-81, 1981-82, 1982-83 og 1983-84 for henholdsvis Ljanselva, Loelva, Akerselva og Lysakerelva. Samtlige vassdrag har blitt undersøkt for andre gang: Frognerelva (1984-85), Hoffselva (1985-86), Mærradalsbekken (1986-87), Ljanselva (1987-88), Loelva (1988-89) og Lysakerelva (1990-91). Følgende vassdrag har blitt undersøkt for tredje gang: Akerselva (1989-90), Frognerelva (1991-92), Hoffselva (1992-93), Mærradalsbekken (1993-94), Ljanselva (1994-95) og Loelva (1995-96). Akerselva er det første vassdraget som blir undersøkt for fjerde gang. I tillegg er det utgitt to rapporter i forbindelse med fiskedød i Akerselva høsten 1986. Et notat om utslipp av syre i Akerselva ble utgitt i 1988. Et notat om fiskedød i Ljanselva ble utgitt i 1990. Arbeidet er utført som betalt oppdrag fra Oslo vann- og avløpsverk av Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk museum i Oslo. Forsker Trond Bremnes og amanuensis Svein Jakob Saltveit har hatt ansvar for opplegg og gjennomføring. De fysisk-kjemiske målinger rapporten omtaler er utført av Seksjon for miljøtilsyn, Oslo vann- og avløpsverk som ledd i overvåkingsprogrammet. Seksjon for miljøtilsyn har også gjort feltarbeid for bakteriekontroll, men Etat for miljø- og næringsmiddelkontroll har utført analysene.

Det rettes en varm takk til alle som har vært engasjert og konsultert i forbindelse med undersøkelsen. Kommentarer fra interesserte mottas med takk!

Oslo, desember 1997

Eli Grimsby

Terje Wold

INNHOLD

	side
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	6
2. OMRÅDE OG LOKALITETSBESKRIVELSE	7
3. MATERIALE OG METODE	10
3.1. Bunndyr	10
3.2. Fisk	10
4. RESULTATER	11
4.1. Bunndyr	11
4.2. Fisk	17
5. DISKUSJON	24
6. LITTERATUR	32

SAMMENDRAG

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1997. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. XIV. Bunndyr og fisk i Akerselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 171, 36 s.

I forbindelse med de tiltak som er satt i verk for å bedre vannkvaliteten i vassdragene innen Oslo kommune, er det foretatt en undersøkelse av bunndyr og fisk på fem stasjoner i Akerselva for å belyse biologisk status. Undersøkelsene ble utført i 1996. Vassdraget er tidligere undersøkt i 1976-77, 1982-83 og 1989-90. Det er derfor et godt grunnlag for å kunne vurdere endringer i de biologiske forhold og forurensnings-situasjonen.

Alle stasjonene i Akerselva hadde i 1996 en mer eller mindre forenklet bunndyrfauna i forhold til den forventete, naturlige faunaen i lavereliggende vassdrag på Sør-Østlandet.

Hovedårsaken til dette er ulike typer menneskelig påvirkning, vesentlig i form av organisk forurensning. Effektene av slik påvirkning har vært forsterket i 1996 pga. redusert vannføring.

Minst påvirket var den øverste stasjonen ved Frysja (AKR1). Her var faunaen sammensatt med mange arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer tilstede. Tendensen til dominans av tolerante arter innen disse gruppene antydte en viss organisk belastning. Det var mange filtrerende arter som utnyttet driv ut av Maridalsvannet.

Videre nedover skjer det en forenkling av faunaen ved at tolerante arter av fjærmygg, fåbørstemark og snegl blir dominerende. Kun de mest tolerante artene av steinfluer og vårfluer ble påvist.

Stasjon AKR3 var tilsynelatende mest belastet med dominans av fåbørstemark og fjærmygg. I den nedre delen (AKR4 og AKR5) var det en svak bedring ved at faunaen ble noe mer sammensatt.

Akerselva var tidligere (1976-77) preget av sterk forurensning bortsett fra øverst (AKR1). Fram til 1989-90 skjedde det en markant bedring, spesielt på stasjon AKR3. I 1996 har det skjedd en forverring ved at andelene av mange av de følsomme artene har blitt redusert. Vurdert ut fra forurensningsindeksen Trent Biotic Index (TBI) var graden av forurensning i 1996 om lag på samme nivå som i 1982-83. En viktig årsak til dette antas å være den sterkt reduserte vannføringen i 1995-96 som medførte en økning i konsentrasjonene av ulike typer tilført forurensning.

1. INNLEDNING

Denne undersøkelsen er et ledd i arbeidet med å belyse biologisk status for vassdrag innen Oslo. Resultatene skal benyttes som kontroll på endringer som finner sted i vassdragene som følge av tiltak mot forurensninger. Målene med forurensningstiltakene var å få vassdragene så rene at fisk kunne reprodusere og leve der. Tidligere undersøkelser er gjort av Borgstrøm (1976), Borgstrøm og Saltveit (1978), Brabrand og Saltveit (1984), Brittain og Saltveit (1984a, 1984b, 1985, 1986a), Bremnes og Saltveit (1988a, 1988b, 1989, 1991, 1993a, 1993b, 1994a, 1994b, 1995, 1996, 1997) og Brittain et al. (1989). Akerselva er nå undersøkt for fjerde gang. Vassdraget ble første gang undersøkt i 1976-77 (Borgstrøm 1976, Borgstrøm og Saltveit 1978), senere i 1982-83 (Brittain og Saltveit 1985) og i 1989-90 (Bremnes og Saltveit 1993). Det vil med dette være mulig å vurdere utviklingen i Akerselva gjennom 20 år.

Ved de fleste undersøkelser av vannforurensninger her i landet, legges det i første rekke vekt på fysisk-kjemiske parametre og innhold av koliforme bakterier. Fysisk-kjemiske målinger angir imidlertid bare vannets tilstand på det tidspunkt prøven blir tatt. Faunaen, som er avhengig av vassdraget som levested, gir derfor bedre informasjon om forholdene; også over et lengre tidsrom (Brittain og Saltveit 1984c). Dette gjør at faunaen har vist seg godt egnet til å spore kilder til kraftige, men kortvarige forurensninger som bl.a. har gitt fiskedød (Brittain og Saltveit 1986b, 1987, Saltveit og Brabrand 1988). Slike episoder kan inntreffe uten at det blir registrert i kjemiske rutineundersøkelser, men vil ofte ha en markert effekt på faunaen. Kilde til lokale eller sporadiske utslipp vil også kunne avsløres gjennom analyser av bunnfaunaen.

Våre undersøkelser har vist at bunndyr er velegnet til å karakterisere forurensningstilstanden i Oslo-vassdragene, og til å lokalisere kilder for forurensning. Informasjonen om bunndyr og forurensning er imidlertid fremdeles begrenset i Norge, og vi må hente informasjon om arter fra tilsvarende studier i andre land. Artsbestemmelse er nødvendig hvis faunaen skal kunne anvendes som indikator på forurensning, fordi arter selv innen samme slekt kan vise ulik toleranse (Resh og Unzicker 1975).

2. OMRÅDE OG LOKALITETSBESKRIVELSE

Områdebeskrivelse

Akerselva eller Maridalsvassdraget har sin opprinnelse i Ølja nord i Nordmarka, og er det største vassdraget i Oslo. Mange av de store vannene i Nordmarka hører med til vassdraget. Totalt utgjør nedbørfeltet i dag ca. 250 km². Alle innsjøene i nedbørfeltet er regulert og Oslo får 80% av drikkevannet herfra.

Vassdraget kalles Akerselva etter at det har passert Maridalsvannet, som er Oslos viktigste drikkevannsinntak (Fig. 1). Elva renner videre gjennom Nydalen, forbi Bjølsen, gjennom Grønland og munner ut i Oslofjorden ved Bjørvika. Akerselva har få tilløp: Myrerbekken 1 km nedenfor Maridalsvannet og Hovindbekken som renner inn i Akerselva ved Sentralbane-stasjonen. Nedenfor Maridalsvannet er mesteparten av nedbørfeltet dekket av leire, med noe kambrosilur og kalkrike bergarter. Dette gjør elva turbid og resulterer i tilslamming i stilleflytende partier. Utspyling fra gater bidrar også til turbiditet. I nedbørfeltet nedenfor Maridalsvannet er det betydelig boligbebyggelse, og langs elva ligger det mye nyere og eldre industri. Akerselva har flere fossefall, og det var disse som var grunnlaget for eldre industri. Nedenfor Grønland er elva nå lagt i kulvert, og det samme er tilfelle for tilløpsbekkenes nedre deler.

Oslo vann- og avløpsverk (OVA) styrer vannmengden ut av Maridalsvannet. Oslo kommune er forpliktet til å slippe ut minst 1 m³s⁻¹ vann i Akerselva (OVA 1991). Ifølge manøvreringsreglementet skal det gå minst 1.5 m³/s fra utløpet av Maridalsvannet i perioden 1. april til 31. november, og minst 1.0 m³/s fra 1. desember til 31. mars. På grunn av lav magasinoppfylling ble vannføringen den 5. desember 1995 satt ned til 0.5 m³/s, og ytterligere redusert til 0.25 m³/s den 21. mars 1996. Etter 16. august ble vannet til Akerselva tatt ut gjennom drikkevannsutaket på 30 m dyp. Dette førte til en markert temperatursenkning i Akerselva, spesielt på de øverste stasjonene.

