

468

OPPDRAKSMELDING

Gråelva - Mindre leirslam
gir mer bunndyr og fisk
Sluttrapport 1991-1995

Hans Mack Berger
June B. Breistein
Bjørn Mejdell Larsen
Terje H. Nøst



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Gråelva - Mindre leirslam
gir mer bunndyr og fisk
Sluttrapport 1991-1995

Hans Mack Berger
June B. Breistein
Bjørn Mejdell Larsen
Terje H. Nøst

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Berger, H. M., Breistein, J. B., Larsen, B.M., & Nøst, T. 1997. Gråelva - Mindre leirslam gir mer bunndyr og fisk. Sluttrapport 1991-95. NINA Oppdragsmelding 468: 1-42.

Trondheim, april 1997

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0792-3

Forvaltningsområde:

Forurensning, Naturinngrep

Pollution, Impact assessment

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

7005 Trondheim

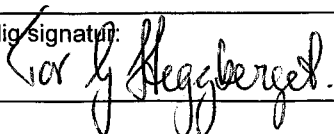
Tel: 73 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13106 Gråelva

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgivere:

Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE)

Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Stjørdal kommune og Fylkesmannen i Nord-Trøndelag,

Miljøvernavdelingen

Referat

Berger, H. M., Breistein, J. B., Larsen, B.M. & Nøst, T. 1997. Gråelva - Mindre leirslam gir mer bunndyr og fisk. Sluttrapport 1991-95. NINA Oppdragsmelding 468: 1-42.

Målet med undersøkelsen i Gråelva er å:

- 1 Kartlegge tilstanden for ferskvannssamfunnene (bunndyr og fisk) i forhold til vannkvalitet før stabilisering av elvebunn og elvebredd ved steinsetting (1990-1992).
- 2 Klarlegge forandringer i ferskvannssamfunnene parallelt med stabiliseringstiltakene (1993-1995).
- 3 Studere langtidseffekter på ferskvannssamfunnene (etter stabiliseringsperioden 1996-).

Tilstanden før stabiliseringstiltakene kom i gang (pkt 1) kan oppsummeres som følger:

Ferskvannssamfunnene i Gråelva er karakterisert ved klavannsområder rike på bunndyr og ungfisk i øvre deler av vassdraget. Nedre deler av vassdraget er sterkt påvirket av leire som skyldes utvasking fra marine avsetninger, noe som bekreftes ved færre arter og lavere tettheter av bunndyr og fisk. Vassdraget er næringsrikt med høye nitrat- og fosfatverdier. Totalt fosforinnhold øker med en faktor på 7 fra øvre til nedre deler av vassdraget. Det er positiv signifikant sammenheng mellom turbiditet, vannfarge og innhold av uorganiske partikler ($p < 0.05$), og mellom innhold av uorganiske partikler og fosfor ($p < 0.01$). Suspendert uorganisk materiale (leire) er viktigste forklaringsfaktor mht. forskjeller i vannkvalitet, bunndyrmangfold og fisketetthet innen Gråelva.

Denne rapporten presenterer resultatene fra anleggsperioden 1993-95 (pkt 2), og utviklingen i Gråelva i hele prosjektperioden 1991-95. Et avsnitt omhandler økologiske effekter på ferskvannsfaunaen etter at stabiliseringstiltakene er gjennomført i deler av Gråelva.

Stabilisering av elvebunnen ved steinsetting har hatt en positiv effekt på vannkvaliteten nedenfor anleggsområdet, ved lavere turbiditet og redusert innhold av uorganiske partikler. Fosforinnholdet er fortsatt høyt i hele vassdraget, men lavere i de steinsatte partiene enn på stasjonene oppstrøms og nedstrøms. Dette skyldes sannsynligvis mindre utvasking og derved lavere bidrag fra det fosforet som er bundet til leirpartiklene. Nitratverdiene er omtrent like innenfor, oppstrøms og nedstrøms anleggsområdet, og gjenspeiler landbruksaktiviteten i området med maksimumsverdier i juni og september. Koloniseringen av bunndyr og yngre årsklasser av fisk i anleggsområdet synes å være suksessfull. Det er registrert høye tettheter av døgnfluelarver (Ephemeroptera), spesielt den viktige byttedyrarten for fisk (*Baetis rhodani*), og av aureyngel (0+), på stasjonene der steinsetting er foretatt. Det er også registrert relativt høye tettheter av steinfluelarver (Plecoptera) og vårflylarver (Trichoptera) i de steinsatte områdene, mens tettheten av fjærmygglarver er lavere enn før inngrepet. Gjennomsnittlig tetthet av 0+ aure har økt i Gråelva totalt i

perioden 1991-95 (Spearman rank, $S = 0.9$, $N = 5$ og $p < 0.05$). Innenfor steinsettingsområdet (st 4.1 & 4.2) er det en svak tendens til at tettheten av 0+ aure har økt i perioden, men økningen er ikke signifikant (Spearman rank, $S = 0.300$, $N = 5$, $p = 0.0624$). Størst bidrag til økning i totaltetthet av 0+ aure har en hatt ovenfor de steinsatte områdene (Spearman rank, $S = 0.900$, $N = 5$, $p < 0.05$). Selv om tettheten av laks er lav i Gråelva er det registrert økning i antall 0+ laks i den steinsatte delen av elva (Spearman rank, $S = 0.872$, $N = 5$, $p = 0.054$). Nedstrøms steinsettingsområdet (Stasjonene 1-4) er tetthetene av bunndyr lavere og yngeltettheten av både aure og laks fortsatt svært lav og på samme nivå som før steinsettingen startet. Totalt sett har den samlede ungfisketettheten av aure i Gråelva økt etter at tiltakene i vassdraget kom i gang, mens tettheten av laks er uendret. Fisketettheten har hatt en liten nedgang i sideelva Hofstadelva, mens tetthetene har økt i sideelvene Råelva og Børsethelva lengst oppe i vassdraget.

De steinsatte områdene synes å være et bedre habitat for yngel og ungfisk enn tidligere på grunn av større variasjon i bunnsubstratet. Kombinasjonen av kulper og strykpartier med varierende steindekke vil føre til større produktionsareal for bunndyr og flere attraktive steder for både yngel, ungfisk og eldre årsklasser av fisk.

Emneord: Forurensing - leire - vannkvalitet - bunndyr - sjøaure og laks.

Hans Mack Berger, June B. Breistein, Bjørn Mejdell Larsen og Terje H. Nøst. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Tungasletta 2, 7005 Trondheim.

Abstract

Berger, H. M., Breistein, J. B., Larsen, B.M. & Nøst, T.H. 1997. River Gråelva - Less suspended clay gives more invertebrates and fish. Final Report 1991-95. - NINA Oppdragsmelding 468: 1-42.

The aims of this study were to:

- 1 Assess the state of freshwater communities (benthic invertebrates and fish fauna) with respect to water-quality; before stabilizing the washout of clay from the river bottom and river banks by stone cover (1990-1992).
- 2 Reveal changes in the freshwater communities following the reconstruction (stabilization) period (1993-1995).
- 3 Long term impacts on the freshwater communities (after the stabilization period 1996).

The natural state of the River Gråelva before the reconstruction period (point 1) can be summarized as follows (Berger et al. 1994):

The freshwater communities in the River Gråelva were characterised by clearwater areas rich in invertebrates and fish in the upper parts of the river. The lower parts of the river were seriously affected by washout from marine clay deposits and had lower diversity and densities of benthic invertebrates and lower densities of fish. The main factor that explained differences in water-quality, benthic invertebrate diversity and fish density in the river system was found to be suspended inorganic matter; clay.

This report presents the results of the reconstruction period (point 2) and the total project period 1991-1995. In addition some preliminary results regarding ecological impacts on the freshwater ecosystem after the stabilization of clay washout are provided.

Stabilising the river basement by stonecover had a positive effect on water-quality by lowering turbidity and less inorganic particle density downstream of the reconstruction area.

The phosphorus content was still high in the River Gråelva, but the levels were lower in the reconstructed area than upstream and downstream. This may be due to a lower phosphorus content in the clay. There were no similar significant differences in nitrate levels, which tended to correlate with higher levels of agricultural activity in June and September within the watershed. The colonization of bottom living animals and younger fish within the reconstruction area seems to be successful, with higher densities of important food items such as Caddis flies (Ephemeroptera), especially *Baetis rhodani*, and of brown trout yearlings (0+) on the reconstructed stations (stations 4.1 & 4.2). Downstream of the reconstruction area (stations 1-4) the densities of benthic invertebrates were lower and the densities of both young brown trout and Atlantic salmon were at the

same level as before the reconstruction took place. There has been a total increase in the density of brown trout (0+) in the River Gråelva since reconstruction (Spearman rank, $S = 0.9$, $N = 5$ and $p = 0.037$), whereas the total density of Atlantic salmon is still low and unchanged. In the River Hofstadelva fish density is somewhat lower, whereas in the upper reaches of the Rivers Råelva and Børsethelva the densities were higher. In spite of the extremely tough treatment of the riverbed during the reconstruction period, it seems that the aquatic life recovered very quickly. The reconstructed area seems to be more suitable for fry and juvenile fish than before, because of more variation in the bottom surface. The combination of parts with riffles and pools with rocky surfaces theoretically results in more productive areas for invertebrates and more attractive areas for fry, juveniles and older age classes of fish.

Key words: Pollution - clay - water quality - invertebrates - anadromous brown trout and Atlantic salmon.

Hans Mack Berger, June B. Breistein, Bjørn Mejdell Larsen & Terje H. Nøst. Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

Forord

Fra 1988-1991 ble det av NVE, Vassdragsdirektoratet, foretatt undersøkelser for å kartlegge behovet for stabiliserings-tiltak mot utglidning av leirmassene i og omkring Gråelva i Skjelstadmark i Stjørdal, Nord-Trøndelag. Stabiliseringstiltakene kom i gang i august 1992 og har pågått siden, med størst aktivitet i vinterhalvåret. Vinteren 1994/95 var det opphold i sikringsarbeidene.

For å registrere endringer i vannkvalitet og virkninger på bunndyr- og fiskefauna, gjennomførte NINA en ferskvanns-økologisk forundersøkelse i perioden desember 1990 til august 1992. Tilstanden i vassdraget før stabiliseringstiltakene kom i gang er beskrevet av Berger et al. (1994).

Denne rapporten gir en oversikt over resultatene (vannkvalitet, bunndyr- og fiskefauna) fra undersøkelsene i Gråelva etter at stabiliseringstiltakene kom i gang. Hovedhensikten er å registrere eventuelle endringer i vannkvaliteten, og de effekter stabiliseringstiltakene i Gråelva har for bunndyr og fisk som følge av inngrepet.

Vannprøvene ble innsamlet av Helen Guldseth og Hans Mack Berger, og analysert ved NINA's analyselaboratorium av Sissel Wolan og Syverin Lierhagen. Fosforinnhold og innhold av partikulært materiale ble analysert av Tore Forseth ved Gauldalsregionens kjøtt og Næringsmiddelkontroll, Melhus. Bunndyrmaterialet ble innsamlet og bearbeidet av June B. Breistein, Terje H. Nøst, Helen Guldseth, Arne Bretten og Hans Mack Berger, alle NINA. Fiskematerialet ble innsamlet av Bjørn Mejdell Larsen, Leidulf Fløystad, Anne Lise Sørensen og Jakob Haugen (alle NINA) i samarbeid med Hans Mack Berger. Anders Lamberg (NINA) har bidratt med statistisk vurdering av materialet og sammen med Trygve Hesthagen (NINA) lest gjennom rapporten og kommet med konstruktiv kritikk.

Prosjektet er i hovedsak finansiert av NINA og NVE-Vassdragsdirektoratet, med bidrag fra Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen og Stjørdal kommune.

Jeg vil herved rette en takk til finansieringskildene og alle de som har bidratt til prosjektet i Gråelva.

Trondheim, februar 1997

Hans Mack Berger
prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord.....	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse	7
3 Metoder og forsøksfelter	7
4 Resultater.....	9
4.1 Fysiske og kjemiske miljøforhold.....	9
4.1.1 Fysiske forhold	9
4.1.2. Kjemiske forhold.....	9
4.2 Bunndyr	15
4.3 Fisk.....	15
4.3.1 Ungfisk	15
4.4 Økologiske interaksjoner, vannkvalitet, bunndyr- og fiskefauna	15
5 Diskusjon	24
6 Konklusjon	25
7 Litteratur.....	26
Vedlegg 1.....	28
Vedlegg 2.....	34
Vedlegg 3.....	38

1 Innledning

Det er velkjent at suspendert materiale i vann har innvirkning på akvatisk liv (Pentelow 1949, Hynes 1960, Cordone & Kelley 1961, Herbert & Merckens 1961, Chapman 1962, Chutter 1969, Mills 1971, Nuttall & Bielby 1973, Waters 1995). Effekten av uoppløselige suspenderte stoffer i vann er tosidig. Finpartikler (som leire) i vann vil forhindre gjennomgangen av sollys og således hindre eller redusere primærproduksjonen (plantevekst). Større partikler som sand vil ha en slipende effekt på bunnsedimentene og fjerne algevekst såvel som bunnfauna. Partikler som transporteres av vannstrømmen vil fylle opp hulrom i grusen og mellom steiner og således redusere tilgjengelige mikrohabitat for bunnfaunaen (Brusven & Prather 1974). Gytingen til salmonider som ørret og laks kan bli påvirket etter som de forsøker å unngå turbid vann og klumper seg sammen i områder med renere vann for å gyte (Mills 1971). Sedimentering av finmateriale som leire på grus vil føre til mindre vanngjennomstrømming i gytegroper og redusert klekkesuksess som følge av oksygenmangel (Ziebell 1960). I tillegg vil sedimentering av gyteplassene forhindre nyklekt yngel å komme opp av elvegrusen (Sæggrov & Kålås 1994). Oppløste partikler vil avsettes nedover i vassdraget, men dette avhenger av størrelsen på partiklene, vannhastigheten, turbulens og bunnoverflaten (Bogen 1986). Et steinet og fast underlag vil filtrere oppløste partikler ut av vannet å føre til renere vann og mer egnede mikrohabitater for planter, bunndyr og fisk nedstrøms. Dette vil også føre til økning i biologisk produksjon.

Mange norske elver har varierte forhold i vannkvalitet, avhengig av topografi, geologi og klima. Deler av vassdrag med sterk høydegradient er ofte særpreget av høy vannhastighet, grovt substrat og relativt rent vann, i motsetning til mer stilleflytende områder med finere substrat og løsmasse-avsetninger. Under snøsmeltingen og ved sterke nedbørperioder flommer elvene opp og kan tidvis føre til stor massetransport. Vannet blir farget av finpartiklene som vaskes ut fra bunn og elvebredder.

I 1995 var det ekstrem vårflo i flere vassdrag i Midt-Norge og på Østlandet. I sidebekker til Glomma ble det registrert betydelig lavere tettheter av aureyngel (Museth & Quenild 1996), og det samme ble registrert for både aure og laks i Gaula (Hindar et al. 1996).

Flere av vassdragene i Midt-Norge har store løsmasseavsetninger av morene, silt og leire som ble avsatt etter siste istid for omlag 10 000 år siden. Gråelva i Stjørdalsvassdraget bærer sitt navn med rette i så måte og størstedelen av vassdraget ligger under marin grense. De øvre bekkene i vassdraget, Hofstadelva, Råelva og Børsethelva har relativt rent, klart vann, med unntak i ekstreme flomsituasjoner. Nedre deler av Råelva, Hovbekken, Bangbekken og de nedre 9 kilometer av Gråelva er alltid mer eller mindre gråblakket. Dette skyldes utvasking fra store marine avsetninger i nedbørfeltet. I leiravsetningene ligger

lommer av kvikkleire, som det av og til går hull på, og som renner ut i Gråelva. Ved en landsomfattende undersøkelse på slutten av 80-tallet fant Norges Geotekniske Institutt at Skjelstadmark i Stjørdal har landets største kvikkleireforekomster (Gregersen pers. medd.).