Gjennomsnittsverdier for pH og ledningsevne, samt vannets innhold av ammonium, total nitrogen og fosfor, og antallet koliforme bakterier er vist i Fig. 2. Data er hentet fra OVA (1997). Ifølge OVA (1997) var vannets innhold av løste stoffer noe høyere enn normalt i 1996, årsaken var den reduserte vannføringen i Akerselva.

Lokalitetsbeskrivelse

Det er foretatt innsamling av bunndyr og utført elektrofiske på tilsammen fem lokaliteter i vassdraget (Fig. 1). Dette er de samme lokalitetene som benyttes av Oslo Vann- og avløpsverk til kjemiske målinger.

Stasjon AKR1 ligger i et strykparti ovenfor Frysja, like nedenfor gangbro over elva. Substrat av stein (4-10 cm) på grus og sand. En del begroing av mose og trådformete grønne alger. Klart vann, ingen lukt.

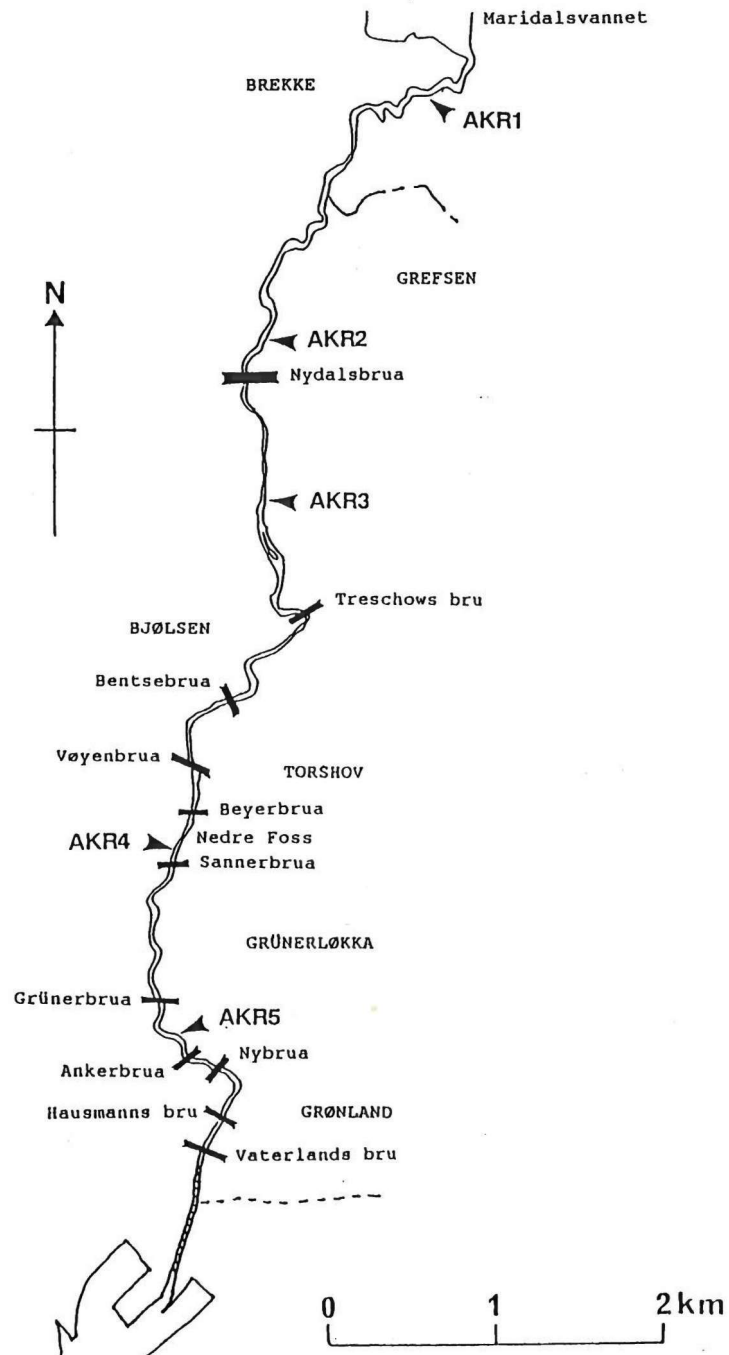
Stasjon AKR2 er nedstrøms dammen som ligger innenfor området til Nydalens Compagnie. Substrat av store kantete stein (10-30 cm) med lommer av mindre stein og grus inn i mellom. Litt begroing av mose og alger. Stri strøm. Svakt blakket vann, tendenser til svak lukt.

Stasjon AKR3 ligger nedenfor gangbro, rett ovenfor Badebakken. Bunnsubstrat mer finkornet, med partier med løs stein. Elva er her relativt rolig. Tidvis grått vann og vond lukt.

Stasjon AKR4 ligger nedstrøms fossen under Beyerbrua. Til dels storsteinet (5-40 cm) iblandet mye murstein, diverse kasserte redskaper o.a. skrot. Alle stein begrodd av mose dekket av silt og brunlige alger o.l. Svakt blakket vann, tendenser til svak lukt.

Stasjon AKR5 ligger ved gangbro mellom Nedre gt. og Østre Elvebakke, på svak strykstrekning etter et stillere parti. Substrat av mindre stein (2-6 cm), enkelte større (6-12 cm). Mye grus og sand, litt mudder. Brunt siltbelegg på stein, en del trådformete

grønnalger på større stein. Svakt blakket vann tidvis svak lukt. Det ble observert mye ender i området.



Figur 1. Kart over Akerelva. Lokalteter for innsamling av bunndyr og elektrofiske er angitt. Bekker og elvestrekninger lagt i kulvert er stiplet.

3. MATERIALE OG METODE

3.1. Bunndyr

Til innsamling av bunndyr ble den såkalte sparkemetoden benyttet (Hynes 1961, Frost et al. 1971). Med denne metoden blir de fleste artene som er tilstede registrert. Metoden regnes som semikvantitativ og kan brukes til å anslå tetthetene av bunndyr. Sparkemetoden kan brukes på steinbunn og bløtbunn, både i rennende og stillestående vann (Brittain og Saltveit 1984d). Innsamlingstiden avhenger både av bunnens beskaffenhet og tettheten av bunndyr. Ved innsamling i rennende vann holdes håven vertikalt med rammens nedre kant mot substratet slik at strømmen går rett inn i åpningen. Håven holdes på plass ved å sette den ene foten bak rammen. Med den andre foten blir substratet i forkant av håven rotet opp slik at dyr, planter og organisk materiale blir ført med strømmen inn i håven. Innsamlingstiden var 1/2 minutt pr. prøve, og tre parallelle prøver ble tatt fra hver stasjon. Håvens maskestørrelse var 0,45 mm. Alle prøvene ble fiksert med etanol i felt. Bunndyrene ble plukket ut, sortert og bestemt i laboratoriet.

Bunndyr ble innsamlet 26.-27. mars og 22.-23. oktober 1996.

3.2. Fisk

Til registrering og innsamling av fisk ble det benyttet et elektrisk fiskeapparat konstruert av ing. Steinar Paulsen, Trondheim. Maksimum spenning er 1600 V og pulsfrekvensen er 80 Hz. Et areal på hver stasjon ble overfisket tre ganger og tettheten av fisk beregnet utfra avtak i fangst (successive removal) (Zippin 1958, Bohlin et al. 1989).

Elektrofiske ble foretatt 9. og 18. juli, 7. august og 22.-23. oktober 1996.