Vannkvaliteten i Gråelva preges forøvrig av rike tilførsler av næringssalter og bakterier fra landbruksvirksomhet i nedbørfeltet (Andreassen 1986, Berger 1987, 1988).

I 1990 utarbeidet NVE, forbygnings-avdelingen en tiltaksplan for å stabilisere leirmassene og redusere faren for fremtidige ras langs Gråelva. Forbygningsarbeidene kom i gang i august 1992 og til nå har omlag 2,5 km av totalt 9 km av de mest rastruede områdene langs Gråelva blitt forbygd. Dette utføres ved å anlegge en ny elv oppå det eksisterende elveleiet ved 1-2 m tykk steinplastring i de mest rastruede områdene, og ved vanlig elveforbygging i andre erosjonsutsatte deler av elvestrengen. Til nå har sikrings tiltakene kostet omlag 10 millioner kroner. De totale kostnadene for hele prosjektet er beregnet til 31 millioner kroner, med en total prosjektperiode på inntil 15 år.

De to årene fra desember 1990 til september 1992 gjennomførte NINA en ferskvannsekologisk undersøkelse i Gråelva for å beskrive tilstanden i ulike deler av vassdraget mht. vannkvalitet, bunndyr- og fiskefauna før inngrepet i vassdraget.

Erfaringer fra liknende stabiliseringstiltak for å redusere utvaskingen av leire til vassdrag har gitt indikasjoner på bedret vannkvalitet og endrete livsvilkår for bunndyr og fisk, uten at dette er dokumentert ved undersøkelser, jfr Helgåavassdraget i Verdal i Nord-Trøndelag (Madsen, NVE pers. medd.). Effekter av partikler på akvatisk liv er nøye beskrevet i innledningen i rapporten fra forundersøkelsene i Gråelva (Berger et al. 1994), og det henvises til denne for nærmere informasjon.

I tillegg til ferskvannsekologiske studier i vassdraget foreligger en rapport om oterbestanden i Gråelva (Rosendal & Heggberget 1992), og om vegetasjon og flora langs vassdraget (Fremstad 1992). Det er også utkommet en rapport om utnyttelsen av fisket i vassdraget (Olsen 1995) samt en rapport om forekomsten av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Hofstadelva, et sidevassdrag til Gråelva (Larsen 1997).

2 Områdebeskrivelse

Gråelva er en del av Stjørdalsvassdraget i Nord Trøndelag og munner ut i Stjørdalselva ved Moanesset omlag 10 km ovenfor Stjørdalselvas utløp i Trondheimsfjorden (figur 1). Stjørdalselva er blant de 10 beste lakseelvene i Norge med en midlere årlig avkastning fra 8-12 tonn, inkludert omlag 2 tonn sjøaure (*Salmo trutta* L.) (NOF 1970). Etter 1990 har fangstene avtatt og var i 1995 omlag 5 tonn.

Gråelva drenerer Skjelstadmark-området som domineres av granskog i de øvre deler og lauvskog og dyrkamark (hovedsakelig grasmark) lenger nede. Mellom dyrkamarka og elva er det et 50-150 m bredt belte med rik lauvskog, vesentlig or og hegg med noe innslag av gran (Klokk 1980, Fremstad 1992). Det totale nedbørfeltet er omlag 47 km² hvorav 13 km² landbruksareal (Berger 1987). Over halvparten ligger under den marine grense (180 m o.h) etter siste istid (10.000 år siden) og har betydelige marine avsetninger. Årlig nedbør i området er 700-1 000 mm og kommer i hovedsak fra vest og nordvest, med mest nedbør fra juli til september. Middelfemperaturen i lufta fra mai til september er mellom 10 og 15 °C, mens den i vinterhalvåret, fra november til mars er fra 0 til -5 °C. Skjelstadmarka er normalt snødekt fra desember til april og i denne perioden er elva isdekt med unntak i lengre perioder med mildvær og mye regn. Midlere vassføring i Gråelva er omlag 1-2 m³/s, men kan i ekstreme perioder komme over 20 m³/s (januar 1992 > 40 m³/s). Gråelva har i likhet med andre vassdrag i Trøndelag en flomtopp i forbindelse med snøsmeltingen (i mai), men ettersom det er få innsjøer i nedbørfeltet varierer vassføringen ellers i året sterkt med nedbøren. I det området som elva er steinsatt er gravingen opphørt og vannet virker renere.

Sjøaure er dominerende fiskeart og det vesentligste av ungdomsproduksjonen foregår i Hofstadelva, Råelva og Børsethelva øverst i vassdraget. Total strekning for anadrom fisk er omlag 15 km, inkludert de mindre bekkene lengst oppe. På grunn av elva's beskaffenhet har høsting av fiskebestanden i Gråelva med tradisjonelle sportsfiskeredskaper vært lav. Det har opp til i dag vært vanlig med ulovlige metoder som rusefiske og lystring, spesielt på oppvandrende gytefisk i september/oktober (Olsen 1995).

De midtre 3 km av den 9 km lange hovedstrengen opp til samløp Gråelva/Hofstadelva ble steinsatt i perioden 1992-1994. Elva følger i hovedsak sitt gamle elveleie, men bunnen og elvebredden består nå av sprengt stein og grus, i motsetning til leire med kuppelstein og noe grus og sand innimellom før inngrepet. I forbindelse med forbyggingsarbeidene i Gråelva er mye av skogen langs elva fjernet, og på grunn av lettere atkomst er det avvirket en god del gran og lauvskog inntil vassdraget. Det tidligere karakteristiske «jungle»-preget er borte og elva og landskapet omkring er blitt åpnere.

3 Metoder og forsøksfelter

Kart over Gråelva med delfelter og stasjoner for prøvetaking er vist i figur 1. Det er de samme stasjonene det er hentet prøver fra i denne undersøkelsen som ved forstudiene, og de samme prøvetakingsmetodene er benyttet for å få bedre referansegrunnlag. Vannprøvetakingen er utvidet noe ved at stasjon 17 (Stjørdalselva) er prøvetatt hyppigere.

Vannprøver og bunndyr er samlet inn på 10 faste stasjoner i hele prosjektperioden. For å få et best mulig bilde av fiskepopulasjonen er det fisket på totalt 20 stasjoner (tabell 1).

Fra 1993 til 1995 ble stasjon 5 ikke fisket på grunn av stor forandring som følge av steinsettingen. Stasjonene 4.1 og 4.2 representerer således utviklingen i det steinsatte området.

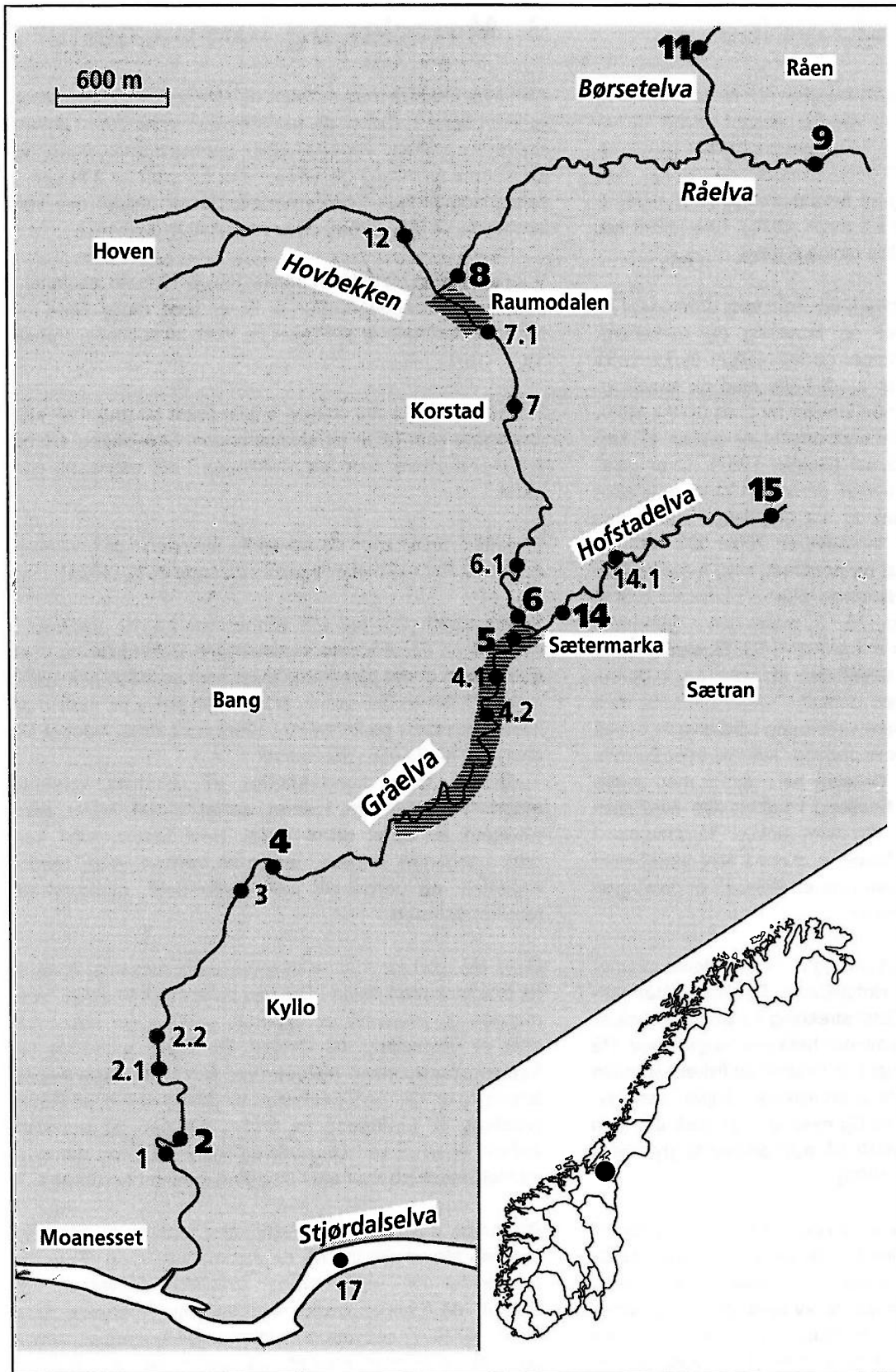
En kort oversikt over de anvendte metodene er beskrevet nedenfor. For nærmere detaljer se Berger et al. (1994).

Vannkvalitet: Det ble tatt vannprøver fra 10 stasjoner i vassdraget. For å kunne sammenlikne tilstand før og etter steinsetting er det på samme måte som perioden juni 1991-mai 1992 tatt en tilsvarende årsserie (en prøve pr. måned på hver stasjon) for perioden mai 1994- april 1995. Vannet ble analysert for 23 ulike parametre:

Turbiditet, farge, konduktivitet, pH, alkalitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, klorid, nitrat, total nitrogen, silisium, ortho-fosfat, total fosfor, total karbon, uorganisk karbon, organisk karbon, jern, totalt-, organisk- og uorganisk partikkelinnhold, syrenøytralitets-kapasiteten.

Dette ble gjort for å finne eventuelle begrensende faktorer for biologisk produksjon i Gråelva og spesielt beskrive type, mengde og transport av oppløste partikler før, under og etter at steinsetting var foretatt. De fleste analysene ble foretatt etter standard metoder ved NINA's analyse laboratorium og er nærmere beskrevet av Schartau & Nøst (1993) (vedlegg I). Målingene av fosfor, nitrogen og partikkelinnhold er utført ved Gaudalsregionens kjøtt- og næringsmiddelkontroll på Kvål etter standard metoder (vedlegg I).

Bunndyr: Kvalitative og kvantitative prøver av bunndyrfaunaen ble samlet inn fra de samme steder og til samme tidspunkter som vannprøvene. Kvalitative prøver ble innsamlet ved å bruke sparkemetoden («Kick-method», Frost et al. 1971). Vi benyttet en håv med en kvadratisk ramme på 0.25 x 0.25 m og med et nett med maskevidde 500 µm. Det ble tatt en sparkeprøve å ett minutt på hver stasjon. Kvantitative prøver ble innsamlet med en surberhenter; en kvadratisk metallramme 0.3 x 0.3 m (0,09 m²) med maskevidde 250 µm (Surber 1937, Macan 1958). Vi tok tre prøver på tvers av elvestrømmen på hver stasjon. For nærmere metodebeskrivelse, se Hellawell (1986). Bearbeidingen av materialet omfatter de kvantitative bunndyrprøvene og materialet er i hovedsak systematisert ned til hovedgrupper.



Figur 1 Gråelva med de enkelte prøvestasjoner. Hovedstasjonene er uthevet og de steinsatte områdene (inntil 1995) er avmerket. - Location of the River Gråelva and the sampling sites. The main sampling sites and the reconstructed areas (until 1995) are emphasized.

Tabell 1 Oversikt over de enkelte stasjonene i Gråelva og hvilke prøver som er tatt. - *The sampling sites in the river Gråelva and which samples that are collected.*

Stasjons nr.-	Sted	Prøvetype		
		Vann	Bunndyr	Fisk
1	Børstad (E-14)			X
2	Børstad	X	X	X
2.1	Kyllo			X
2.2	Kyllo øvre			X
3	Nedenfor Bangbekk			X
4	Ovenfor Bangbekk	X	X	X
4.1	Mørsetfallet			X
4.2	Ovenfor Islandsbekk			X
5	Nedenfor Hofstadelv	X	X	X
6	Sætermarka bru	X	X	X
6.1	Ovenfor Sætermarka			X
7	Korstad			X
7.1	Smedhaugen			X
8	Raumodalen	X	X	X
9	Råelva (Råen bru)	X	X	X
11	Børsethelva	X	X	X
14	Hofstadelva (v/Sætermarka)	X	X	X
14.1	Hofstadelva (v/Tranget)			X
15	Hofstadelva (v/RV-752)	X	X	X
17	Stjørdalselva (v/Trøite)	X		

Bunndyrtetthetene er angitt i antall individer pr. m². Det øvrige materialet er arkivert for senere bearbeiding dersom det blir nødvendig å se på artsforskjeller og artsmangfold for å klarlegge forskjeller i vassdraget av betydning for effekter i forbindelse med stabiliserings tiltakene.

Fisk: Kvantitative studier av fiskepopulasjonene ble foretatt ved elektrofiske på 20 stasjoner i august/september hvert år fra 1991 til 1995. Fiske med elektrisk fiskeapparat (type Paulsen) ble foretatt etter standard metodikk; tre suksessive omganger med minimum 20 minutters intervaller. Et areal på 100-200 m² ble avfisket på hver stasjon og det samme arealet ble avfisket hvert år. Tettheten av årsyngel (0+) og ungfisk ($\geq 1+$) på de ulike stasjoner i elva ble beregnet etter Zippins metode (Zippin 1958, Bohlin 1984, Bohlin et al. 1989). I tilfeller hvor fangstkombinasjonen umuliggjør Zippin-estimat er tettheten (N) beregnet fra reell fangst (Y) etter formelen $N = Y * 100 / \text{Areal}$ og angitt som minimums verdi (>). Ved lav fangsteffektivitet ($p \leq 0,2$) er tettheten (N) beregnet etter formelen $N = (Y / 0,875) \times 100 / \text{Areal}$ og angitt med *.

Det ble samlet inn 20 individer av hver aldersgruppe og art fra hver stasjon. Fisken ble fiksert i 70 % etanol og lagret for nærmere arts- og aldersbestemmelse, og for ernæringsstudier. Alder ble bestemt ved skjellavlesning og/eller av otolitter (Jonsson 1976, L'Abée-Lund 1985).

4 Resultater

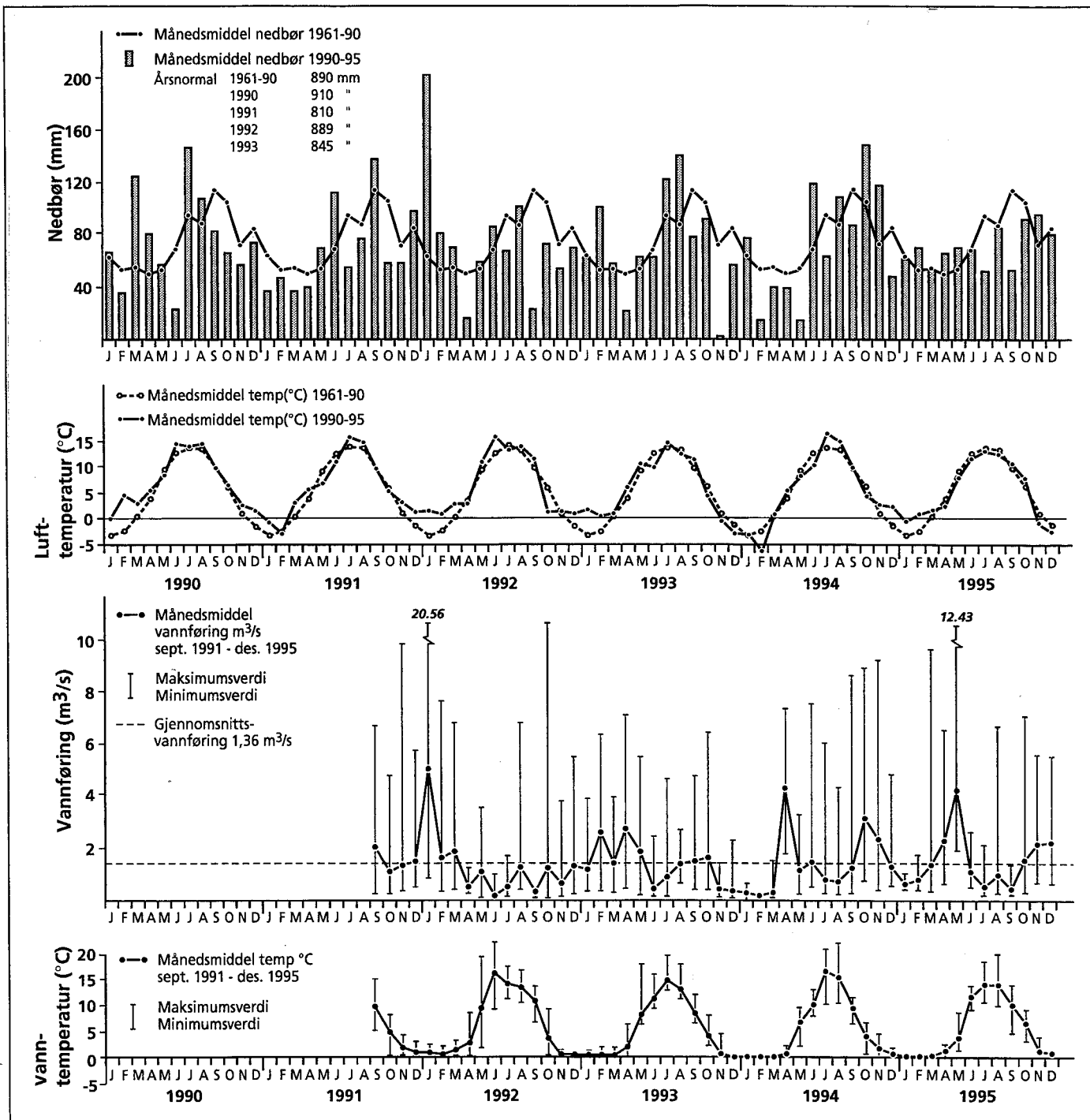
4.1 Fysiske og kjemiske miljøforhold

4.1.1 Fysiske forhold

Temperatur og nedbørforhold fra målestasjonen ved Værnes er sammenstilt med temperatur og vassføringsdata fra Gråelva ved Børstad (figur 2). Det samme mønsteret går igjen i hele undersøkelsesperioden. Vanntemperaturen varierer i takt med lufttemperaturen og vassføringen i Gråelva svinger med nedbøren. Det har ikke vært så høy ekstrem vassføring i perioden september 1992 til mai 1995 som ved målingene i forstudieperioden, 1991-92. Gjennomsnittsvannføringen i Gråelva er 1-2 m³/s.

4.1.2. Kjemiske forhold

De øvre deler av Gråelva, Hofstadelva og Råelva har fra naturens side gunstig vannkvalitet for vannlevende organismer. Punktutslipp av organiske stoffer kan imidlertid være betydelig i perioder i forbindelse med siloslått i juni og sommerhalvåret og ved skylling av mjølkerom og/ eller



Figur 2. Månedlige middelveier for nedbør og lufttemperatur ved Værnes for årene 1990-95 og siste 30-årsperiode sammenstilt med vassføring og vantttemperatur i Gråelva (NVE-vannmålestasjon Børstad), perioden september 1991- desember 1995. - Mean monthly precipitation and air temperature at Værnes during the years 1990-95 and the last 30 years (mean values 1961-90), compared to water-velocity and water temperature in the River Gråelva in the period Septembert 1991-December 1995.

gjødselkummer. Dette innvirker i første rekke på vannkvaliteten i sideelvene Ræelva og Hofstadelva, men en kan imidlertid ikke utelukke lokale effekter i selve Gråelva, like nedstrøms punktutslipp/sidebækker. Vannkvaliteten i selve Gråelva er karakterisert ved at den drenerer gjennom marine avsetninger. Kalsiumverdiene, pH-nivået og konsentrasjonen av forskjellige salter, såvel nitrat og fosfat, var generelt høyt, spesielt nederst i vassdraget (tabell 2,

vedlegg I). Turbiditeten og innholdet av partikulært uorganisk materiale (PUM) er høyt og øker fortsatt nedover i vassdraget. Hovedfaktoren som forklarer forskjellene i vannkvalitet i Gråelva er oppløste uorganiske partikler (leire). Det midlere innhold av PUM har gått ned fra 82,5 til 70,2 mg/l (14,9 %) nederst i Gråelva (st 2), og fra 97 til 67,3 mg/l (30,6 %) ved Bangbækken(st 4) nedstrøms steinsettingsområdet. Innen steinsettingsområdet, fra Hofstad-

elva og nedover, har PUM gått ned fra 42,6 til 25,1 mg/l, dvs en reduksjon på 41,0 % (figur 3, vedlegg I). Det har også blitt registrert en betydelig reduksjon i PUM fra 52,3 til 40,7 mg/l (22,2 %) på stasjon 6 ovenfor samløp med Hofstadelva, noe som sannsynligvis skyldes tildekking av den mest rasutsatte delen fra Raumodalen bru og nedover høsten 1992.

Referansestasjonene (8, 9, 11, 14 og 15) i øvre del av Gråelva og Stjørdalselva (st 17) hadde samme gjennomsnittsverdier av uorganiske partikler (2,7-6,8 mg/l) i perioden 1994-95 som 1991-92. Verdiene for andre kjemiske parametre på referansestasjonene ligger innenfor tilsvarende kjemiske normalverdier for andre vassdrag i Midt-Norge. Totalt sett har vannkvaliteten i Gråelva bedret seg i og nedstrøms anleggsområdet som følge av steinsettingen. I referanseområdene er tilstanden lik det den var før steinsettingen. Nedenfor er de viktigste resultatene for de enkelte vannkjemiske parametrene utdypet.

Turbiditet: Gråelva har høye verdier for turbiditet, spesielt i nedre del av vassdraget (23-200 FTU), i motsetning til verdiene i Råelva (16 FTU), Børsethelva (0-7 FTU), Hofstadelva (1-28 FTU) og Stjørdalselva (1-6 FTU). I de steinsatte områdene varierte verdiene fra 5 til 110 FTU. Gjennomsnittsverdien i de steinsatte områdene (29 FTU) var omtrent halvparten av verdien på stasjonen nederst i Gråelva (62 FTU).

Farge: Vannet i Gråelva har gjennomsnittlig høyt innhold av humusforbindelser, med fargetall (33-42 mg Pt/l), som er høyere enn i Stjørdalselva (26 mg Pt/l). Høyeste målte verdi er i Råelva (100 mg Pt/l) i september 1994.

Konduktivitet: Generelt høy konduktivitet i Gråelva (100-200) $\mu\text{S/cm}$, spesielt nedstrøms anleggsområdet, og noe lavere i Hofstadelva og Børsethelva (60-100 $\mu\text{S/cm}$). I Stjørdalselva var konduktiviteten gjennomsnittlig betydelig lavere (32,7 $\mu\text{S/cm}$).

Tabell 2 Vannkjemiske parametre på de forskjellige stasjonene i Gråelva fra mai 1994 - april 1995. Gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD) er angitt for turbiditet, farge, konduktivitet, pH, alkalitet, kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), sulfat (SO_4), klorid (Cl), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), total-nitrogen (Tot-N), silisium (Si), fosfat (PO_4), total-fosfor (Tot-P), partikulært materiale (PM), partikulært uorganisk - (PUM) og partikulært organisk materiale (POM) samt vannets syrenøytraliserings kapasitet (ANC). Lokalitetsnumre og øvrige resultater fremgår av figur 1 og vedlegg I. - Different water-quality parameters at different localities in the River Gråelva from May 1994 to April 1995. Mean values and standard deviation (SD) are given for turbidity, water colour, conductivity, pH, alkalinity, calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (Na), kalium (K), chlorine (Cl), nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$), total nitrogen (Tot-N), sulphate (SO_4), Silicium (Si), phosphate (PO_4), total phosphorous (Tot-P), particles (PM), inorganic particles (PUM), organic particles (POM) and Acid Neutralizing Capacity (ANC). Locality numbers referring to figure 1 and for more results see appendix I.

Parameter	Fork.	Enhet	Stasjon:		4		5		6		8	
			Område:	Kyllo	SD	Bang	SD	Anleggs- området	SD	Sæter- marka	SD	Raumo- dalen
Turbiditet	TURB	FTU	62	58	43	30	29	33	43	38	7	5
Farge	Farge	mg Pt/l	34	5	33	6	37	4	37	6	42	8
Konduktivitet	Kond-25	$\mu\text{S/cm}$	187,5	23,8	170,6	21,6	128,8	20,2	185,5	40,0	143	26,6
pH	pH		7,56	0,21	7,58	0,35	7,39	0,15	7,53	0,22	7,25	0,09
Alkalinitet	Alk	$\mu\text{ekv/l}$	983	124	920	116	760	168	1114	260	882	216
Kalsium	Ca	mg/l	18,12	2,46	17,37	2,50	13,69	2,04	20,29	4,29	16,77	3,32
Magnesium	Mg	mg/l	3,18	0,39	2,81	0,43	2,19	0,42	3,20	0,55	2,17	0,33
Natrium	Na	mg/l	11,63	1,79	9,77	1,47	6,54	1,01	9,24	2,28	6,47	0,99
Kalium	K	mg/l	2,04	0,91	1,93	0,53	1,58	0,66	2,41	1,32	1,40	0,79
Sulfat	SO_4	mg/l	9,12	3,59	10,39	4,03	6,52	2,53	9,19	3,81	6,19	2,32
Klorid	Cl	mg/l	20,01	2,71	16,83	2,89	11,27	1,63	15,44	3,01	10,8	1,18
Nitrat	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\mu\text{g/l}$	595	368	501	320	513	318	802	422	545	106
Total-nitrogen	Tot-N	$\mu\text{g/l}$	962	220	760	283	809	245	1124	543	1031	256
Silisium	Si	mg/l	1,61	0,38	1,47	0,34	1,32	0,28	1,69	0,3	1,49	0,24
Fosfat	PO_4	$\mu\text{g/l}$	55	43	68	115	21	14	39	23	18	17
Total-fosfor	Tot-P	$\mu\text{g/l}$	100	113	132	272	44	46	59	45	37	36
Partikulært materiale	PM	mg/l	73	101	70	113	27	32	43	46	7	7
Partikulært uorganisk materiale	PUM	mg/l	70	98	67	109	25	31	41	44	6	6
Partikulært organisk materiale	POM	mg/l	3	3	3	4	2	1	2	2	1	2
Syrenøytraliserings-kapasitet	ANC	mg/l	916	76	833	112	697	108	1038	282	859	185

Tabell 2 forts

Parameter	Fork.	Enhet	Stasjon: 9		11		14		15		17	
			Råelva	SD	Børseth- elva	SD	Hofstad- elva ned.	SD	Hofstad- elva øv.	SD	Stjørdals- elva	SD
Turbiditet	TURB	FTU	4	5	2	2	9	9	5	7	3	2
Farge	Farge	mg Pt/l	42	23	42	12	37	6	36	6	26	6
Konduktivitet	Kond-25	µS/cm	112,5	22,5	96,3	16,5	71,6	14,7	66,9	13,4	32,7	6,2
pH	pH		7,23	0,26	7,42	0,37	7,17	0,15	7,05	0,13	6,81	0,32
Alkalinitet	Alk	µekv/l	721	180	727	182	403	205	342	71	162	39
Kalsium	Ca	mg/l	14,37	3,16	13,36	2,62	7,32	1,36	7,03	1,22	3,24	0,72
Magnesium	Mg	mg/l	1,46	0,30	1,40	0,25	1,15	0,31	1,07	0,27	0,50	0,11
Natrium	Na	mg/l	4,21	0,55	3,17	0,38	3,78	0,47	3,34	0,32	1,77	0,26
Kalium	K	mg/l	1,23	1,24	0,37	0,15	0,90	0,90	0,75	0,84	0,42	0,27
Sulfat	SO ₄	mg/l	5,63	2,00	2,32	0,9	4,39	1,47	4,08	1,07	1,85	0,31
Klorid	Cl	mg/l	7,08	1,48	5,21	1,28	6,65	1,14	5,92	0,96	3,11	0,71
Nitrat	NO ₃ -N	µg/l	536	394	171	71	348	406	329	370	91	58
Total-nitrogen	Tot-N	µg/l	956	727	480	97	553	340	696	536	294	47
Silisium	Si	mg/l	1,48	0,26	0,86	0,16	1,05	0,28	1,03	0,27	0,56	0,13
Fosfat	PO ₄	µg/l	24	55	5	5	14	16	14	24	5	3
Total-fosfor	Tot-P	µg/l	41	81	13	16	33	59	25	45	9	3
Partikulært materiale	PM	mg/l	6	9	4	4	8	6	4	5	3	2
Partikulært uorganisk materiale	PUM	mg/l	4	6	4	4	7	5	3	4	3	1
Partikulært organisk materiale	POM	mg/l	2	3	1	0	1	1	1	1	1	0
Syrenøytraliserings-kapasitet	ANC	mg/l	696	173	721	148	334	67	327	59	158	32

pH: Gjennomsnittlige pH-verdier var generelt høye i Gråelva (pH 7,05-7,58) og høyere enn i Stjørdalselva (pH 6,81).

Alkalitet: Generelt høy alkalitet i Gråelva (500-1000) µekv/l, og i Hofstadelva noe lavere (300-400) µekv/l. Gjennomsnittsverdien var betydelig lavere, men fortsatt god i Stjørdalselva i samme periode (162 µekv/l).

Kalsium: Innholdet av kalsium var ekstremt høyt i Gråelva (> 13 mg/l) i forhold til verdiene i Hofstadelva (ca. 7 mg/l), og spesielt i forhold til Stjørdalselva (ca. 3 mg/l).

Magnesium: Høye verdier (2,23-3,89 mg/l) ble målt nederst i Gråelva, men nivået var lavere øverst i vassdraget, i Råelva (0,91-1,95 mg/l) og i Hofstadelva (0,77-1,59 mg/l). Verdiene i Stjørdalselva var betydelig lavere (0,30-0,66 mg/l).

Natrium og Klorid: Parametrene samvarierer, med høyeste gjennomsnittsverdier nederst i Gråelva (11,63 mgNa/l og 20,01 mgCl/l). I de steinsatte områdene var tilsvarende verdier halvert, henholdsvis 6,54 mgNa/l og 11,27 mgCl/l. I Råelva, Børsethelva og Hofstadelva var gjennomsnittsverdiene betydelig lavere enn lenger nede i vassdraget, henholdsvis (> 5,0 mgNa/l) og > 8,0 mgCl/l). Stjørdalselva hadde de laveste gjennomsnittsverdiene, henholdsvis 1,77 mgNa/l og 3,11 mgCl/l.