4. RESULTATER

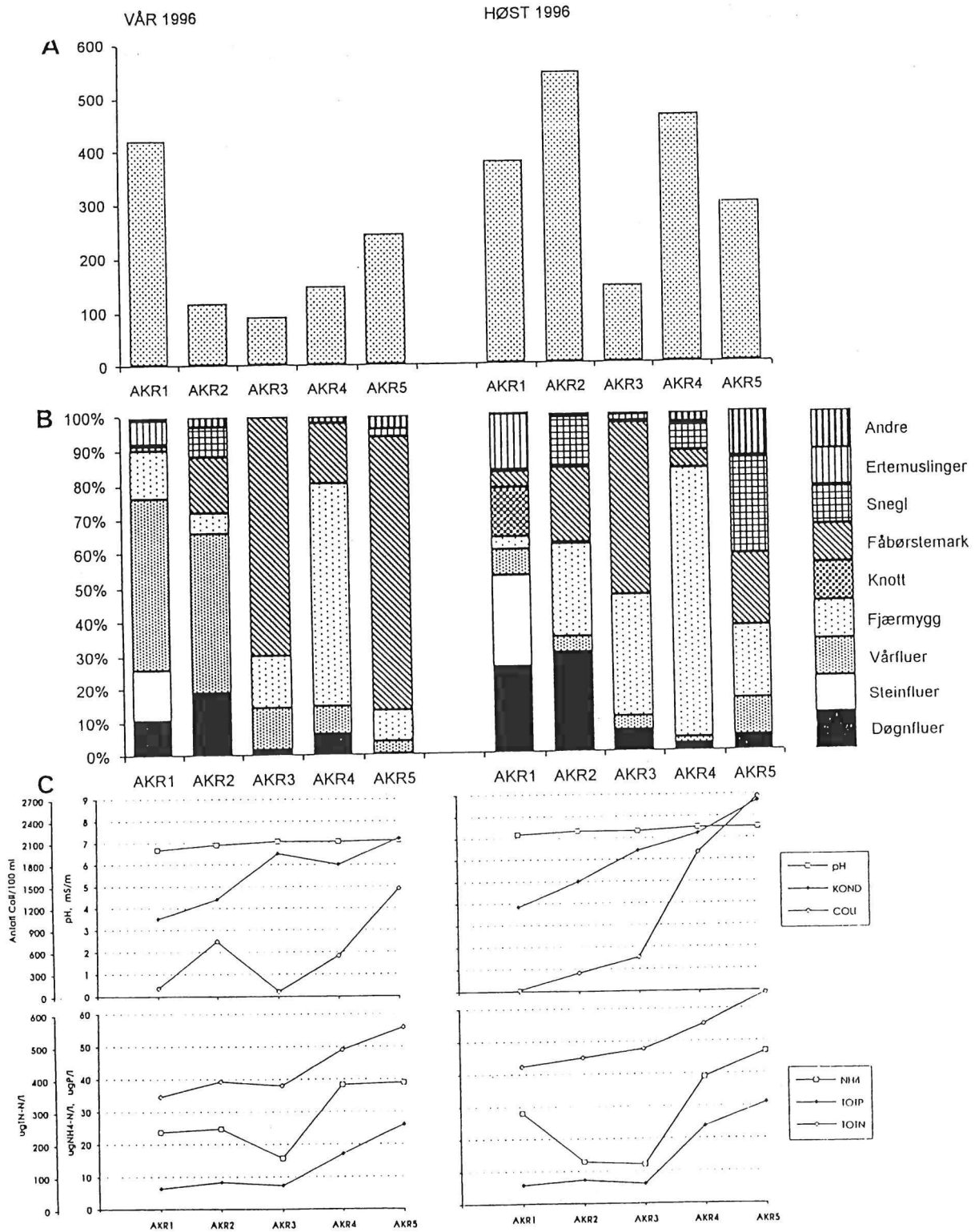
4.1. Bunndyr

Sammensetningen og antallet av bunndyr fordelt på hovedgrupper for hver enkelt stasjon og tidspunkt er gitt i Tabell 1, og fremstilt i Figur 2 og 3. Sammensetningen av de viktigste hovedgruppene av bunndyr er gitt i Tabell 2.

Tabell 1. Gjennomsnittlig antall bunndyr (pr. 1/2 min. sparkeprøve) fordelt på hovedgrupper i Akerselva vår (V) og høst (H) 1996. + = < 1.

	AKR 1		AKR 2		AKR3		AKR 4		AKR 5	
	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H
FÅBØRSTEMARK	1	34	19	119	62	72	26	24	196	62
IGLER	5	1	3	3	-	+	-	3	4	16
SNEGL	-	3	10	81	-	3	+	37	5	84
ERTEMUSLINGER	29	124	-	-	-	+	-	2	+	1
GRÅSUGGE	-	-	+	+	-	-	1	1	2	23
VANNMIDD	-	-	-	-	-	-	-	5	+	-
SPRETTHALER	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DØGNFLUER	44	195	21	161	1	9	9	10	+	11
STEINFLUER	64	204	1	3	+	-	+	+	+	2
VÅRFLUER	213	56	54	26	11	6	12	8	9	33
SVIKNOTT	-	-	-	-	-	+	2	3	3	1
FJÆRMYG	59	30	7	147	14	52	97	368	22	65
KNOTT	6	110	-	2	-	-	-	-	-	-
STANKELBEIN	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
DANSEFLUER	-	-	-	4	-	+	-	1	+	+
MØKKFLUER	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

Den mest sammensatte faunaen ble funnet øverst ved Frysja (AKR1). Vårfluer var dominerende gruppe her om våren, mens steinfluer og døgnfluer var mest tallrike om høsten. Stasjon AKR2 var også dominert av vårfluer om våren, mens faunaen var mer sammensatt med mange døgnfluer og snegl om høsten. På AKR3 var faunaen langt mer fattig, med dominans av fåbørstemark, men også fjærmygglarver. AKR4 var



Figur 2. Bunndyr på de undersøkte stasjonene i Akerselva vår og høst 1996. A: Gjennomsnittlig antall bunndyr pr. 1/2 min. sparkeprøve. B: Prosentandelene av de ulike bunndyrgruppene. C: Gjennomsnittlige verdier for pH, ledningsevne (KOND), antall koliforme bakterier (COLI), ammonium (NH₄), total fosfor (TOTP) og total nitrogen (TOTN).

dominert av fjærmygg. AKR5 var preget av fåbørstemark om våren, men hadde en mer sammensatt fauna med mye snegl om høsten.

Gjennomsnittlig antall bunndyr pr. ½ minuttssparkeprøve varierte en del (Fig. 2). Antallet avtok ned mot stasjon AKR3, for så å øke en del igjen.

Det ble påvist sju arter døgnfluer i Akerselva i 1996 (Tabell 2). Den dominerende arten var *Baëtis rhodani*, men også *Heptagenia sulphurea* var ofte vanlig. Artene ble funnet på alle stasjonene, men var mest tallrike på de to øverste. De øvrige fem artene ble funnet i lite antall, primært på den øverste stasjonen (AKR1).

Steinfluene var tallrike øverst (AKR1), men ble bare funnet i lite antall videre nedover. Dominerende art var *Amphinemura sulcicollis*, men det ble også funnet fire andre arter.

Vårfluelarvene var mest vanlige på de to øverste stasjonene. På AKR1 var de nettspinnende artene særlig tallrike, spesielt *Hydropsyche siltalai*. Den frittlevende rovarten *Rhyacophila nubila* ble funnet jevnt over hele Akerselva, mens de husbyggende formene var fåtallige og ble mest funnet øverst (AKR1). Til sammen ble 10 taksa påvist.

Larver av fjærmygg var en viktig gruppe, særlig på AKR4 hvor de var dominerende. Knottlarver ble funnet i stor tetthet på st. AKR1 høsten 1996. Larver av knott og fjærmygg ble ikke artsbestemt.

Krepsdyret gråsugge (*Asellus aquaticus*) ble vesentlig funnet nederst i Akerselva (AKR5) hvor den kunne være tallrik.

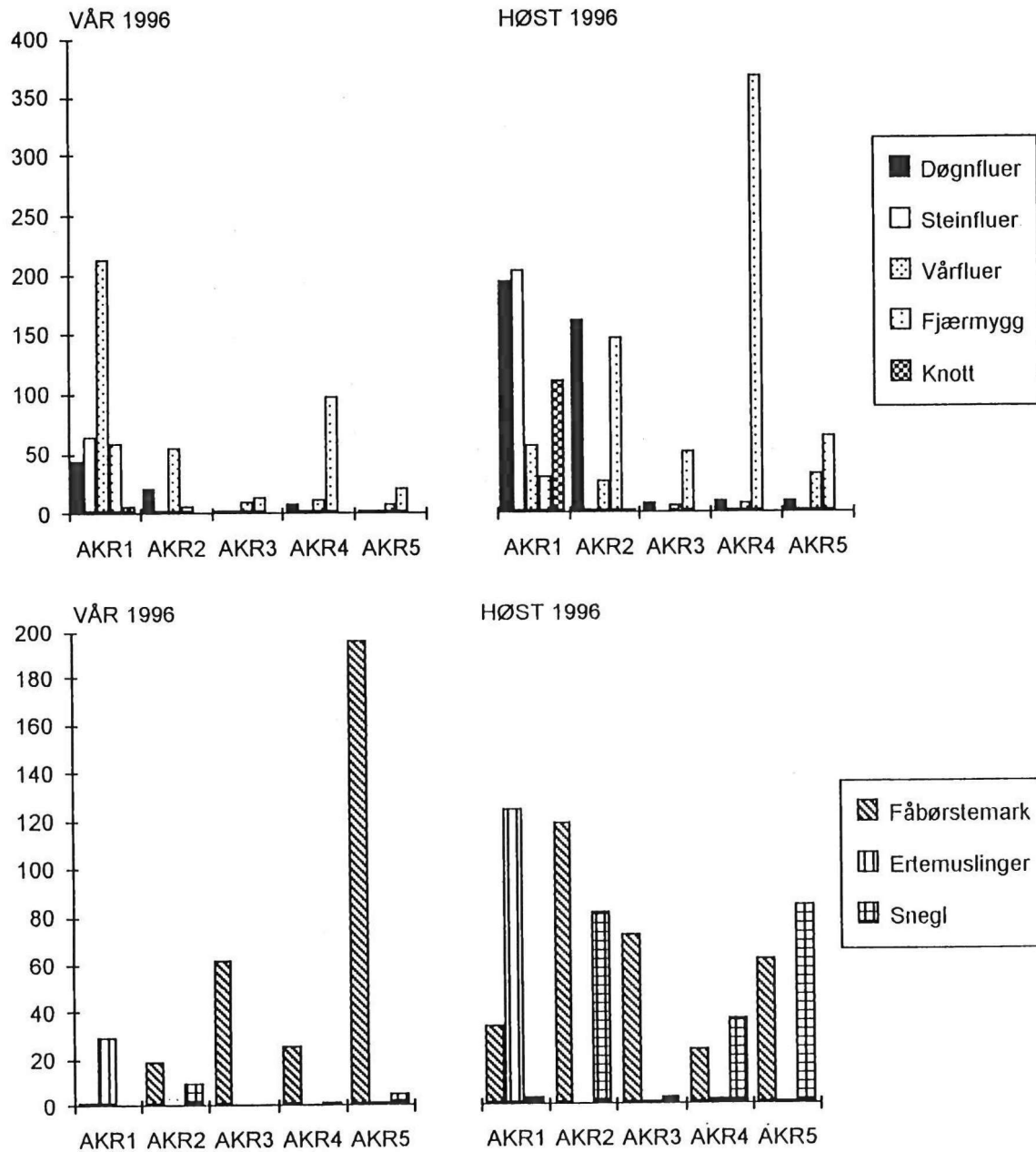
Fåbørstemark var relativt fåtallige øverst (AKR1), men ble tallrike nedover. På AKR4 og AKR5 var de viktigste bunndyrgruppe. Fåbørstemark har blitt delvis bestemt, og mest tallrike var arter fra familien Enchytracidae. De fleste var trolig *Cognettia sphagnetorum*. Større arter fra familien Lumbricidae (meitemark) var også vanlige på

alle stasjonene. *Stylodrilus heringianus* og *Lumbriculus variegatus* fra familien Lumbriculidae ble funnet spredt i hele Akerselva. *Nais alpina* og *Slavina appendiculata* fra familien Naididae var vanlige i hele Akerselva. Familien Tubificidae var mer sparsomt forekommende i materialet, vanligst var *Tubifex tubifex* og *Limnodrilus hoffmeisteri*, mens *Spirosperma ferox* og *Rhyacodrilus coccineus* var sjeldne.