Kalium: Verdiene var høyest lengst nede i vassdraget (0,27-3,62 mg/l), men selv om kaliumnivået avtok oppover i

vassdraget var forskjellene ikke så store som hos en rekke andre parametre. Verdiene i Råelva og Hofstadelva varierte fra 0,24 til 4,92 mg/l. De laveste kaliumverdiene ble målt i Børsethelva (0,26-0,71 mg/l), som var noe lavere enn verdiene fra Stjørdalselva (0,32-1,20 mg/l).

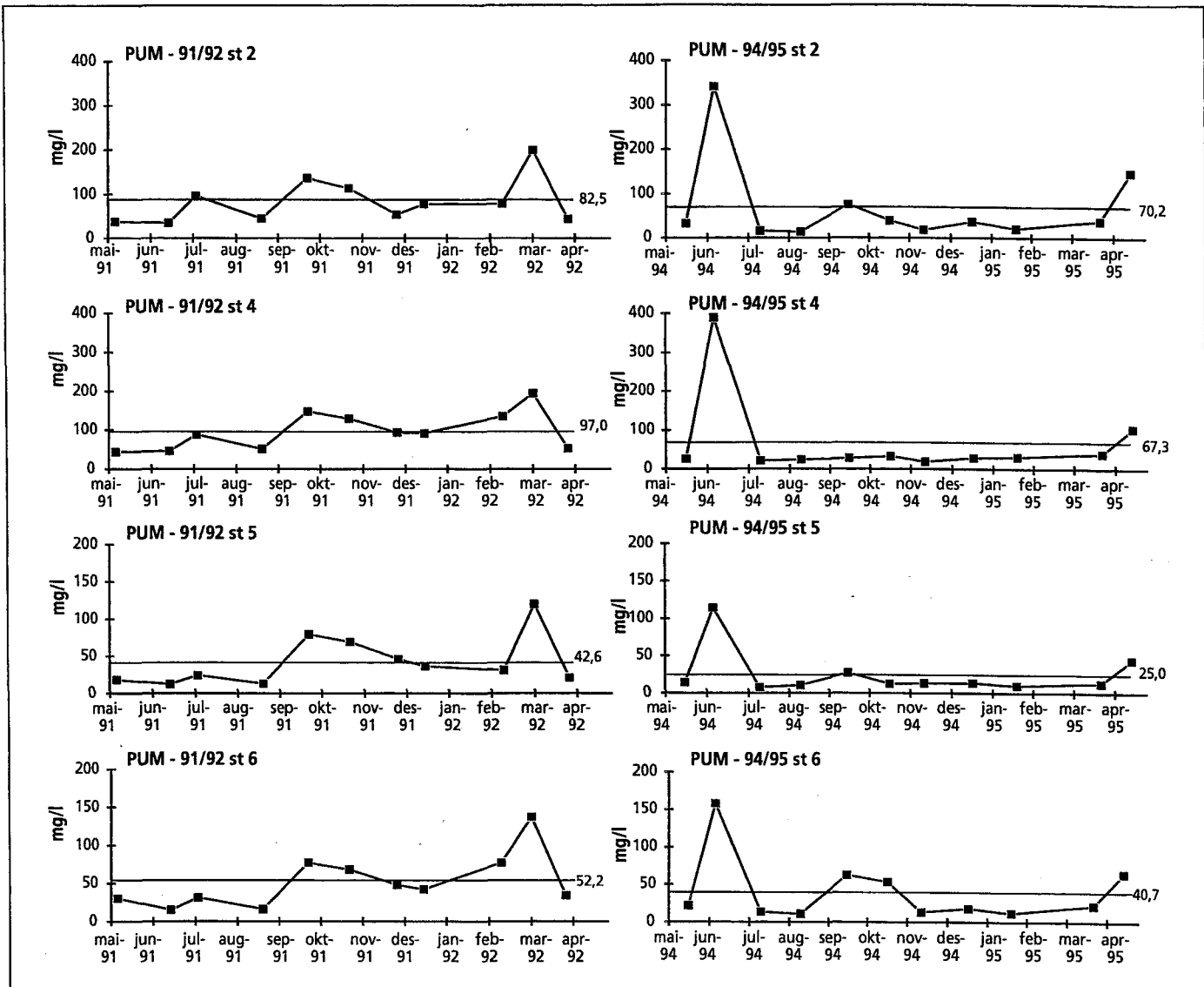
Sulfat: På samme måte som kalium var verdiene for sulfat høyest på de nederst stasjonene i Gråelva (3,50-18,75 mg/l) og lavest i Børsethelva (0,33-3,71 mg/l) og i Stjørdalselva (1,57-2,51 mg/l). Verdiene på de øvrige stasjonene varierte mellom 1 og 11 mg/l.

Nitrogen (nitrat og total-nitrogen): Gjennomsnittsverdiene for nitrat lå på et jevnt høyt nivå i Gråelva, omlag 500 µg/l på alle stasjoner, med unntak av Børsethelva (171 µg/l) og Hofstadelva (329 µg/l (st. 15) og 348 µg/l (st. 14)). I Stjørdalselva var nitratverdiene lavest (3 - 170 µg/l).

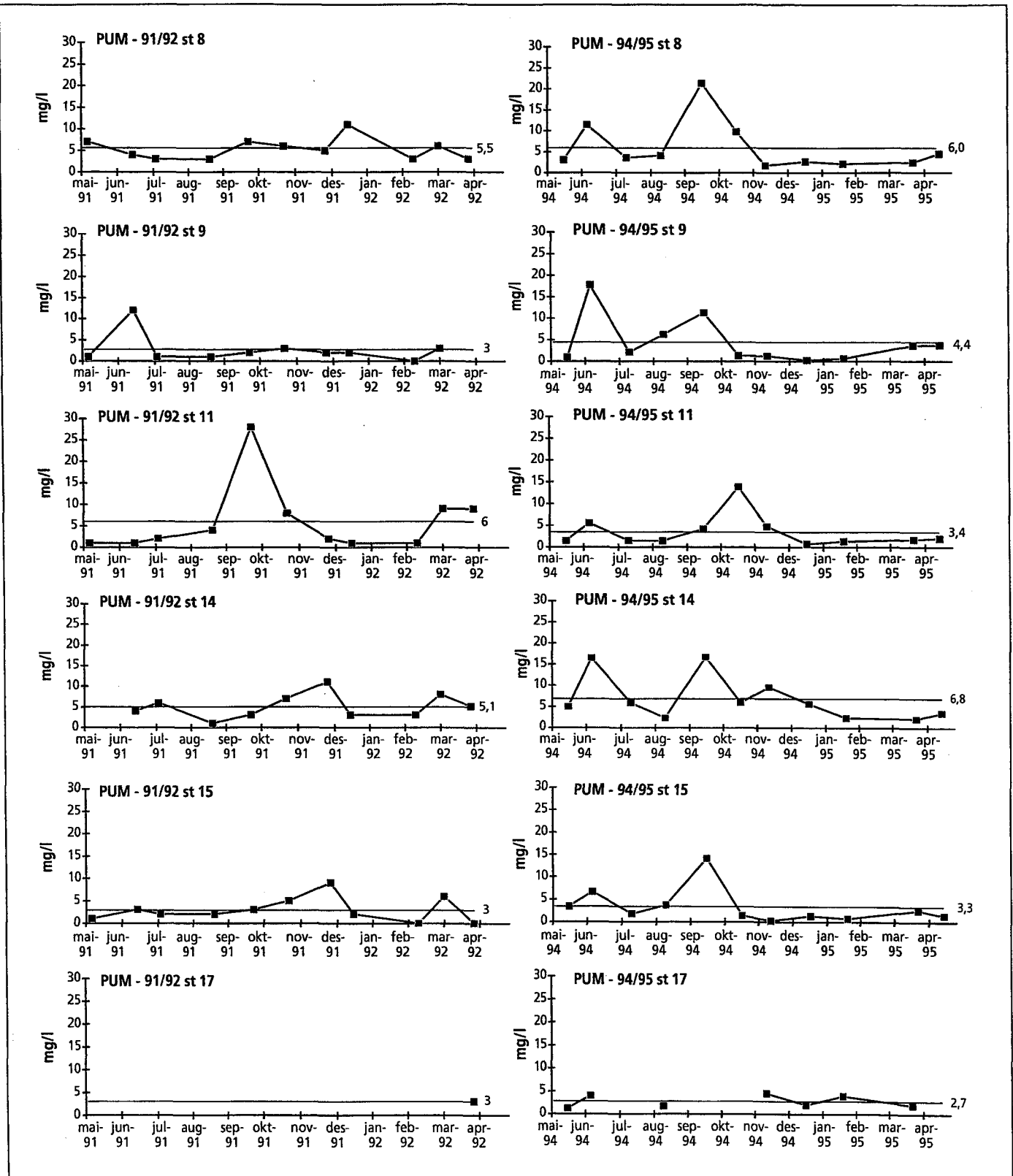
Gjennomsnittsverdiene for total-nitrogen var høyere i midtre del (st 6, 1124 µg/l) og øvre del av Gråelva (st 8, 1031 µg/l). Verdiene var betydelig lavere i Børsethelva (480 µg/l) og i Hofstadelva ((st. 14, 553 µg/l) og (st.15, 696 µg/l)), men lavest i Stjørdalselva 294 µg/l.

Silisium: Gjennomsnittlig innhold av silisium varierte fra 1-2,2 mg/l på alle stasjonene, med unntak av Børsethelva (0,86 mg/l) og Stjørdalselva (0,56 mg/l).

Fosfor (fosfat og total-fosfor): Gjennomsnittsverdiene for fosfat og totalfosfor var svært høye nederst i Gråelva,



Figur 3A Innholdet av uorganiske partikler i nedre del av Gråelva (st. 2, 4, 5 og 6) før (1991-92) og etter (1994-95) steinsetting. Content of inorganic particles in the lower part of the River Gråelva (st. 2, 4, 5 og 6) before (1991-92) and after (1994-95) the reconstruction period.



Figur 3B Innholdet av uorganiske partikler på stasjonene ovenfor steinsetting (st 8) og i sideelvene Råelva (st 9), Børsethelva (st 11), Hofstadelva (st 14 & 15) samt i Stjørdalselva (st 17), før (1991-92) og etter (1994-95) steinsetting. Gjennomsnittsverdiene er angitt med stiplede linje og verdi. Content of inorganic particles upstream the reconstruction area (st 8) and in the tributaries Råelva (st. 9), Børsethelva (st 11), Hofstadelva (st 14 & 15) and the main watercourse Stjørdalselva (st 17), before (1991-92) and after (1994-95) the reconstruction period. Mean values are marked by dotted line and value.

henholdsvis 55 µg PO₄/l og 100 µg tot-P/l. I de steinsatte delene av vassdraget var innholdet lavere, henholdsvis 21 og 44 µg/l og på samme nivå som i Råelva (24 og 41 µg/l). I Hofstadelva (st. 14) var verdiene noe lavere, henholdsvis (14 og 33 µg/l), men de laveste verdiene ble målt i Børsethelva (5 og 13 µg/l) og i Stjørdalselva (5 og 9 µg/l).

Forholdstallet mellom totalfosfor og orthofosfat (= fosfat iflg. Norsk standard), er mindre i nedre del av Gråelva enn på referansestasjonene lengst oppe. Det er høyest andel av biotilgjengelig fosfor (Ortho-P) på de nederste stasjonene i Gråelva (7-10x). Her er imidlertid 70 % av fosforet bundet i leira ((Tot-P) - (Ortho-P))/Tot-P mot 30 % lenger oppe. Relativt sett er det derfor mest utnyttbart fosfor for biologisk produksjon på de nederste stasjonene.

Partikulært materiale. Innholdet av partikulært uorganisk materiale (PUM) er ekstremt høyt i nedre deler av Gråelva på stasjon 2 og 4, men avtar oppover i vassdraget. Verdiene på referansestasjonene 9, 11, 14 og 15 er relativt lave og på samme nivå som Stjørdalselva ovenfor samløp med Gråelva. Variasjon og utvikling i partikkelinnhold på de enkelte stasjonene før og etter steinsetting i midtre deler av Gråelva er vist i figur 3.

Totalt organisk karbon. Innholdet av organisk karbon er ikke målt i hele perioden. Verdiene ligger i størrelsesorden 3-4 mg/l på alle stasjonene, med unntak av Stjørdalselva der verdiene ligger mellom 1,5-2,5 mg/l.

ANC. Syrenøytraliserings-kapasiteten er høy i hele Gråelva, og selv om verdien er betydelig lavere i Stjørdalselva er den god på alle stasjonene.

4.2 Bunndyr

Bunndyrfaunaen i Gråelva er generelt dominert av døgnfluer (*Ephemeroptera*) og fjærmygg (*Chironomidae*). I øvre deler av vassdraget øker innslaget av steinfluer (*Plecoptera*) og «Andre grupper» som andre insektlarver, snegler (*Gastropoda*) og små muslinger (*Mollusca*). Både arts-mangfold og tetthet av bunndyr er generelt høyest lengst oppe i vassdraget. Den totale bunndyrtettheten har økt i det steinsatte området (st 4.1 og 4.2), fra 1119 til 1505 individer pr. m², og det er spesielt tettheten av døgnfluelarver som har økt, fra 167 i perioden før til 904 individer pr. m² perioden etter steinsettingen (figur 4 og 5, vedlegg II). Det er registrert høye tettheter av døgnfluer, spesielt den viktige byttedyrarten for fisk (*Baetis rhodani*), på stasjonene der steinsetting er foretatt. Det er også registrert relativt høye tettheter av steinfluer og vårfluer (*Trichoptera*) i de steinsatte områdene, mens tettheten av fjærmygg er lavere enn før inngrepet. Bunndyrresultatene vil presenteres mer i detalj i senere arbeider (Aagaard, under bearb.)

4.3 Fisk

For å dokumentere eventuelle endringer i fiskebestanden i Gråelva er undersøkelsene konsentrert til ungfiskstudier,

som inkluderer årsyngel (0+) og eldre ungfisk (≥ 1+). Voksenfisk er omhandlet i rapporten fra forstudiene (Berger et al. 1994).

4.3.1 Ungfisk

Laksunger finnes bare i nedre deler av Gråelva og oppover i Hofstadelva. Tettheten er lav (20 individer pr. 100 m² inklusive 0+), og tilsvarende lav som før inngrepet. Tettheten av aure øker oppover i vassdraget og er høyest i side-elvene Råelva, Børsethelva og øverst i Hofstadelva. Selv om tetthetene er høyest på referansestasjonene øverst i vassdraget har yngeltettheten (0+) økt betydelig også i den steinsatte delen, spesielt fra 1993 til 1995 (tabell 3, vedlegg 3).

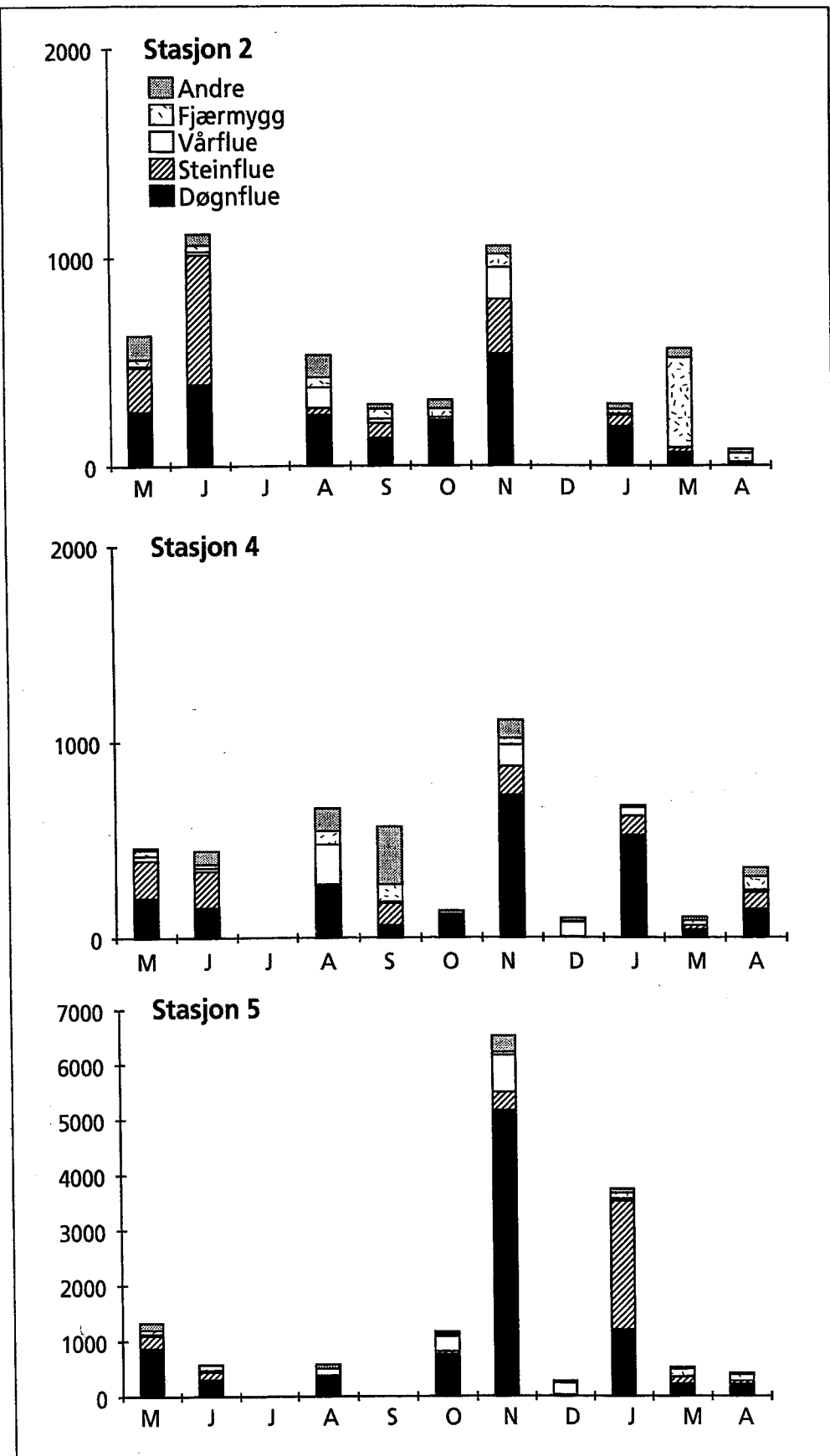
Det var lavere tettheter av aure på stasjonene nederst i Gråelva i 1992 sammenlignet med 1991. Etter 1993 har tetthetene av 0+ aure økt i Gråelva generelt, og i referanseområdene øverst i Råelva og Børsethelva spesielt (figur 6, vedlegg 3) I Råelva har tetthetene av 0+ aure økt fra 327 individer pr. 100 m² i 1991 til 856 individer pr. 100 m² i 1995, mens tettheten av eldre ungfisk (≥ 1+) av aure har økt tilsvarende fra 117 til 261 individer pr. 100 m². Det er en signifikant økning i 0+ aure i Råelva (st 9, Spearman rank = 0.900, N = 5, p = 0.037).

I Gråelva totalt sett har tettheten av 0+ aure økt fra 43 individer pr. 100 m² i 1991 til 73 individer pr. 100 m² i 1995. Tilsvarende tettheter for eldre ungfisk (≥ 1+) av aure var henholdsvis 20 og 28 individer pr. 100 m² (Spearman rank, S = 0.900, N = 5, p = 0.037).

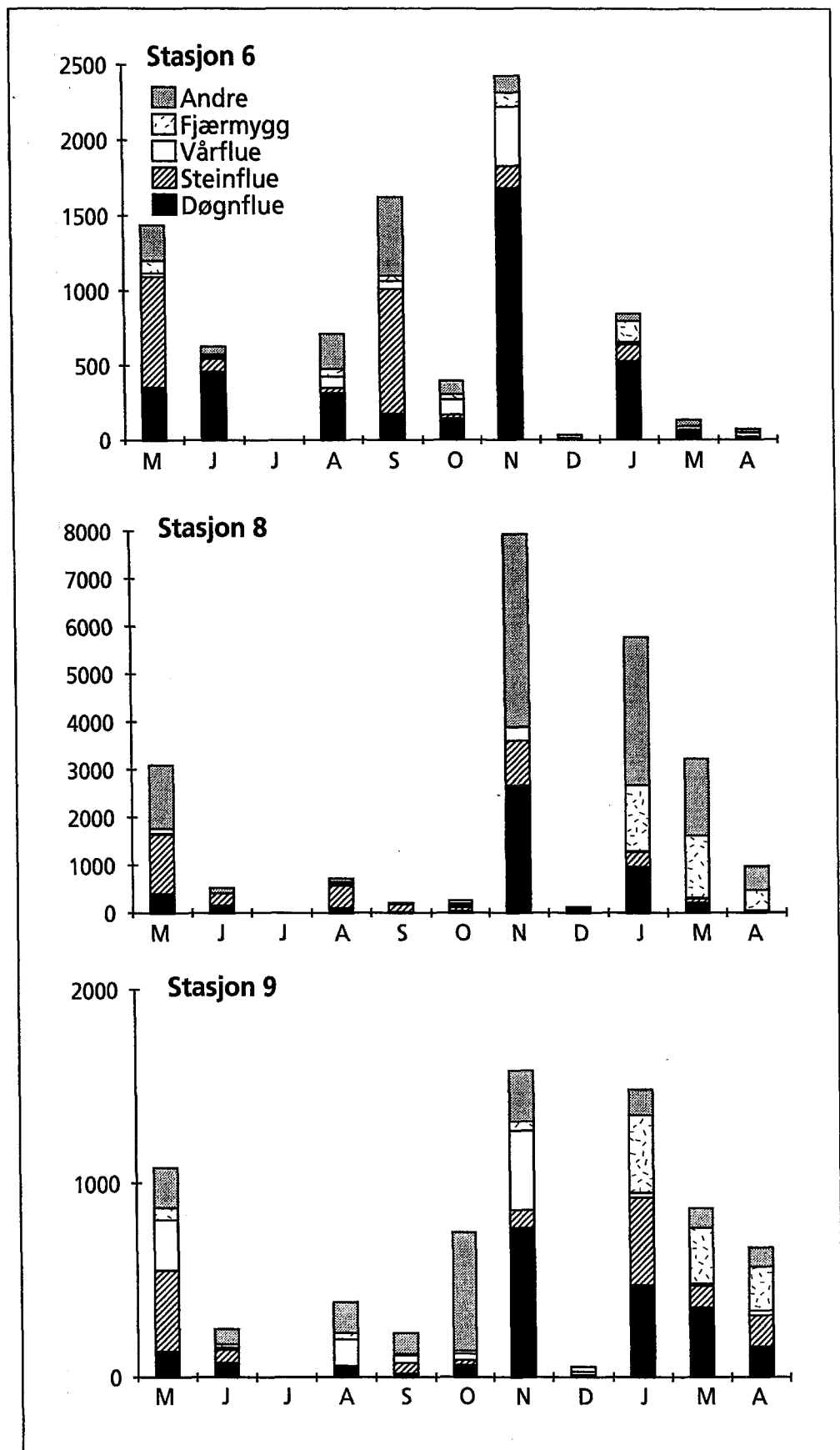
Innenfor steinsettingsområdet har tettheten av aure 0+ hatt en økende tendens fra 1991 til 1995 (figur 6), men økningen er ikke signifikant når en tar for seg hele prosjektperioden (Spearman rank, S = 0.300, N = 5, p = 0.0624). Det er på samme måte en økende tendens i tetthet av 0+ laks i steinsettingsområdet (Spearman rank, S = 0.872, N = 5, p = 0.054), men dette skyldes at det ikke ble fanget 0+ laks før steinsettingen i dette området. Mer detaljerte opplysninger om tettheten av ungfisk på de enkelte stasjoner fremgår av vedlegg 3.

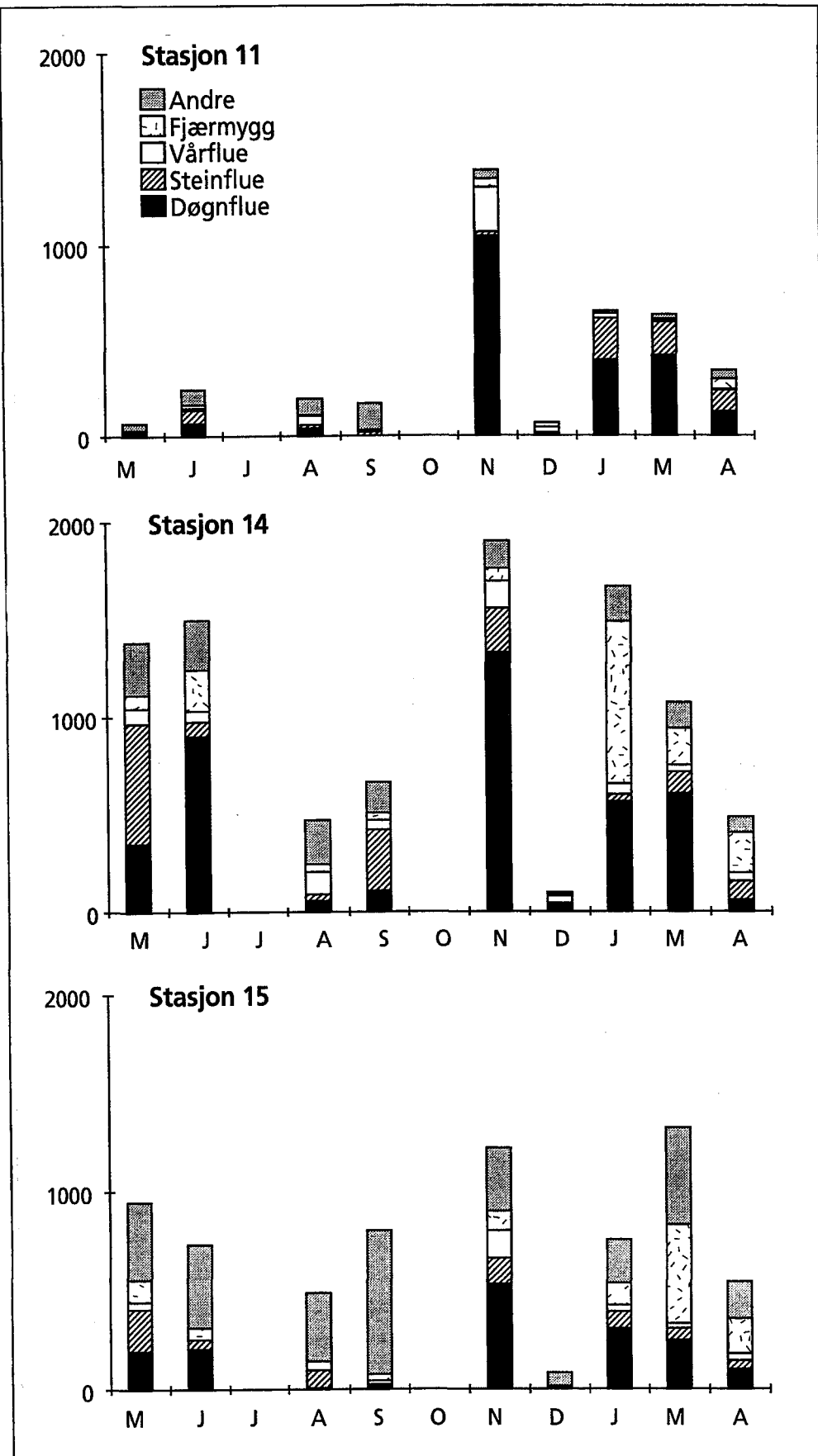
4.4 Økologiske interaksjoner, vannkvalitet, bunndyr- og fiskefauna

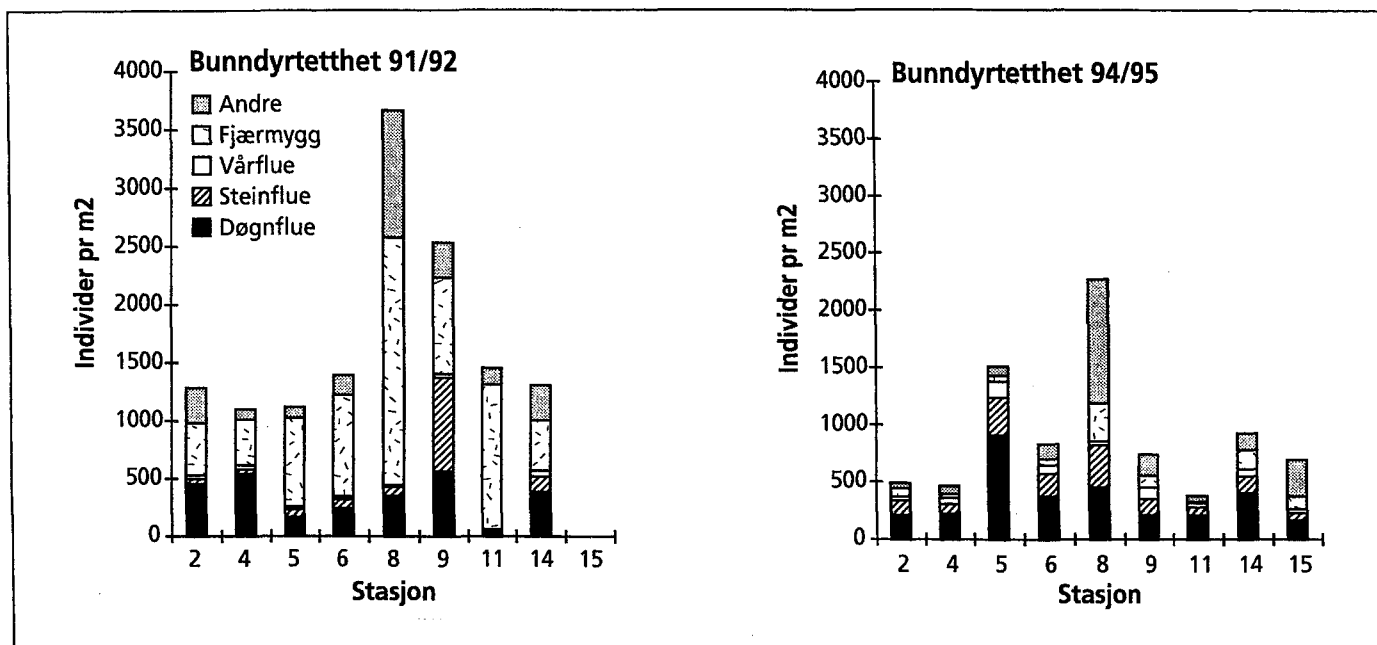
Resultatene av partikulært uorganisk materiale (PUM = P), og kvantitative undersøkelser av bunndyr-(B) og fisketetthet (F) er sammenstilt i figur 7. Ungfiskmaterialet representeres ved samlet tetthet av laks og aure for 1991 (forstudiene) og 1995 (etter steinsetting). Hovedresultatet fra forstudiene (1991-92) var avtakende produksjon av bunndyr og fisk med økende innhold av partikler. Det samme inntrykket gjenspeiles i perioden 1994-95, men det er tydelig forbedringer i vannkvalitet (mindre partikkelinnhold) i midtre og nedre deler av vassdraget.



Figur 4. Bunndyrmengder (antall individer pr. m²) til ulike tider og på forskjellige stasjoner i Gråelva for årsperioden mai 1994-april 1995. - The number of invertebrates (individuals per m²) during the one year period May 1994 to April 1995 at different localities in the River Gråelva.







Figur 5. Gjennomsnittlige bunndyrmengder (antall individer pr. m²) på de enkelte stasjoner i Gråelva årsperioden 1991-92 og 1994-95. Mean number of invertebrates (individuals per m²) during the one year period May 1991 to April 1992 and May 1994 to April 1995 at different localities in the River Gråelva.