Vanlig hundeigle (*Erpobdella octoculata*) var den eneste iglearten som ble påvist, og var vanlig i hele Akerselva.

Snegl var vanligst på de nedre stasjonene (AKR4 og AKR5) samt i Nydalen (AKR2). Det ble påvist fem arter snegl, den vanligste var remsnegl (*Bathyomphalus contortus*). På AKR2 var også høy toppluesnegl (*Ancylus fluviatilis*) tidvis tallrik, mens vanlig skivesnegl (*Gyraulus acronicus*) også var vanlig på de to nederste stasjonene.

De eneste muslingene som ble funnet i Akerselva var ertemuslinger (*Pisidium* spp.). De var tallrike på AKR1, men ble bare funnet sporadisk lengre nedover i elva. Ertemuslingene ble ikke artsbestemt.



Figur 3. Gjennomsnittsantall av hovedgruppene av bunndyr (pr. 1/2 min. sparkeprøve) på de undersøkte stasjonene i Akerselva i 1996.

• •

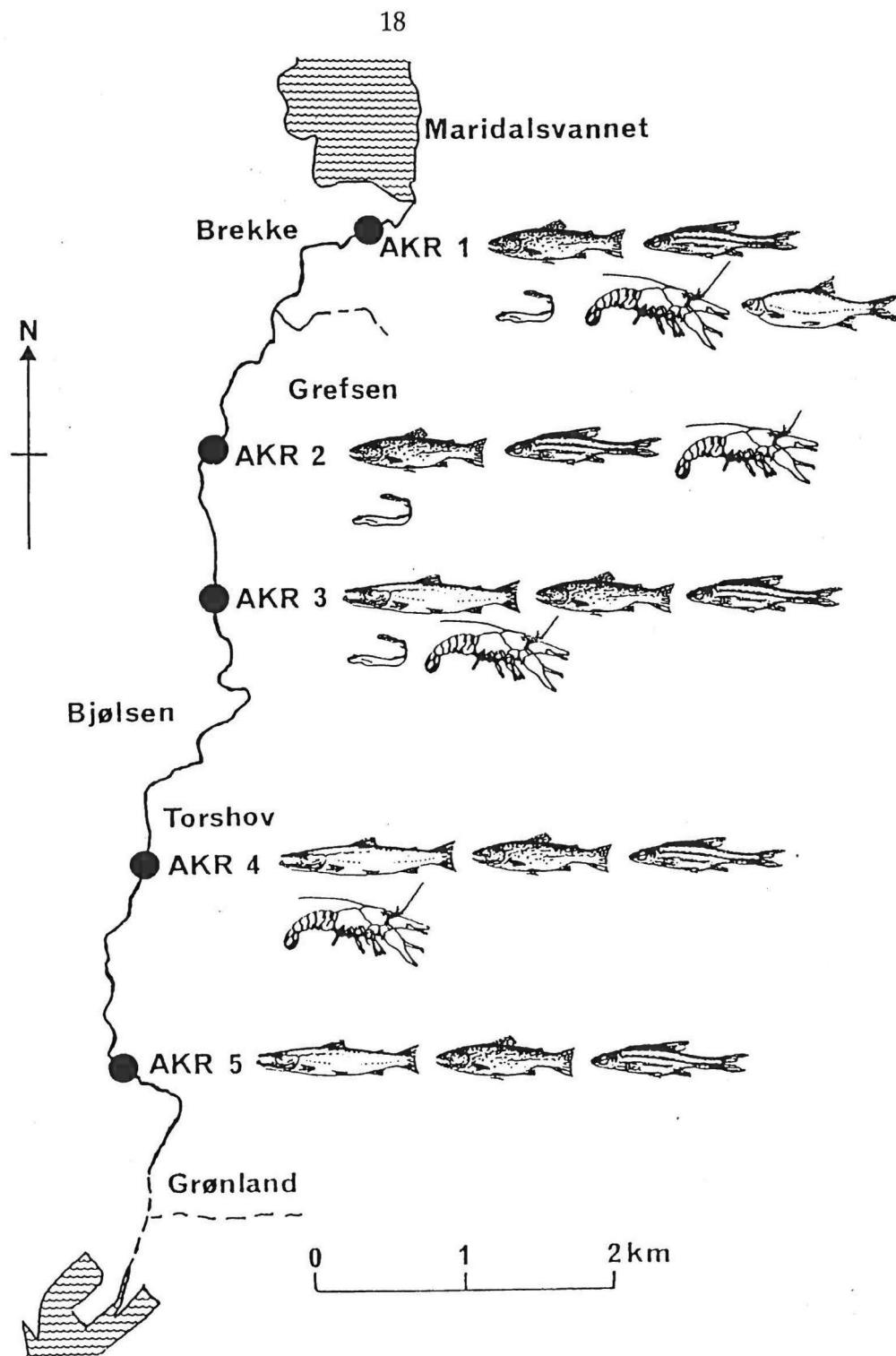
[illegible]

4.2 Fisk.

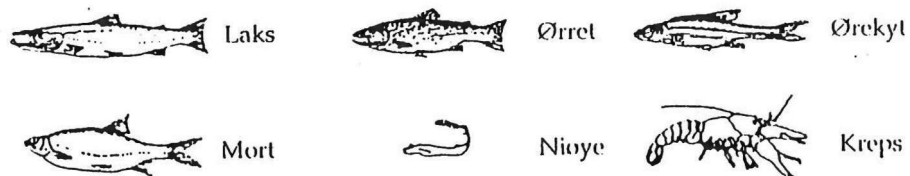
Det ble påvist til sammen fem fiskearter i 1996 i tillegg til kreps (Fig. 4). Ørret og ørekyt ble funnet på alle lokalitetene. Laks ble funnet på de tre nederste stasjonene, og tilstedeværelse på stasjon AKR3 og AKR4 skyldes utsetting, enten av gytefisk eller settefisk. Mort finnes bare i tilknytning til Maridalsvannet, dvs. øverst. Kreps ble funnet ned til stasjon AKR4.

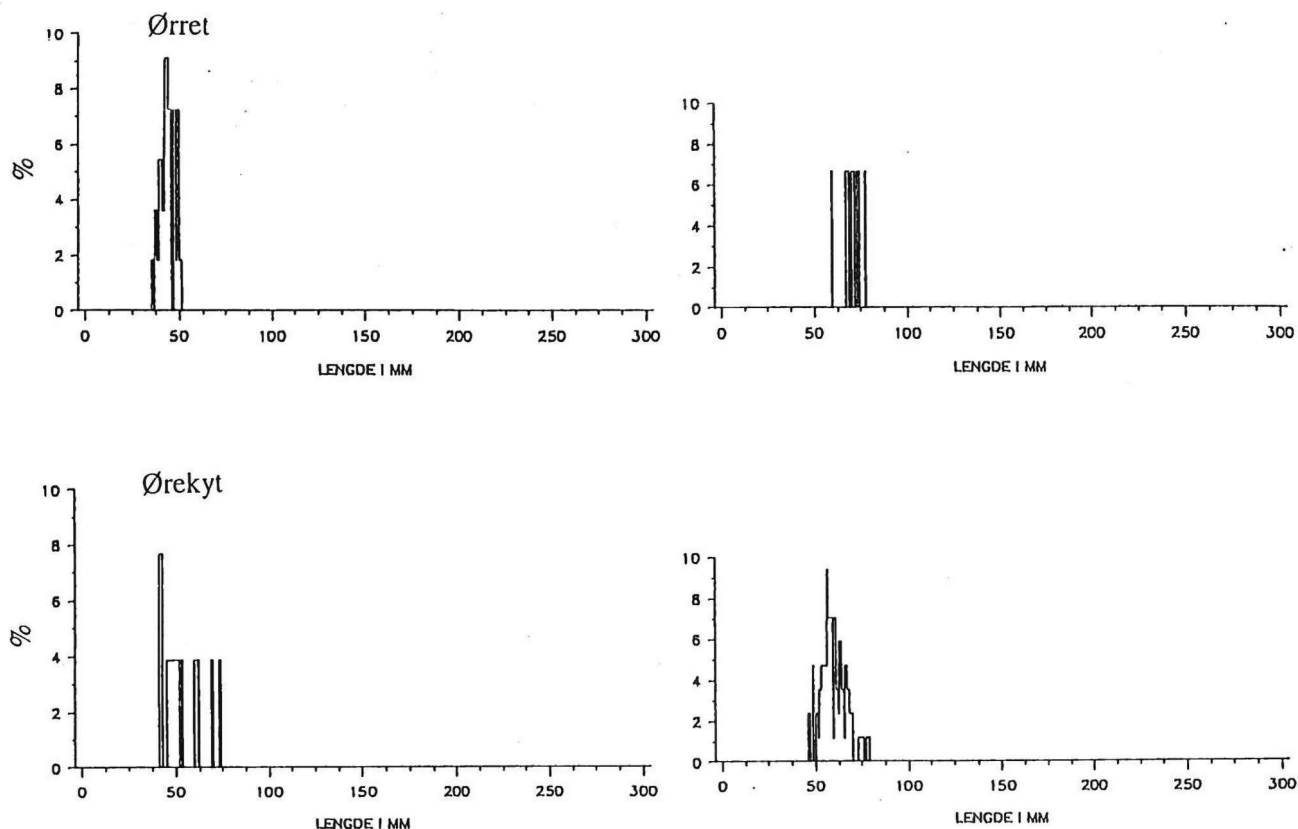
På AKR1 ble det både i juli og oktober 1996 påvist ørret, ørekyt og kreps. I juli ble det i tillegg funnet niøye (ett eks.), mens det i oktober også ble fanget én mort. Antall individer av ørret og ørekyt var relativt høyt, men det ble bare funnet årsunger (0+) av ørret (Fig. 5), noe som tyder på naturlig reproduksjon. Lengdefordelingen av den fangete fisken er fremstilt på Fig. 5. Tettheten av ørret ble beregnet til henholdsvis 41.6 ørret pr. 100 m² i juli og 16.2 ørret/100 m² i oktober. Tettheten i juli må karakteriseres som høy. Antall ørekyt var høyt i oktober 1996 og tettheten ble beregnet til hele 78 ind. pr. 100 m².