Tabell 3. Tetthet av ungfisk i Gråelva perioden 1991-1995.

Aure 0+ Område	Stasjon	1991		1992		1993		1994		1995	
		N	CI	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI
Kyllo	1, 2, 2.1 & 2.2	2,8	0,3	2,9	0,8	*4,7		5,1	0,3	6,9	1,4
Bang	3 & 4	6,3	0,2	4,7	1,5	2,3	0,3	10,4	0,7	8,5	1,5
Anleggsområdet	4.1 & 4.2	72,9	3,5	27,5	3,7	48,6	3,2	40,0	4,0	211,1	8,8
Anleggsområdet	5	65,6	4,7	34,7	9,3						
Sætermarka	6 & 61	249,3	22,8	80,4	6,5	59,7	16,6	50,2	6,0	156,9	8,5
Korstad	71	0,0		0,0		0,0		>0,7		1,5	0,0
Raumodalen	8	7,1	0,0	9,5	0,0	0,0		11,9	0,0	174,1	39,1
Råelva	9	326,6	54,1	147,5	15,0	378,8		459,1	10,3	856,0	29,1
Børsethelva	11	15,9	0,3	Ikke fisket		85,2		662,4	16,4	339,1	35,7
Hofstadelva nedre	14 & 14.1	135,9	22,2	35,0	3,8	163,8	23,8	196,4	15,9	51,1	5,4
Hofstadelva tot	14, 14.1 & 15	149,8	14,8	46,2	4,3	164,4	19,9	169,9	12,3	48,3	4,1
Gråelva totalt	(Aure 0+)	43,1	1,7	18,9	0,9	54,5	3,6	61,2	1,3	72,7	1,8

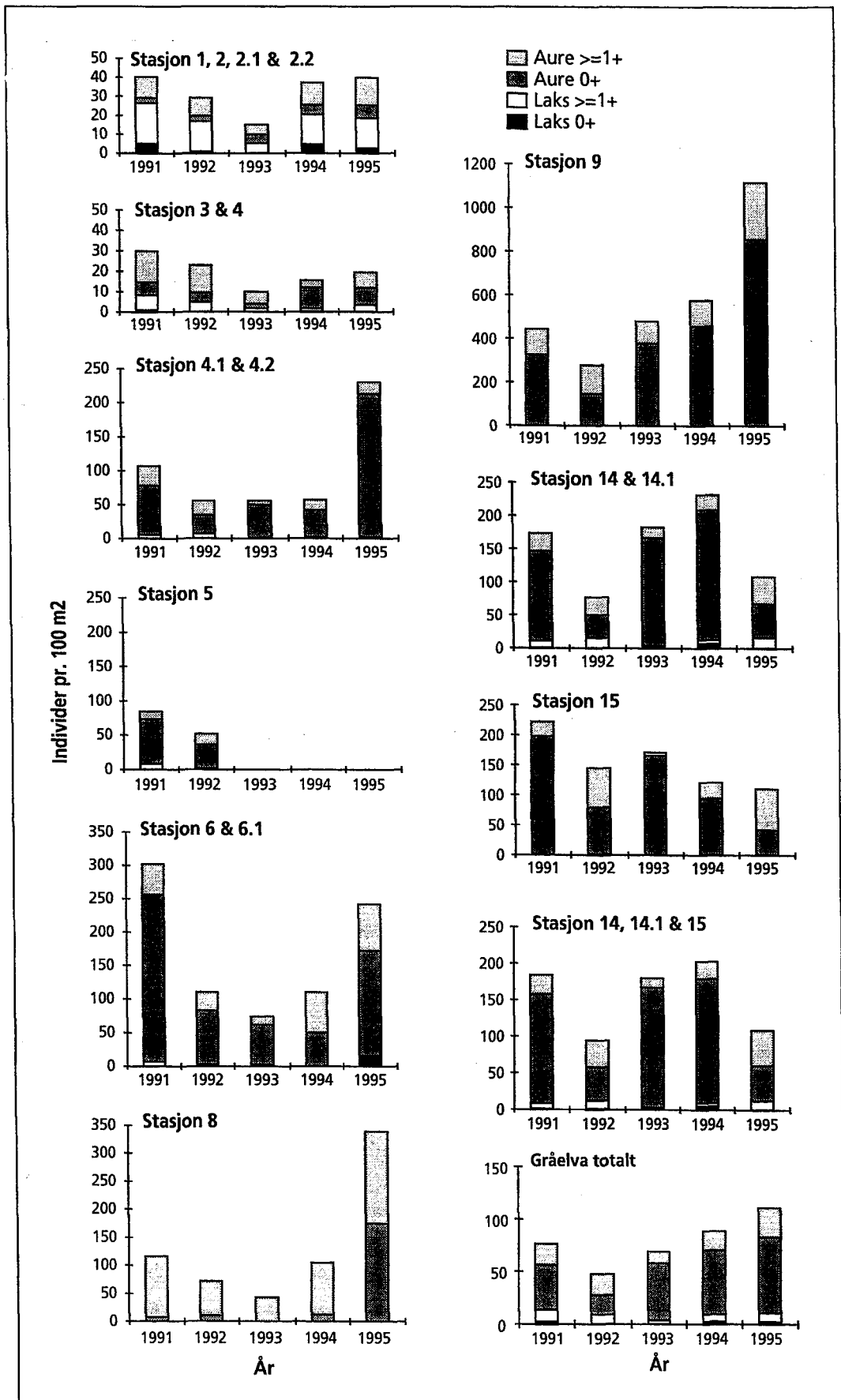
Tabell 3 forts.

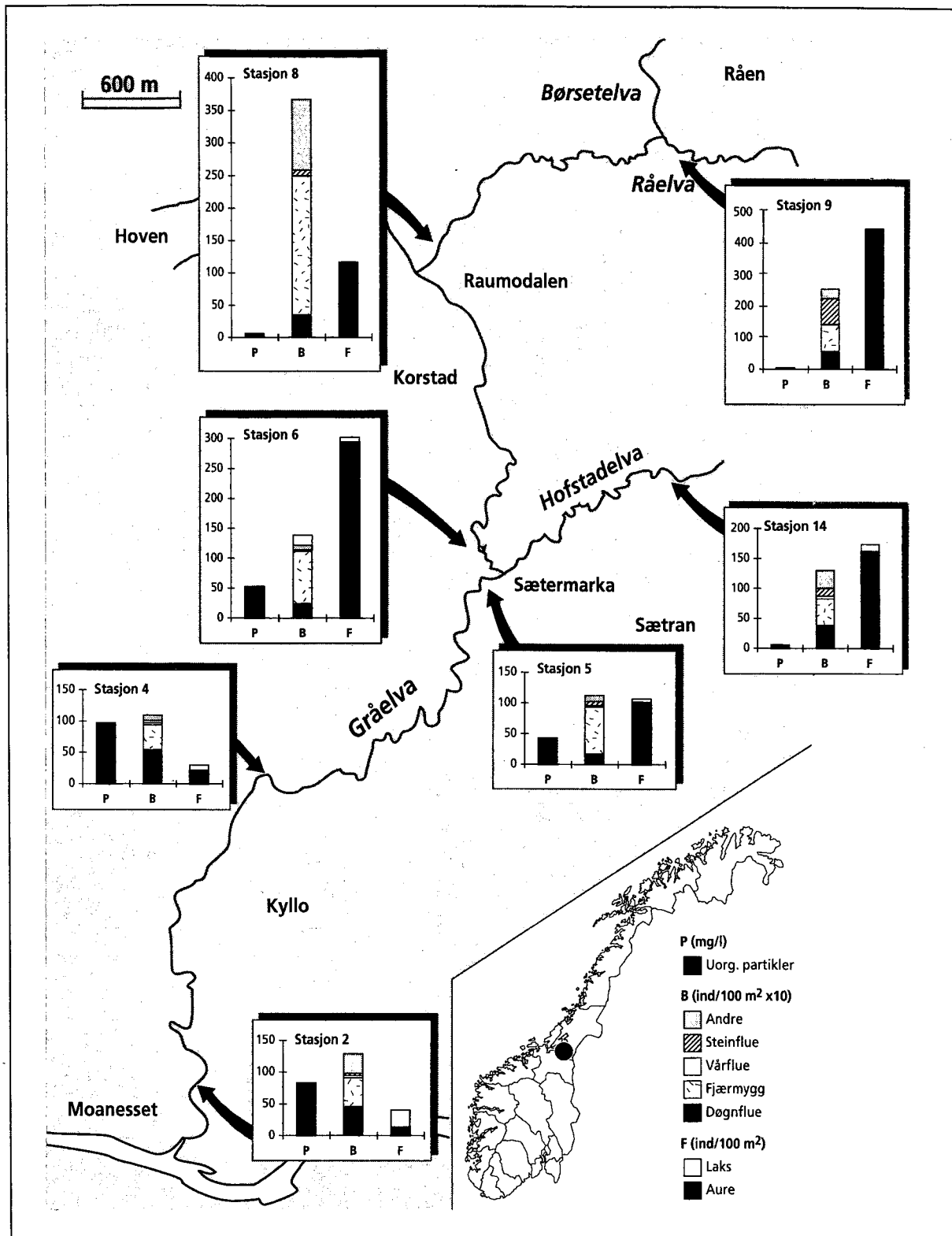
Aure \geq 1+		1991		1992		1993		1994		1995	
Område	Stasjon	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI
Kyllo	1, 2, 2.1 & 2.2	11,0	1,0	9,6	0,3	5,1	0,5	11,5	0,8	14,5	1,6
Bang	3 & 4	15,2	1,5	13,3	1,5	5,9	1,1	3,3	0,6	7,6	0,4
Anleggsområdet	4.1 & 4.2	28,7	15,7	20,8	7,5	*6,1		14,7	1,5	17,1	0,5
Anleggsområdet	5	10,6	1,8	15,7	0,4	ikke fisket		ikke fisket		ikke fisket	
Sætermarka	6 & 61	45,6	1,1	27,4	1,4	12,5	0,2	60,1	2,1	69,4	4,7
Korstad	71	4,0	2,5	25,8	4,8			20,2	1,0	13,7	1,3
Raumodalen	8	108,9	4,9	62,0	0,9	42,4	6,2	92,1	8,8	164,5	9,1
Råelva	9	116,9	1,9	130,1	8,8	101,7	18,1	117,6	10,4	261,0	13,4
Børsethelva	11	54,5	2,0	ikke fisket		18,0	2,5	34,9	0,4	46,7	2,4
Hofstadelva nedre	14 & 14.1	26,5	3,8	26,6	2,9	*15,4		22,5	6,2	41,0	1,2
Hofstadelva tot	14, 14.1 & 15	25,9	3,2	36,2	4,4	*12,9		23,5	5,3	48,1	1,0
Gråelva totalt 1991	(Aure \geq 1+)	19,6	0,6	19,7	0,6	11,0	1,0	18,3	0,5	28,0	0,5

Laks 0+		1991		1992		1993		1994		1995	
Område	Stasjon	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI
Kyllo	1, 2, 2.1 & 2.2	4,9	1,2	0,9	0,2	0,0		4,6	0,6	2,5	4,4
Bang	3 & 4	0,8	0,0	0,0		0,0		0,3	0,0	0,0	
Anleggsområdet	4.1 & 4.2	0,0		0,0		0,7	0,0	0,3	0,0	>1,0	
Anleggsområdet	5	0,0		0,0		0,0					
Sætermarka	6 & 61	0,0		0,0		0,0		0,0		13,1	
Korstad	71	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Raumodalen	8	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Råelva	9	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Børsethelva	11	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Hofstadelva nedre	14 & 14.1	0,9	0,6	0,4	0,0	0,0		6,7	6,3	>0,4	
Hofstadelva tot	14, 14.1 & 15	0,7	0,5	0,6	0,0	0,0		4,9	4,7	>0,3	
Gråelva totalt	(Laks 0+)	2,0	0,3	0,4	0,1	0,1	0,0	2,4	0,3	2,0	1,6

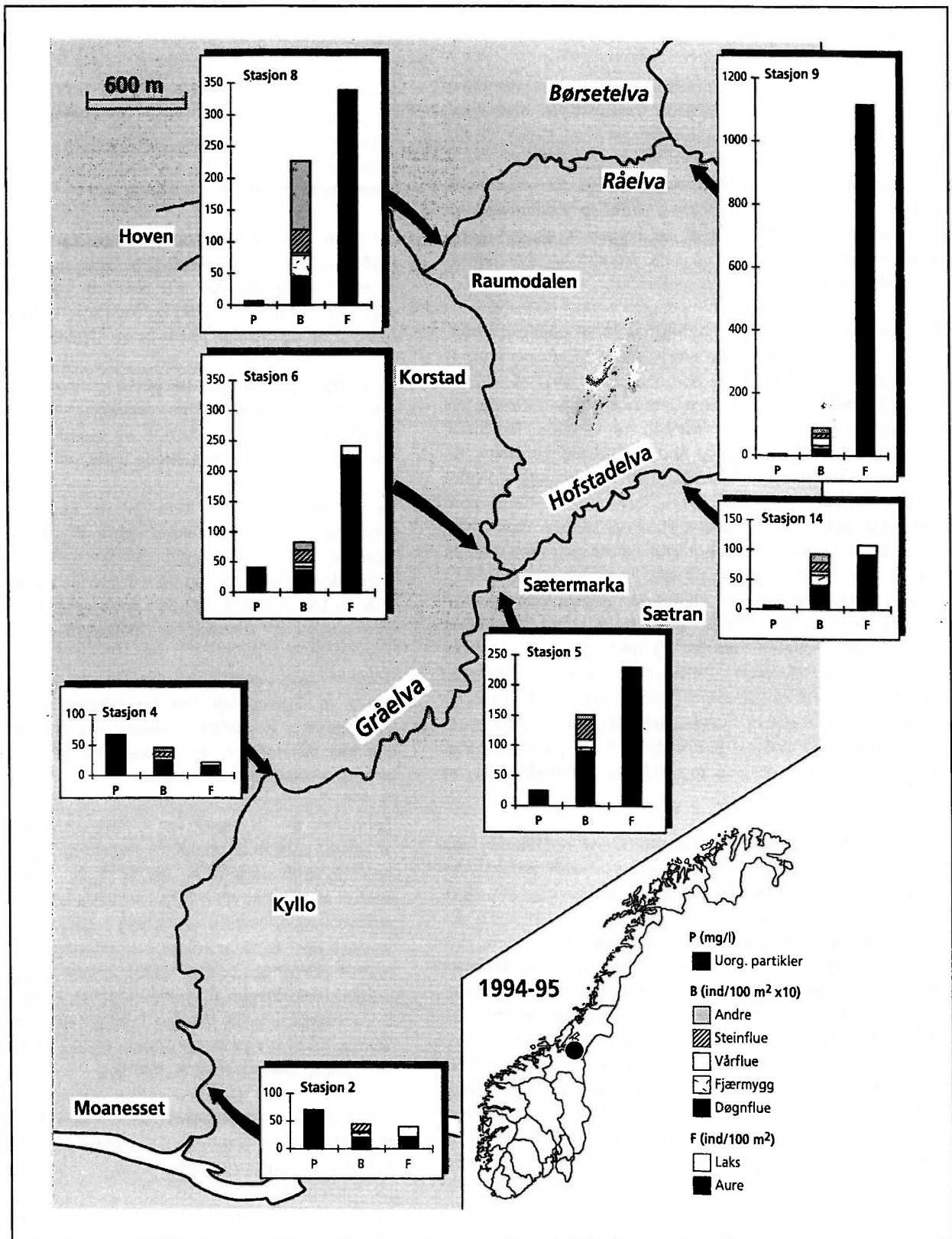
Laks \geq 1+		1991		1992		1993		1994		1995	
Område	Stasjon	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI	N	CI
Kyllo	1, 2, 2.1 & 2.2	21,4	1,0	15,8	1,4	5,2	1,2	15,7	0,6	15,8	1,1
Bang	3 & 4	7,4	0,5	4,8	0,6	>1,7		>1,3		3,4	0,3
Anleggsområdet	4.1 & 4.2	5,3	0,0	6,8	2,0	0,0		1,7	0,1	>0,7	
Anleggsområdet	5	8,2	0,5	1,3	0,0						
Sætermarka	6 & 61	7,0	1,6	2,3	1,5	>2,1		0,0		2,3	1,5
Korstad	71	0,0		0,0				0,0		0,0	
Raumodalen	8	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Råelva	9	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
Børsethelva	11	0,0				0,0		0,0		0,0	
Hofstadelva nedre	14 & 14.1	10,0	0,3	14,9	9,0	>3,5		6,0	2,5	15,5	3,9
Hofstadelva tot	14, 14.1 & 15	7,4	0,2	11,1	6,7	>2,6		4,5	1,8	11,7	2,7
Gråelva totalt	(Laks \geq 1+)	11,4	0,3	8,4	0,6	3,3	1,4	6,8	0,3	8,2	0,5

Figur 6. Beregnet tetthet (individer pr 100 m²) av årsyngel (0+) og eldre ungfisk ($\geq 1+$) av laks og aure fanget ved el-fiske i Gråelva 1991, 1992, 1993, 1994 og 1995. - Density (number of individuals per 100 m²) of fry (0+) and parr ($\geq 1+$) of Atlantic salmon and anadromous brown trout caught by electro-fishing in the River Gråelva 1991, 1992, 1993, 1994 and 1995.





Figur 7. Partikkelinnhold (**P** = PUM)(mg/l), bunndyrmengder (**B**)(antall individer pr. 10 m²) og fisketetthet (**F**)(antall individer pr. 100 m²) i Gråelva fra forstudiene 1991-92 og for årsperioden 1994-95, dvs. etter at stabiliseringstiltakene var kommet i gang. - The content of dissolved inorganic particles (**P** = PUM)(mg/l) compared to the density of invertebrates (**B**)(number of individuals per 10 m²) and fish (**F**)(number of individuals per 100 m²) in the River Gråelva before the reconstruction (1991-92) compared to the period 1994-95; i.e. after the reconstruction was started.



5 Diskusjon

Effekter av leirslam på vannkvalitet, bunndyr- og fiskefauna er grundig diskutert i forhold til eksisterende litteratur i rapporten fra forundersøkelsene (Berger et al. 1994), og det henvises til denne for nærmere informasjon. Tiltaket med steinsetting er nå nærmest avsluttet i deler av vassdraget. Det gjenstår å legge ut grus for å bedre gyteforholdene for laks- og sjøaure. I tillegg skal det legges ut en del større steiner enkelte steder for å øke tilbudet av potensielle ståsteder for voksenfisk på oppvandring.

Det har vært en betydelig bedring av vannkvaliteten innenfor og tildels nedstrøms de områdene av Gråelva som er steinsatt. Fargetallet og partikkelinnholdet viser at utvaskingen av leire har blitt mindre. Vannkvaliteten forøvrig har ikke endret seg vesentlig, bortsett fra verdiene for fosfat som også har gått betydelig ned nedstrøms de steinsatte områdene. Verdiene for fosfat er likevel høye sammenlignet med referansestasjonene. Dette har sammenheng med fortsatt utvasking av fosfatrik leire. Innholdet av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) og totalnitrogen (Tot-N) har ikke endret seg vesentlig, og det er fortsatt høye verdier på alle stasjonene med unntak av Børsethelva som ligger ovenfor de viktigste jordbruksområdene i nedbørfeltet. Ifølge Alabaster & Lloyd (1982) kan en påregne subletale skader på laksefisk ved partikkelinnhold over 25 mg/l. Selv om nivået av oppløste uorganiske partikler fortsatt er høyere enn 25 mg/l i store deler av vassdraget er Gråelva blitt betydelig renere, spesielt innenfor de steinsatte områdene. I disse områdene er det således sannsynlig at livsvilkårene for både aure og laks vil bli bedre.

Bunndyrtettheten i de steinsatte områdene har tatt seg opp og gruppesammensetningen er endret. Dette antas å ha sammenheng med økt lystilgang og sannsynlig økt algeproduksjon og derved bedre næringsvilkår for ulike insektlarver. Steinsettingen av elvebunnen har ført til mer ujevn og større overflate og derved flere mikrohabitat for bunndyr. Økningen er størst innenfor gruppen døgnfluer, som sammen med steinfluer og vårfluer, regnes som den mest ettertraktete byttedyrgruppen for eldre ungfisk av aure og laks. Fjærmygglarver er sammen med døgnfluellarver spesielt viktig for årsyngel av aure og laks, og årsaken til at tettheten av fjærmygg er lavere enn før steinsettingen kan skyldes at fjærmygg i større grad er avhengig av bløtbunn for larvene, og at tilgjengelig habitat har blitt mindre som følge av steinsettingen for denne gruppen. En annen mulig årsak til nedgang i tetthet av fjærmygglarver i de steinsatte områdene kan være større predasjonstrykk fra en tettere fiskebestand. En nærmere gjennomgang av mageprøvene vil kunne forklare dette.

Det er registrert at totalproduksjonen av 0+ aure har blitt bedre i Gråelva i prosjektperioden. Tettheten av årsyngel (0+) av aure viser en økende tendens innenfor de steinsatte områdene. Det kan således tyde på at bunnsubstratet og vannkvaliteten er mer egnet for produksjon av bunndyr og

fisk enn før steinsettingen. Økt produksjon av bunndyr har i neste omgang ført til bedre næringsforhold for fisk og således større yngelproduksjon. Det er uklart om økning i ungfiskbestanden skyldes a) bedre skjulmuligheter som følge av steinsettingen eller b) bedre næringsforhold. Sannsynligvis er det en kombinasjon av begge deler. Generelt regner en at skjul er sterkt begrensende faktor for produksjon av ungfisk i rennende vann.

Selv om Gråelva etter steinsetting har fått flere hulrom mellom steiner og i steinfillingen langs land har vannet blitt renere og skjuleffekten fra det grå vannet blitt mindre. Kantvegetasjonen og røtter og trær som tidligere lå i elva er blitt fjernet, og dermed ført til færre skjulmuligheter for fisk.

Tiden fra steinsettingen var ferdig er imidlertid for kort til at man kan forvente store endringer i fiskeproduksjon. Dessuten pågår steinsettingen av vassdraget fortsatt såvel ovenfor og nedenfor de allerede steinsatte områdene.

Det er imidlertid ikke innenfor de steinsatte områdene produksjonen av årsyngel har økt mest. Økningen i produksjon har i hovedsak foregått i Råelva og Børsethelva, mens Hofstadelva har holdt seg på samme nivå. En kan imidlertid ikke se bort fra at økningen i fiskeproduksjon i Råelva og Børsethelva er påvirket av steinsettingen i vassdraget. Vannkvaliteten nedover i vassdraget har blitt bedre og tidligere vandringshindre er fjernet, og det er derfor sannsynlig at tilgjengeligheten for oppvandrende sjøaure til gyteplassene er bedret. Tettheten av årsyngel og ungfisk fisk har ikke endret seg tilsvarende på stasjonene nedstrøms de steinsatte områdene.

Tettheten av årsyngel er i flere sammenhenger ikke akseptert som et godt mål for fiskeproduksjon på grunn av normalt store variasjoner fra år til år. I forbindelse med studier av effekter som følge av ulike typer forurensing, er det imidlertid vanlig og nødvendig å studere yngelstadiet for å fange opp korttidseffekter (rekrutteringssvikt): f. eks. sur nedbør (Hesthagen et al. 1992), gruver (Langeland 1992), breslam (Hesthagen & Fjellheim 1987), landbruk (Bergheim & Hesthagen 1987, Berger 1988), vannrensing (Berger 1994a, 1994b) oljeutslipp (Lund et al. 1996) og anleggsvirksomhet (Jacobsen et al. 1988).

Ved bruk av elektrisk fiskeapparat til tetthetsberegninger er det viktig å ta hensyn til fangsteffektiviteten. I turbid vann er det ofte vanskeligere å fange små bunnlevende fisk når den blir immobilisert enn i klart vann (Cowx & Lamarque 1990). Resultatene fra Gråelva viser god fangsteffektivitet ($p > 50$) ved alle fiskeregistreringene med unntak av 0+ laks på de to nederste stasjonene. Det er således sannsynlig at tettheten av 0+ laks i nedre deler av Gråelva er noe underestimert, og at dette har sammenheng med at lakseyngelen er små (mindre enn aureyngelen), og at partikkelinnholdet (turbiditeten) i vannet er høyt. Tetthetstallene av 0+ laks er imidlertid så lave at de har liten betydning for fiskeproduksjonen totalt sett for vassdraget.

Over 50 eldre ungfisk ($\geq 1+$) av aure pr. 100 m² er alminnelig akseptert som høy tetthet. Totaltettheten av aure ($\geq 1+$) i Gråelva, som var lav før steinsettingen kom i gang (19,6 individer pr. 100 m²), er nå middels god (28 individer pr. 100 m²). Med den økningen i tetthet av 0+ aure som er påvist både i de delene av vassdraget som er steinsatt og i de uberørte områdene lengst oppe, er det rimelig å forvente en økning i total ungfisktetthet av aure i Gråelva de nærmeste årene.

Ungfiskproduksjonen varierer imidlertid sterkt fra år til år i de enkelte vassdrag avhengig av rekrutteringen de enkelte år. Tettheten av eldre ungfisk ($\geq 1+$) eller smoltutgangen er et bedre mål. En må således vente noen år til steinsettingen er fullført, og følge fiskeproduksjonen over tid før en kan dokumentere den endelige produksjonsgevinst for laks og aure i Gråelva. Det er først i 5-årsperioden etter at steinsettingen er avsluttet (etter år 2 000) at en kan regne med å måle de endelige effektene av tiltaket.

6 Konklusjon

Norsk institutt for naturforskning (NINA) har fulgt utviklingen i vannkvalitet, bunndyr og fisk på 10 stasjoner i Gråelva siden 1990. Ferskvannssamfunnet i Gråelva er karakterisert ved klarvannsområder rike på bunndyr og fisk i øvre deler av vassdraget. Lenger nede er vannkvaliteten i elva sterkt påvirket av utvasket marin leire, med færre arter bunndyr og lavere tettheter av bunndyr og fisk. Hovedfaktoren som forklarer forskjellene i vannkvalitet, bunndyrdiversitet og tetthet av bunndyr og fisk er suspendert uorganisk materiale, leire. Stabilisering av elvebunnen med stein har ført til positiv effekt på vannkvalitet, ved lavere turbiditet og lavere innhold av uorganiske partikler i vannet nedstrøms de steinsatte områdene. Rekoloniseringen av bunnfauna og yngre årsklasser av fisk i anleggsområdet synes å være god og har foregått raskere enn forventet. Det er totalt for Gråelva registrert en økning i fisketetthet i de yngre årsklasser av aure og laks.

7 Litteratur

- Alabaster, J.S. & Lloyd, R. 1982. *Water Quality Criteria for Freshwater fish*. 2nd ed. - Butterworth scientific publ. London.
- Andreassen, S.A. 1986. Stjørdal kommune, Forurensningstilstanden i vassdrag i 1986. (Foreløpig rapport) 19s + vedl.
- Berger, H.M. 1987. Fisk og forurensning i sidebekker til Stjørdalselva, Gråelva og Langsteinelva. 87s + vedl.
- Berger, H.M. 1988. Fisk og forurensning i Stjørdal kommune. - Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvern-avd. Rapp. nr 7-1988. 28s + vedl.
- Berger H. M. 1994a. Utslipp fra vannrenseanlegg i Tavlåa, Namsos kommune i Nord-Trøndelag. Effekter på ferskvannskosystemet. - NINA Oppdragsmelding 327: 1-25.
- Berger H. M. 1994b. Utslipp fra vannrenseanlegg i Leksa, Stjørdal kommune i Nord-Trøndelag. Effekter på ferskvannskosystemet. - NINA Oppdragsmelding 328: 1-25.
- Berger, H.M., Breistein, J.B., Nøst, T.H. & Larsen, B.M. 1994. Effekter av redusert slamtilførsel på vannkvalitet, bunn- og fiskefauna i Gråelva. Forundersøkelser 1990-1992. - NINA Oppdragsmelding 291: 1-35.
- Bergheim, A. & Hesthagen, T. 1987. Resipientforhold og fiskebestand i Kvasseheimsåna - et jordbrukspåvirket lakseførende vassdrag på Jæren. - Vann nr. 1-87.
- Bogen, J. 1986. Erosjonsprosesser og sedimenttransport i norske vassdrag. Utredning av forvaltningsansvar, faglig status og forskningsbehov. - Norsk Hydrologisk Komite. Rapport nr. 20 - Oslo.
- Bohlin, T. 1984. Kvantitativt elfiske etter lax och øring - synspunkter och rekommendasjoner. - Informasjon från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. Nr. 4, 1984.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Brusven, M.A. & Prather, K.V. 1974. Influence of Stream sediments on distribution of macrobenthos. - *J. Entomol. Soc., Brit. Columbia* 71: 25-32.
- Chutter, F.M. 1969. The effects of Silt and Sand on the Invertebrate Fauna of Streams and Rivers. - *Hydrobiologia* 34: 57-76.
- Cordone, A.J. & Kelley, D.W. 1961. The influences of Inorganic Sediment on Aquatic Life of Streams. - *California Fish and Game Vol 47, Nr 2, Sacramento*, pp: 189-228.
- Cowx, I.G. & Lamarque, P. 1990. *Fishing with Electricity. Applications in Freshwater Fisheries Management*. - Blackwell Scientific Publications.
- Fremstad, E. 1992. Vegetasjon og flora langs Gråelva i Stjørdal, Nord-Trøndelag. - NINA Oppdragsmelding 155: 1-22.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. - *Can. J. Zool.* 49: 167-73.
- Hellawell, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. - *Pollution monitoring series*. - Elsevier applied science publishers, pp. 398-404.
- Herbert, D.W.M. & Mørkens, J.C. 1961. The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. - *Journal of Air and Water Pollution*, 5: 46-55.
- Hesthagen, T., Larsen, B.M., Berger, H.M., Saksgård, R. & Lierhagen, S. 1992. Betydningen av kalsium for tettheten av aureunger i bekker i tre forsurede vassdrag. - NINA Forskningsrapport 025: 1-24.
- Hindar, K., L'Abée-Lund, J.H., Jensås, J.G., Møkkelgjerd, P.I., Balstad, T. & Arnekleiv, J.V. 1996. Effekter av flommen i 1995 på bestanden av laks- og ørretunger i Gaula. - NINA Oppdragsmelding 431: 1-12.
- Hynes, H.B.N. 1960. *The Biology of Running Waters*. - Liverpool: University Press, 4th ed. 1971.
- Jacobsen, P., m.fl 1987. Anleggsvirksomhet - fiskedød. Vurdering av årsaker til fiskedød ved G.P. Jægtvik A/S, Langstein. - NIVA-Rapport 103 s.
- Klokk, T. 1980. River bank vegetation along lower parts of the River Gaula, Orkla and Stjørdalselva, Central Norway.
- L'Abée-Lund, J.H. 1985. Aldersbestemmelse av norske ferskvannsfisk. - *Fauna* 38: 44-49.
- Langeland, A. 1992 (ed.) *Pollution impact on freshwater communities in the border region between Russia and Norway. II. Baseline study 1990-1992*. - NINA Forskningsrapport 044: 1-53.
- Lund, R.A., Nøst, T. & Finstad, B. 1996. Effekter på ørret og bunndyr i Vulluelva første året etter massivt oljeutslipp. - NINA Fagrapport 020: 1-26.
- Macan, T.T. 1958. Methods of sampling the bottom fauna in stony streams. - *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.* 8: 1-21.
- Mills, D. 1971. In «*Salmon and Trout: A Resource, its ecology, conservation and management*» - Oliver and Boyd, Edinburgh. pp: 158-159.
- NOS. 1970. Laks- og sjøaurefiske i elvane 1876-1968. - Norges Offisielle Statistikk A347. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Nuttall, P.M. & Bielby, G.H. 1973. The effect of China-Clay Wastes on Stream Invertebrates. - *Environ Pollut.* 5: 77-86.
- Olsen, G.H. 1995. Bruk og utnyttelse av ressursene i Gråelva. En spørreundersøkelse blant grunneiere. - Prosjektoppgave, 3-års studium i utmarksforvaltning, HH avd. Evenstad. 27 s + vedl.
- Pentelow, F.T.K. 1949. Fisheries and pollution from china clay works. - *Rep. Salm. Freshw. Fish. Lond.*, 314 p.
- Rosendal, E. & Heggberget, T.M., 1992. Registrering av oterforekomster i Gråelva, Stjørdal i Nord-Trøndelag. - NINA Oppdragsmelding 174: 1-13.
- Schartau, A.K.L & Nøst, T. 1993. Kjemisk overvåkning av norske vassdrag - Elveserien 1992. - NINA Oppdragsmelding 246: 1-14.