På AKR2 var antall ørret og ørekyt der fisket ble foretatt relativt lavt både i august og oktober 1996. Det er derfor ikke fremstilt lengdefordeling av materialet. I august ble det bare fanget seks ørret. Fire av disse var mellom 54 og 62 mm og regnes som årsunger, mens de to øvrige var større enn 20 cm. I oktober var antall ørret noe høyere (14 ind.), men besto i hovedsak av fisk mindre enn 10 cm. En fisk var 23.5 cm.



Figur 4. Påviste fiskearter og kreps under elektrofisket i Akerselva i 1996.



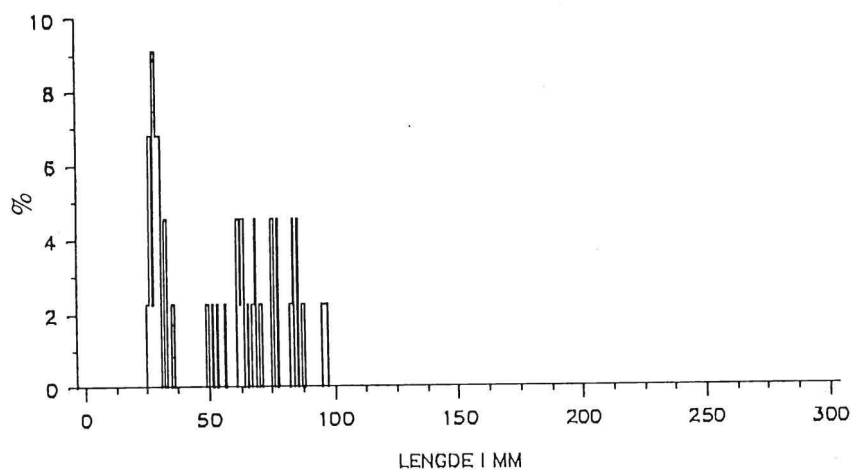


Figur 5. Prosentvis lengdefordeling av ørret og ørekyt tatt ved elektrofiske på stasjon AKR1 i juli og oktober 1996.

Tetthetene ble beregnet til henholdsvis 4.7 og 16.2 ørret pr. 100 m² i august og oktober. Årsunger (0+) ble påvist i materialet både i august og oktober, og dette indikerte naturlig reproduksjon på lokaliteten (gyting høsten 1995). Tettheten av ørekyt var noe høyere og den ble i august beregnet til 20.4 ørret pr. 100 m², mens den i oktober var 27.7 ørret/100 m². I tillegg ble det påvist kreps og niøye på lokaliteten.

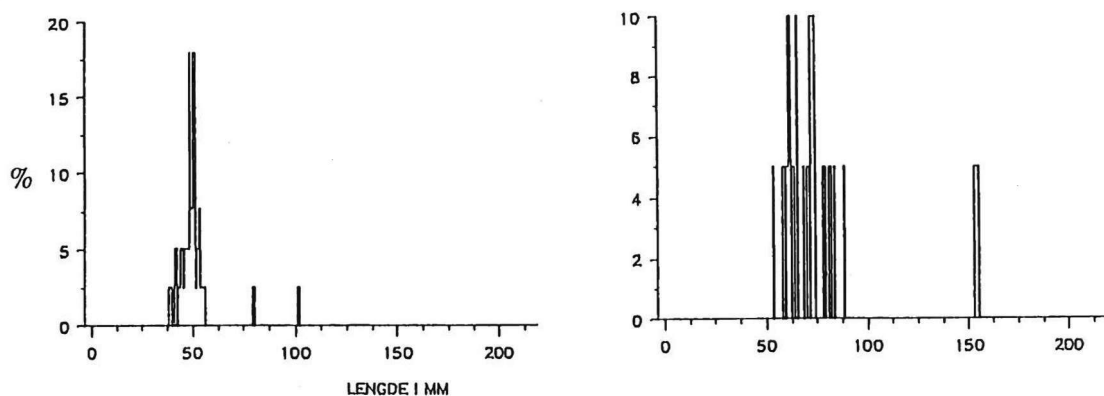
På stasjon AKR3 ble det i august bare fanget ørret og ørekyt, mens i oktober ble det i tillegg påvist laks, niøye og kreps. Bortsett fra ørekyt i oktober var antallet fisk som ble fanget lite. Imidlertid ble det observert det flere stimer av ørekyt i juli, noe som sannsynliggjør en større bestandstetthet av arten enn det resultatene viser. I juli besto ørret av fisk mellom 42 og 55 mm (tilsammen 7 fisk), mens ørret fanget i oktober var

mellom 62 og 76 mm (5 fisk). Størrelsen angir årsunger, noe som viste naturlig reproduksjon i området. Tettheten var imidlertid lav, bare 6.2 og 5.7 fisk/100 m² henholdsvis i august og oktober. Tettheten av ørekyt ble beregnet til 11.2 fisk/100 m² i august, mens den i oktober var hele 53.6 fisk pr. m² og da bestående av fisk mellom 25 og 96 mm (Fig. 6). Laksen fanget i oktober (til sammen 5 fisk) var mellom 55 og 68 mm og tettheten ble beregnet til 5.7 fisk/100 m². Fisken var sannsynligvis utsatt.

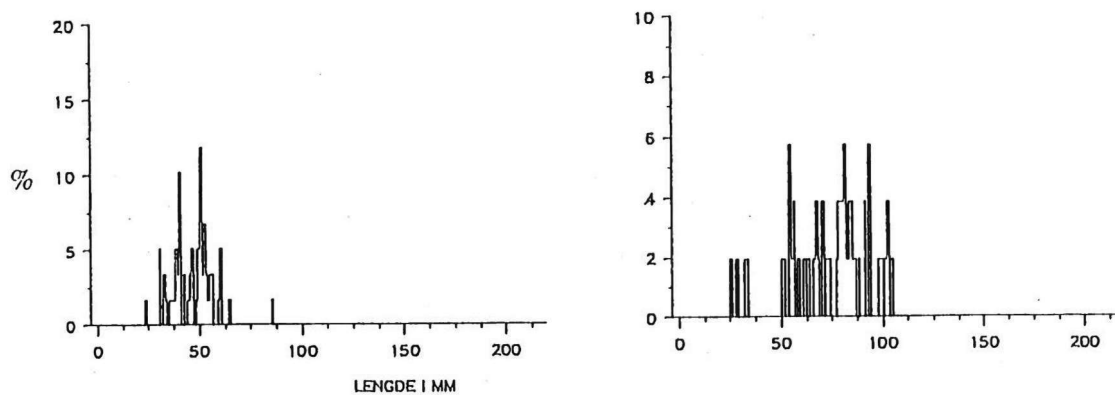


Figur 6. Prosentvis lengdefordeling av ørekyt fanget på stasjon AKR3 i oktober 1996.

Dominerende fiskearter på stasjon AKR4 var også ørret og ørekyt. Laks ble fanget her bare i oktober. Kreps ble også påvist i oktober. Laksen (9 stk.) besto hovedsakelig av individer mellom 10 og 14 cm, og stammet trolig fra utsettinger. Tettheten ble beregnet til 6.2 fisk/100 m². Lengde-fordelingen av ørret og ørekyt er vist på Fig. 7 og 8. Ved begge anledninger dominerte årsunger (0+) i materialet av ørret. I juli var disse mellom 38 og 55 mm, mens de i oktober var mellom 53 og 88 mm (Fig. 7). Disse utgjorde hovedandelen av ørretbestanden, som i juli og oktober ble beregnet til henholdsvis 32 og 18 ind. /100 m². Tilsvarende ble bestanden av ørekyt beregnet til 50 fisk/100 m² i juli og til flere enn 50 i oktober. I oktober var antallet svært høyt, i form av flere store stimer som ikke lot seg beregne.

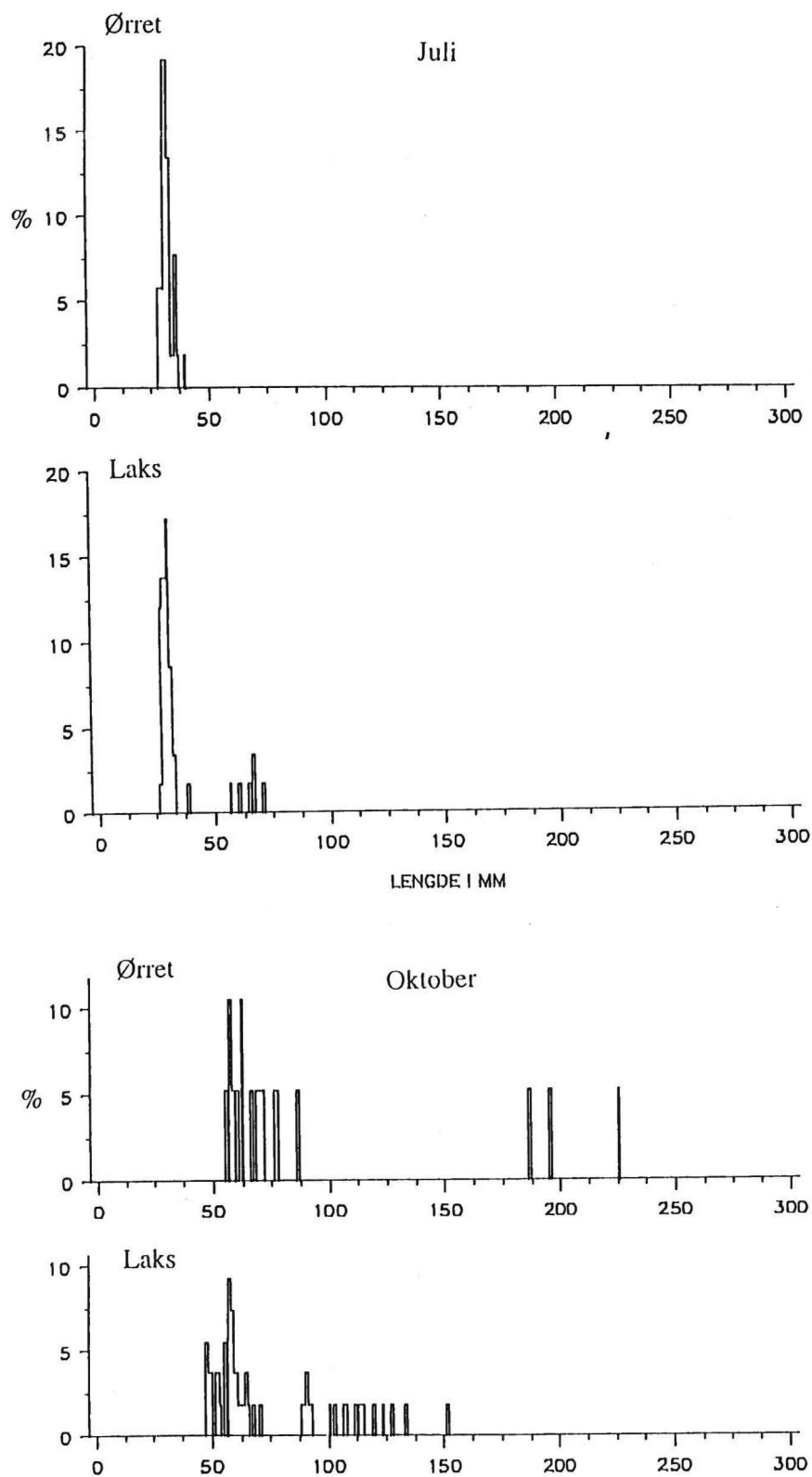


Figur 7. Prosentvis lengdefordeling av ørret tatt ved elektrofiske på stasjon AKR4 i juli og oktober 1996. Beregnet antall fisk pr. 100 m² er angitt på figuren.



Figur 8. Prosentvis lengdefordeling av ørekyt tatt ved elektrofiske på stasjon AKR4 i juli og oktober 1996. Beregnet antall fisk pr. 100 m² er angitt på figuren.

Dominerende fiskearter på stasjon AKR5 var laks og ørret, mens ørekyt bare utgjorde en mindre del av fiskebestanden her. Lengdefordelingen av laks og ørret i juni og oktober 1996 er vist på Fig. 9. I juni og oktober ble det fanget to årsklasser av laks, 0+ og 1+. Årsungene, som i juni var mellom 26 og 38 mm, og i oktober mellom 47 og 70 mm, dominerte imidlertid (Fig. 9). Tettheten av årsunger ble beregnet til hele 150.7 ind./100 m² i juni og til 55 ind./100 m² i oktober. Eldre fisk hadde en tetthet på 25.6 ind./100 m² i juni. Resultatene tydet på en svært stor bestand av laks. Bare årsunger av ørret ble fanget i juni (Fig. 9). Disse var mellom 28 og 39 mm og bestanden ble beregnet til hele 138 ind./100 m². I oktober ble det fanget noen få eldre ørret (Fig. 9), men også nå dominerte 0+ selv om bestanden nå var svært mye lavere enn i juli, bare 20.5 fisk/100 m². Eldre ørret ble beregnet til 6.9 fisk/100 m². Fra juni til oktober vokste laksungene i gjennomsnitt 27 mm, mens tilveksten hos ørret var hele 34.5 mm.



Figur 9. Prosentvis lengdefordeling av laks og ørret tatt ved elektrofiske på stasjon AKR5 i juli og oktober 1996. Beregnet antall fisk pr. 100 m² er angitt på figuren.

5. DISKUSJON

Generelt

Organisk forurensning øker vannets innhold av løst og partikulært materiale, og stor bakteriell virksomhet gjennom nedbrytning fører til sterkt forbruk av oksygen. Større tilførsel av organisk materiale vil føre til økning i heterotrofe mikroorganismer i substratet, noe som endrer næringsforholdene for mange bunndyr. Økt næringstilførsel medfører også en endring av substratets karakter, ved at det dannes tette begroinger bestående av heterotrofe mikro-organismer ("sewage fungus" eller lammehaler) og påvekstalger.

I elver og bekker med liten eller ingen organisk forurensning vil mange bunndyr-grupper være tilstede, og vanligvis vil ingen grupper eller arter dominere faunasammensetningen. Ved organisk forurensning vil de mest følsomme artene forsvinne først, og det skjer en forskyvning av faunaen mot arter som kan leve under de endrete miljøforholdene. På grunn av redusert konkurranse og predasjon fra andre arter og fisk, vil de gjenværende artene øke i antall. Dette fører til en kraftig forenkling av faunaen (Hynes 1960, Brittain og Saltveit 1984c, Hellawell 1986). Mengde og sammensetning av bunndyrfaunaen kan derfor gi verdifull informasjon om tilstanden til et vassdrag. Denne informasjonen er et uttrykk for tilstanden over lengre tid, i motsetning til kjemiske og bakteriologiske undersøkelser som bare gir øyeblikksbilder. Fravær av fisk kan tyde på at graden av forurensning er stor.

Utslipp av tungmetaller, syrer, kjemiske forbindelser, biocider og andre toksiske stoffer fra industri, søppelfyllinger etc. vil også ha dyptgripende innvirkning på de forskjellige livsformene i et vassdrag, og bidra til å forenkle faunaen.

Alle de fem undersøkte stasjonene i Akerselva i 1996 hadde en bunndyrfauna som var preget av en større eller mindre grad av forenkling i forhold til den forventete, naturlige faunaen i lavereliggende vassdrag på Sør-Østlandet. Hovedårsaken til dette

er tilførsel av organisk forurensning i form av tilsig av kloakk og spillvann. Ulike tilførsler av toksiske stoffer har trolig også betydning. I tillegg er nedbørfeltet til Akerselva delvis preget av leire, og dette fører til en reduksjon av adekvat substrat for en normal elvefauna. Utvasket finpartikulært materiale vil legge seg på bunnen og tette igjen hulrom i substratet, som er viktige habitater for mange bunndyr.

I tillegg har vannføringen i Akerselva vært usedvanlig lav i 1996. Ifølge manøvreringsreglementet skal det gå minst $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ fra utløp Maridalsvannet i perioden 1. april til 31. november, og $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ fra 1. desember til 31. mars. På grunn av lav magasinoppfylling ble vannføringen den 5. desember 1995 satt ned til $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, og videre til $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ den 21. mars 1996. En slik reduksjon i vannføringen vil medføre redusert vannkvalitet ved at konsentrasjonene av tilført materiale nedover i elva vil øke pga. redusert fortykning. Effektene av organisk forurensning og andre former for forurensning vil bli forsterket. Endringer i turbulens og strømforhold kan også føre til økt sedimentasjon av finpartikulært materiale, som kan redusere kvaliteten på substratet for mange bunndyr. Økt konsentrasjon av næringssalter i vannet vil også føre til endringer i begroingen, som også vil påvirke bunnfaunaen. Faunaen vil også avta kvantitativt ved at deler av elveleiet blir tørrlagt.

Bunndyrfaunaen på den øverste stasjonen (AKR1) var sammensatt med mange arter av steinfluer, døgnfluer og vårfluer. Det var likevel en tendens til dominans av de mest tolerante artene innen hver gruppe. Blant steinfluene dominerte *Amphinemura sulcicollis*, blant døgnfluene *Baëtis rhodani* og blant vårfluene *Hydropsyche siltalai*. Disse tre artene regnes for å være relativt tolerante ovenfor organisk forurensning, og vil ofte dominere ved svak eller begynnende forurensning. Det høye antallet av *H. siltalai* har trolig også sammenheng med nærheten til utløpet av Maridalsvannet. Arten spinner nett og ernærer seg av spiselige partikler som blir fanget opp. Rett etter utløpet fra en innsjø er elvevannet anriktet av planktoniske partikler, som er viktig næring for filtrerende organismer. Tettheten av andre filtrerende organismer som ertemuslinger og knottlarver på AKR1, bekrefter at driv fra Maridalsvannet er viktig for faunaen her.

Ned til stasjon AKR2 i Nydalen skjedde det en markert forenkling av bunnfaunaen. Andelen av steinfluer ble sterkt redusert. Selv om det ble påvist tre arter, var antallet lavt. Også innen de andre gruppene var det en reduksjon i antall arter. Økningen av andelen av tolerante grupper som fåbørstemark, fjærmygg og snegl antydte en klar økning i forurensningsgraden på AKR2 sammenlignet med stasjon AKR1.

Ned til stasjon AKR3 ble forholdene ytterligere forverret. Tettheten av bunndyr var lav, og faunaen var dominert av fåbørstemark og fjærmygg. Dette sammen med fravær av steinfluer og lite antall av døgnfluer og vårfluer viste at AKR3 var betydelig forurenset i 1996. Lavere vannhastighet og mer finpartikulært substrat kan imidlertid også virke negativt på bunndyrene på AKR3.

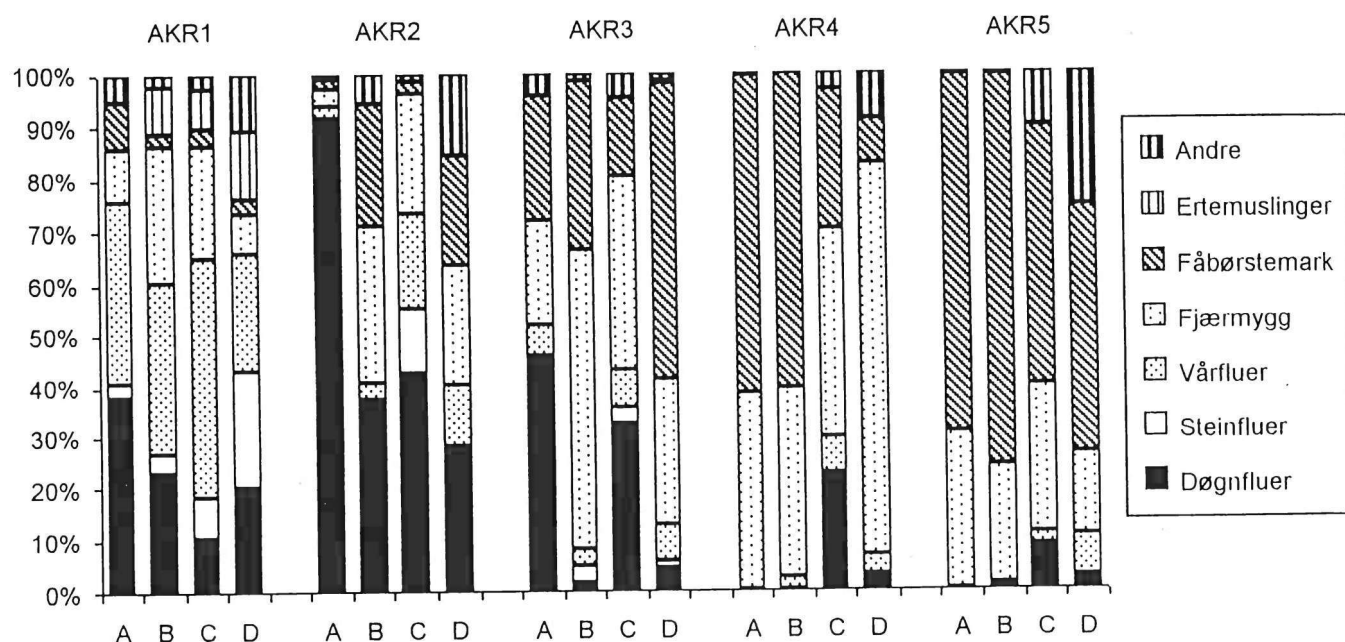
Ned til stasjon AKR4 fant det sted en svak bedring ved at faunaen ble noe mer sammensatt, og fjærmygg dominerte framfor fåbørstemark. Steinfluer var nesten fraværende, døgnfluer og vårfluer var fortsatt fåtallige. AKR4 må også karakteriseres som betydelig forurenset i 1996.

Den nederste stasjonen (AKR5) bar også preg av en forenklet fauna dominert av fåbørstemark, fjærmygg og snegl. I tillegg ble det også funnet en del gråsugge på AKR5, noe som også antydte organisk anrikning. En noe mer sammensatt fauna på AKR5 sammenlignet med AKR4 antydte dog en svak bedring.

Det kan konkluderes med at i 1996 var stasjon AKR1 lite organisk forurenset, graden av forurensning økte markert ned til AKR2 og videre til AKR3 som må betegnes som betydelig forurenset. Deretter skjer det en svak bedring nedover til AKR4 og AKR5.

Akerselva har tidligere blitt undersøkt i 1976-77 (Borgstrøm 1976, Borgstrøm og Saltveit 1978), i 1982-83 (Brittain og Saltveit 1985) og i 1989-90 (Bremnes og Saltveit 1993). Det er derfor et godt grunnlag for å vurdere utviklingen av de biologiske forhold og derved endringer i vannkvalitet over tid i vassdraget. Den gjennomsnittlige

prosentvis sammensetningen av bunndyr i de fire undersøkelsesperiodene på de ulike stasjonene er vist i Fig. 10.



Figur 10. Gjennomsnittlig prosentvis sammensetning av hovedgruppene av bunndyr på de enkelte stasjonene i Akerselva. A: 1976-77. B: 1982-83. C: 1989-90. D: 1996.

Den øverste stasjonen (AKR1) har hele tiden hatt en relativt rikt sammensatt fauna som indikerte lite forurensete forhold. Det har hele tiden vært flere arter døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Innslaget av steinfluer har faktisk økt fra 1976-77 til 1996. Stasjon

AKR1 bærer preg av å ligge nær utløpet fra Maridalsvannet, siden faunaen alltid har hatt et betydelig innslag av filtrerende arter.

Stasjon AKR2 viste en bedring fram til 1989-90 med økende andeler av steinfluer og vårfluer. I 1996 har det skjedd en forverring ved at andelen av steinfluer har gått sterkt tilbake. Fåbørstemark og fjærmygg dominerte sammen med døgnfluen *Baëtis rhodani*. Dette tilsvarte omtrent tilstanden i 1982-83.

På AKR3 var det en markert bedring fram til 1989-90. I 1996 har det skjedd en klar forverring, igjen med dominans av fjærmygg og fåbørstemark slik som i 1982-83.

De to nederste stasjonene (AKR4 og AKR5) var tidligere totalt dominert av fåbørstemark og fjærmygg. I 1989-90 var det en klar bedring på gang ved at andre grupper som døgnfluer og vårfluer var på vei inn. I 1996 har det skjedd en forverring i retning av økende dominans av fåbørstemark og fjærmygg.

Det som var spesielt for året 1996 var den lave vannføringen. Dette vil føre til en mer konsentrert effekt av organisk forurensning og annen forurensning. Dette var trolig den viktigste årsaken til den forverrete situasjonen i Akerselva i 1996. Stasjon AKR1 var uforandret, her er trolig tilsiget av forurensning liten, og effektene av redusert vannføring blir liten. Videre nedover blir effektene tydelige, spesielt på AKR3, noe som kan antyde en del diffuse tilførsler i området ovenfor denne stasjonen.

Etter 16. august 1996 ble vannet til Akerselva tatt ut gjennom drikkevannsuttaget på 30 m dyp. Dette førte til en markert temperatursenkning i Akerselva, spesielt på de øverste stasjonene (Lien og Bækken 1996). Da prøvene ble tatt høsten 1996 (22. og 23. oktober) hadde Akerselva vært utsatt for senket temperatur i drøyt to måneder. Det var ikke mulig å påvise endringer i mengde og sammensetning av bunnfaunaen som kan relateres til den lavere temperaturen.

I forbindelse med den reduserte vannføringen i Akerselva utførte NIVA en undersøkelse av effektene på fisk og bunndyr i 1996 (Lien og Bækken 1996). De samlet inn bunndyr 16. september 1996 på om lag de samme fem stasjonene som blir benyttet i denne undersøkelsen. Bortsett fra et større innslag av fjærmygglarver stemmer resultatene fra denne undersøkelsen i grove trekk overens med våre innsamlinger fra oktober 1996.

Fisk

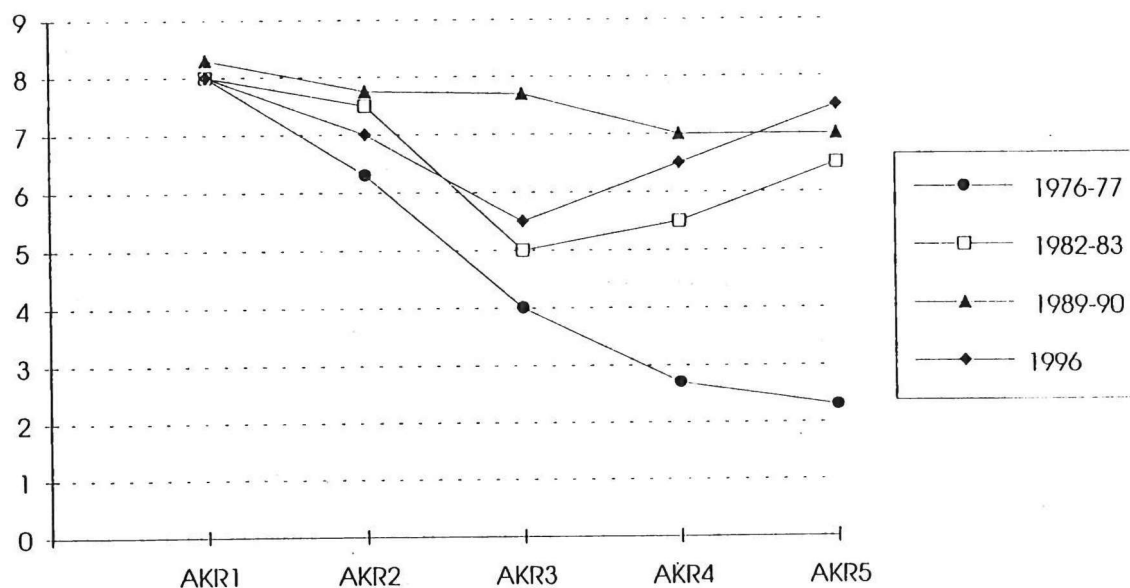
Basert på en vurdering av fiskefaunaen, bar Akerselva mindre preg av den dårligere vannkvaliteten som bunndyrene ga inntrykk av. Fisk ble funnet i hele elvas lengderetning og rentvannsarter som laks og ørret dominerte. Imidlertid kan lave tettheter av ørret og ørekyt på elvas midtparti indikere at vannkvaliteten her har vært eller er dårligere. De svært høye tetthetene av årsunger (0+) av laks og ørret nederst i elva viste at gytingen høsten 1995 var svært vellykket. Veksten var også god i 1996. Sannsynligvis vandrer laks ut som smolt allerede etter en eller to vekstsesonger. Selv om strekningen for naturlig reproduksjon er kort, vil Akerselva p.g.a. lav smoltalder kunne produsere mye laks. Lavere tetthet av ørret nederst om høsten, kan antyde en større dødelighet for ørret enn laks, muligens som følge av konkurranse mellom artene.

Forurensningsindeks

Biologiske forurensningsindekser er forenklete måter å fremstille graden av forurensning på. En mye anvendt indeks er Trent Biotic Index (TBI), som er basert på at arter eller grupper av bunndyr suksessivt blir borte etter som forurensningen tiltar (Chandler 1970, Brittain 1988). En modifisert utgave av denne indeksen tilpasset norske forhold er blitt anvendt i undersøkelsene av bekker og elver i Oslo siden 1976 (Borgstrøm og Saltveit 1978). Indeksverdiene spenner fra 0, som angir meget sterkt forurensede forhold, til 10 som angir uforurensede forhold.

Gjennomsnittlige verdier for den modifiserte Trent Biotic Index for de ulike stasjonene i Akerselva for de fire undersøkelsesperiodene er vist i Fig. 11.

I 1976-77 sank indeksen hurtig fra svakt forurensset på AKR1 til sterk forurensning på AKR4 og AKR5. I 1982-83 var bildet endret og det hadde skjedd en bedring på alle stasjonene nedenfor AKR1, tydeligst på de to nederste. Årsaken var en økning i arter av mindre tolerante steinfluer, døgnfluer og vårfluer, men siden antallet av disse fortsatt var lavt kunne bedringene virke noe overdrevet. AKR3 var den dårligste stasjonen i 1982-83. I 1989-90 fortsatte den positive utviklingen på alle stasjonene, denne gang spesielt på AKR3, som var sterkt forbedret til å være bare moderat forurensset. Dette hadde en helt klar sammenheng med nedtrapping av virksomheten på Spigerverket, samt fjerning av mesteparten av glødeskall-avsetningene (Bremnes og Saltveit 1993).



Figur 11. Modifisert Trent Biotic Index for Akerselva i 1976-77, 1982-83, 1989-90 og 1996.

I 1996 har det skjedd en forverring av forholdene i deler av Akerselva, spesielt på stasjon AKR3 som igjen må karakteriseres som forurensset. På stasjonene AKR4 og AKR5 er forverringen mindre utpreget. Denne utviklingen i indeksverdiene var svært lik den i 1982-83, bortsett fra at i 1996 var verdiene på de to nedre stasjonene en del høyere. Den viktigste årsaken til denne utviklingen var trolig de reduserte vannføringene i 1996. Dette vil øke konsentrasjonene av tilført organisk og annen forurensning.

Tabell 3. Påviste fiskearter ved elektrofisket i Akerselva i 1976-77, 1982-84, 1989-90 og 1996.

	1976-77					1982-84					1989-90					1996				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
LAKS	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X
ØRRET	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ØREKYT	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABBOR	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GJEDDE	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MORT	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
LAUE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
KRØKLE	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-PIGGA STINGSILD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
9-PIGGA STINGSILD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ÅL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKRUBBEFLYNDRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
NIØYE	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-
KREPS	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	X	-

6. LITTERATUR

- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. og Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Borgstrøm, R. 1976. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del I. Bunndyr i Akerselva, Sognsvannsbekken - Frognerelva, Holmenbekken - Hoffselva og Mærradalsbekken. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 32, 19 s.
- 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. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 38, 53 s.
- Brabrand, Å. og Saltveit, S.J. 1984. Akerselva. Resultater fra befarings og elektrofiske utført i januar 1984. *Notat Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo* 1/84, 8 s.
- Bremnes, T. 1986. Miljøforhold og bunndyr i en lavlandsbekk, med spesiell vekt på Oligochaeta og Chironomidae. Hovedfagsoppgave i limnologi, Universitetet i Oslo. 221 s.
- Bremnes, T. 1988. Oligochaeta og Chironomidae benyttet som indikator på forurensning i en lavlandsbekk. *Limnos* 1, 1988: 1-8.
- Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1988a. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del VII. Bunndyr og fisk i Sognsvannsbekken og Frognerelva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 104, 29 s.

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1988b. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune.

Del VIII. Bunndyr og fisk i Holmenbekken og Hoffselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 106, 29 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1989. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del

IX. Bunndyr og fisk i Mærradalsbekken. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 112, 28 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1991. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. XI.

Bunndyr og fisk i Loelva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 128, 38 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1993a. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune.

XII. Bunndyr og fisk i Akerselva 1989 og 1990. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 138, 58 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1993b. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune.

XIII. Bunndyr og fisk i Lysakerelva 1990 og 1991. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 143, 45 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1994a. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. IV.

Bunndyr og fisk i Sognsvannsbekken og Frognerelva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 150, 37 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1994b. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune.

XV. Bunndyr og fisk i Holmenbekken og Hoffselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 154, 40 s.*

Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1995. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune.

XVI. Bunndyr og fisk i Mærradalsbekken. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 155, 26 s.*

- Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1996. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. XVII. Bunndyr og fisk i Ljanselva 1994 og 1995. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 160, 44 s.
- Brittain, J.E. 1988. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking med vekt på organisk forurensning i rennende vann. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 108, 70 s.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1984a. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del III. Bunndyr og fisk i Ljanselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 63, 25 s.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1984b. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del IV. Bunndyr og fisk i Loelva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 70, 24 s.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1984c. Bruk av bunndyr i forurensningsovervåking. *Vann* 19: 116-122.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1984d. Bunndyr. I: Vennerød, K.E. (red.) *Vassdragsundersøkelser*. Universitetsforlaget, Oslo. s. 191-200.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1985. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del V. Bunndyr og fisk i Akerselva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 77, 33 s.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1986a. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del VI. Bunndyr og fisk i Lysakerelva. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 88, 38 s.
- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1986b. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Fiskedød i Akerselva: Bruk av bunndyr og fisk for lokalisering av kilde for giftutslipp. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 92, 18 s.

- Brittain, J.E. og Saltveit, S.J. 1987. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Lokalisering av kilde for fiskedød i Akerselva, desember 1986. *Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 94, 16 s.
- Brittain, J.E., Bremnes, T. og Saltveit, S.J. 1989. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del X. Bunndyr og fisk i Ljanselva. *Rapp. Lab. ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo*, 116, 33 s.
- Chandler, J.R. 1970. A biological approach to water quality management. *J. Wat. Poll. Control*: 415-422.
- Frost, S., Huni, A. og Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.* 49: 167-173.
- Hellawell, J.M. 1986. Biological Indicator of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier Publishers, London. 546 s.
- Hynes, H.B.N. 1960. The Biology of Polluted Waters. University of Liverpool Press, 202 s.
- Hynes, H.B.N. 1961. The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arch. Hydrobiol.* 57: 344-388.
- Lien, L. og Bækken, T. 1996. Miljøkonsekvenser ved midlertidig reduksjon av minstevannføring i Akerselva, Oslo (foreløpig rapport). *NIVA-Rapport LNR 3536-96*. 18 s.
- OVA. 1991. Vassdrag i Oslo. Årsrapport 1989. Oslo vann- og avløpsverk, miljøtilsynet. 99 s.

OVA. 1997. Vassdrag i Oslo. 3. tertial 1996. Oslo vann- og avløpsverk, miljøtilsynet. 14 s. + vedlegg.

Resh, V.H. og Unzicker, J.D. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. *J. Wat. Pollut. Control. Fed.* 47: 9-19.

Saltveit, S.J. og Brabrand, Å. 1988. Utslipp av syre fra Idun fabrikker - en vurdering av virkning på bunndyr og fisk. *Notat Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 1/88*, 7 s.

Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt.* 22: 82-90.