- Surber, E.W. 1937. Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. - Trans. Am. Fish. Soc. 66: 193-202.
- Sægrov, H. & Kálás, S. 1994. Massetransport og silting i Flåmselva i 1992-93. Effektar på rogn, yngel, ungfisk og botndyr. - Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen, Rapport 23 s.
- Waters, T.F. 1995. Sediment in streams. Sources, biological effects and control. - Am. Fish. Soc. Monogr. 7: 1-251.
- Ziebell, C.D. 1960. Problems associated with spawning and growth of salmonids in Northwest Watersheds. - Proc. Seventh Symposium on Water Poll. Res. V.S. Dep. Health Educ., Welfare, Portland, Oregon. P. 28-32
- Zippin, C. 1958. The Removal Method of population estimation. - J. Wildl. Manage. 22: 82-90.

Vedlegg I

Fysiske og kjemiske miljøparametre. Samlet oversikt over fysiske og kjemiske måleresultater fra Gråelva for perioden 1993-1995.

A) Kommentarer til metoder og analyseresultater i vedlegg I:

Vannprøvene som er analysert ved NINA's kjemilaboratorium er analysert på følgende parametre:

Turbiditet, farge, konduktivitet, pH, alkalitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, klorid, nitrat, silisium, aluminiumsfraksjoner, samt at SSS (sum av sterke syrers salter) og ANC (syre-nøytraliserings- kapasiteten) er beregnet.

MERK! Deteksjonsgrenser: Det er kun noen få parametre hvor det er snakk om verdier under deteksjonsgrensen (< - verdier). Det er ikke lagt inn < - verdier, derfor må alle verdier som er under de grensene som her oppgis, ikke behandles som reelle tall.

Følgende metoder ble benyttet ved analysering av prøvene:

Turbiditet (Turb) ble målt nefelometrisk med et HACH Model 2100 A turbidometer. Verdiene ble avlest etter oppristing og evakuering av vannet (Blakar & Odden 1986); (NS 4723). Verdiene er angitt i FTU. Turbiditet er et grovt mål for vannets innhold av partikulært materiale og kan i vid forstand karakteriseres som den nedsatte siktbarheten en forårsaket av disse partiklene. Nedre deteksjonsgrense 0,2 FTU.

Farge ble bestemt spektrofotometrisk på membranfiltrert vann (0,45µm) med Shimadzu UV-160 ved 410 nm i en 5 cm gjennomstrømningskuvette. Fargeverdiene(mgPt/l) ble deretter beregnet som beskrevet av Hongve(1984). (NS 4787). Fargen er et grovt mål på vannets innhold av humuspartikler. Nedre deteksjonsgrense 5mgPt/l.

Konduktivitet (Kond) ble målt med en platinaelektrode tilkopleet et radiometer CDM 80; (NS 4721). Verdiene er angitt i µS/cm ved 25 C. Konduktivitet er et mål på vannets totale ionekonsentrasjon.

pH ble målt potensiometrisk med et Radiometer PHM 84 med separat glass - og calomelektrode; (NS 4720). pH er definert som $-\log(H^+)$ og er altså omvendt proporsjonal med hydrogenion-konsentrasjonen.

Alkalitet (Alk) ble målt ved automatisk titrering til pH=4,5 (Alk_{4,5}) ved hjelp av Radiometer Titrator TTT 80, Radiometer ABU 80 Autoburette og Radiometer PHM 84; (NS 4754). Alkaliteten i µekv/l ble deretter beregnet som beskrevet av Henriksen(1982):

$$\text{Alk} = (\text{Alk}_{4,5} + 31,6) + 0,646 * \sqrt{(\text{Alk}_{4,5} + 31,6)}$$

I surt vann (pH<5,5) er alkaliteten vanligvis negativ. I vannprøver med positiv alkalitet er pH vesentlig bestemt av bikarbonatsystemet (forholdet mellom HCO₃ og CO₂). Alkaliteten er et mål på vannets bufferkapasitet (evne til å nøytralisere tilførsel av syre).

Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na) og Kalium (K) ble analysert på et Perkin-Elmer 1100 B atomabsorpsjonsspektrofotometer og verdiene angitt i mg/l; (NS 4776 & NS 4775). Deteksjonsgrensen for disse saltene er henholdsvis 80, 3, 5 og 25 µg/l. Tilsammen utgjør Ca, Mg, Na og K vannets vesentlige katione-innhold.

Klorid (Cl) ble bestemt ved Alpkem Superflow 3590 etter NS 4769. Verdiene er angitt i mg/l. Deteksjonsgrense 0,20 mg/l.

Nitrat (NO₃) ble bestemt med Alpkem Superflow 3590 etter NS 4745. Verdiene er angitt i µg NO₃-N/l. Verdier under 10 µgNO₃-N/l er under deteksjonsgrensen og må derfor anses som usikre.

Sulfat (SO₄) ble beregnet ut fra SSS, Cl og NO₃ (alle i µekv/l) etter formelen:

$SO_4 = \text{SSS} - (\text{Cl} + \text{NO}_3)$. SO₄ er deretter omregnet og angitt i mg/l. Nedre deteksjonsgrense for SO₄ er satt til 0,40mg/l. SO₄, Cl og NO₃ utgjør de viktigste av vannets innhold av anioner.

Silisium(Si) ble bestemt ved hjelp av Alpkem Superflow 3590 etter Alpkem applikasjon P/N 000293. Verdiene er angitt i mg/l. Deteksjonsgrensen for Si er 50 µg/l.

Aluminiumsverdiene (Al) er bestemt ved AAS-flamme-analyser med Perkin Elmer 1100 B etter NS 4772. Verdiene er angitt i µg/l. Deteksjonsgrensen er satt til 10µg/l. En del av prøvene med lave Al -verdier er også målt med AAS-Grafittovn; Perkin - Elmer 1100 B med HGA 700-AS 70 etter NS 4781.

Alle målinger på Alpkem superflow 3590, mhp. selve den kolorimetrisk bestemmelsen, er etter NS 4799. Forbehandlingen av prøvene er etter egen metode ved NINA-lab.

TR-Al - Totalt syrereaktivt aluminium - Prøva er syrgjort til 0,1M med HCL i minimum 2 døgn.

TM-Al - Totalt monomerisk aluminium - Ukonservert prøve, uten forbeh., bestemt etter NS 4799.

OM-Al - Organisk monomerisk aluminium - som TM-Al, med unntak av at prøva ionebyttes etter Driscol med ionebytttemasse Amberlik Mesh 120; 99% Na⁺ + 1% H⁺, i ei kolonne på 15 cm med volum 1 ml. Ionebytterhastighet: ca 2,5 ml prøve / ml ionebytttemasse / min.

UM-Al -Uorganisk monomerisk aluminium (= TM-Al ÷ OM-Al)

PK-Al - Summen av polymeriske/kolloidale Al-forbindelser (= TR-Al ÷ TM-Al).

Prøver analysert ved Gauldalsregionens kjøtt og næringsmiddelkontroll :

Fosfat(PO₄) ble målt ved NS 4724

Totalt fosforinnhold (Tot-P) ble målt ved NS 4725

Totalt nitrogeninnhold (Tot-N) ble målt ved NS 4743.

Vannkjemi Gråelva 1994/1995 s.4				Henrik.																							
LAB- LPNR	PLP NR	Lok	PDATO	Vannst cm	VTemp gr.C	FTU TURB	mg P/l FARGE	μ S/cm Kond-25	PH	μ ekv/l Alk	mg/l CA	mg/l MG	mg/l NA	mg/l K	mg/l SO4	mg/l CL	μ g/l NO3-N	μ g/l Tot-N	mg/l SI	μ g/l PO4	μ g/l Tot-P	mg/l PM	mg/l PUM	mg/l POM	mg/l TOC	ANC	
545	10	17	16-mai-94		6,4	2	30	25,8	6,55	107	2,26	0,38	1,70	0,32	1,57	3,06	53	280	0,54	2	9	1,6	1,2	0,5		103	
957	20	17	06-jun-94		7,0	5	33	20,7	6,28	88	1,78	0,30	1,35	1,20	1,59	2,24	52	350	0,48	6	14	4,9	4,0	0,9		103	
831	30	17	11-jul-94		13,0	6	20	29,9	7,05	158	3,01	0,43	1,64	0,32	1,69	2,68	22	240	0,38	5	10					153	
967	40	17	11-aug-94		13,3	1	24	34,0	7,08	189	3,44	0,49	1,81	0,34	1,95	2,82	82	350	0,38	13	14	2,0	1,7	0,3		173	
1161	50	17	17-sep-94		10,3	2	30	38,2	7,13	211	4,03	0,55	1,79	0,40	2,15	2,91	110	350	0,49	3	10					199	
1534	60	17	19-okt-94			5	32	31,1	6,82	152	3,27	0,51	1,69	0,32	1,94	2,90	170	320	0,67	2	7					152	
1622	80	17	14-nov-94		0,3	2	24	32,6	6,99	156	3,30	0,51	1,74	0,32	1,90	2,85	117	300	0,57	4	6	4,9	4,5	0,4		162	
335	100	17	20-des-94		0,8	1	21	35,9	6,30	183	3,62	0,56	1,79	0,32	1,62	3,44	3	230	0,66	2	5	2,4	2,0	0,4	2,54	181	
186	110	17	23-jan-95		0,6	1	15	37,3	6,91	197	3,88	0,59	1,80	0,33	2,51	3,29	167	270	0,72	4	7	4,6	3,9	0,7	1,95	172	
196	120	17	28-mar-95		0,6	2	30	41,6	6,99	179	3,83	0,66	2,39	0,36	1,57	4,90	129	250	0,74	6	7	2,5	1,9	0,6	2,28	178	
	130	17	20-apr-95		1,5																						
	17		Mean		5,4	3	26	32,7	6,81	162	3,24	0,50	1,77	0,42	1,85	3,11	91	294	0,56	5	9	3,3	2,7	0,5		158	
	17		Max		13,3	6	33	41,6	7,13	211	4,03	0,66	2,39	1,20	2,51	4,90	170	350	0,74	13	14	4,9	4,5	0,9		199	
	17		Min		0,3	1	15	20,7	6,28	88	1,78	0,30	1,35	0,32	1,57	2,24	3	230	0,38	2	5	1,6	1,2	0,3		103	
	17		StDev		5,3	2	6	6,2	0,32	39	0,72	0,11	0,26	0,27	0,31	0,71	58	47	0,13	3	3	1,5	1,3	0,2		32	
	17		N		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	7		10

Vedlegg 2

Invertebrater.

Samlet oversikt over kvantitative målinger av invertebrater (Surber-prøvene) på ulike stasjoner og tidspunkter for 1993, 1994 og 1995.

Vedlegg 2a 1993

1993																													
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dix.s	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
2	11.05	4	0	0	0	70	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	4	4
2	02.06	278	19	0	4	252	26	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0	0	85	0	0	0	19	0	0	4	4	
2	14.09	59	41	22	0	96	4	0	0	0	4	11	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	4	15	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
4	11.05	81	7	7	0	244	30	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	26	0	7	0	0	4	0	0	7	0
4	02.06	41	0	7	0	141	11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11	0	0	19	0	4	0	0	4	0	4	0	0
4	14.09	74	15	19	0	56	7	0	0	0	33	7	0	4	0	0	41	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	7
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
5	11.05	Ingen prøver																											
5	02.06	921	59	26	0	30	19	0	0	0	4	4	0	0	0	0	30	0	7	0	7	0	0	11	0	0	0	0	0
5	14.09	348	37	63	0	89	7	0	0	0	0	11	0	4	0	0	30	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
6	11.05	11	0	4	0	33	0	0	0	0	26	11	0	0	0	0	19	0	22	0	0	0	0	0	0	0	4	0	
6	02.06	78	37	15	4	178	15	0	0	0	19	0	0	0	0	0	30	0	181	0	7	0	0	7	0	4	4	0	
6	14.09	511	403	111	7	178	7	0	0	0	4	22	0	0	0	0	89	0	7	0	0	0	0	4	0	0	0	15	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
8	11.05	555	152	100	0	400	141	0	0	0	285	688	0	0	0	0	11	0	19	0	4	0	4	0	0	0	30	4	
8	02.06	274	22	15	0	93	7	0	0	0	4	11	4	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	26	0	
8	14.09	67	278	63	0	207	7	0	0	0	11	30	0	0	0	0	22	0	26	4	0	4	0	0	0	0	0	11	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
9	11.05	130	74	22	0	259	7	0	0	0	4	30	0	0	0	0	41	0	26	0	0	0	0	7	0	0	0	0	
9	02.06	581	15	48	0	100	7	0	0	0	0	15	0	0	0	0	67	0	59	4	0	0	0	155	0	4	4	4	
9	14.09	178	89	11	0	56	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	126	0	100	4	0	0	0	0	0	4	0	0	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
11	11.05	Ingen prøver																											
11	02.06	374	59	44	0	178	15	0	0	0	4	0	0	0	0	0	15	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
11	14.09	422	52	56	0	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
14	11.05	163	67	56	0	174	7	0	0	0	0	41	0	4	0	0	30	0	19	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
14	02.06	1702	315	137	22	170	7	0	0	0	4	26	0	67	0	0	107	4	96	0	0	0	0	366	0	0	48	4	
14	14.09	178	437	93	0	266	11	0	0	0	7	7	0	0	0	0	93	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
St.	Dato	Dagnfl	Steinfl	Vårfl	Vårflp	Fjærmf	Fjærmp	Myggf	Myggp	Dixid	Sviknl	Knottf	Knottp	Elmidael	Kortv	Mudderfl	Stankel	Stankelp	Fåborstem	Rundor	Ertem	Dansn	Skives	Midd	Vannk I	Vannk ad	Overfl.I	Div.	
15	11.05	Ingen prøver																											
15	02.06	81	41	159	0	22	0	0	0	0	19	0	0	59	0	4	107	0	677	7	0	0	0	107	0	15	0	22	
15	14.09	44	37	22	0	19	4	0	0	0	22	0	0	148	0	0	56	0	133	0	0	0	0	7	4	0	0	48	

Dataene er basert på surberprøver tatt i Gråelva 1993. Det ble tatt 3 prøver på hver stasjon; en ved venstre elvbredd, en sentralt i elva og en ved høyre elvbredd. I tabellen er gjennomsnittsverdiene pr m2 for surberprøvene på hver stasjon gjengitt (Hver prøve dekker et areal på 0,09 m2. Omregningsfaktor til antall ind. pr m2 er 11.1)

Surbere tatt i Graåelva 1994 og 1995 forts.

Dataene er basert på surberprøver tatt i Graåelva 1994. Det ble tatt 3 prøver på hver stasjon; en ved venstre elvbreidd, en sentralt i elva og en ved høyre elvbreidd.

I tabellen er gjennomsnittsverdiene pr m2 for surberprøvene på hver stasjon gjengitt (Faktoren er 11,1)

St.	Dato	Dognfl.	Steinfl.	Vaarfl.	Vaarflp.	Fjærml.	Fjærmp.	Myggl.	Myggp.	Dix. sp.	Sviknl.	Knottl.	Knottp.	Elmiduel.	Kortv.	Mudderfl.	Stankell.	Stankelp.	Fåborstem.	Rundorm	Ertem.	Dansn	Skivesn.	Midd	Vannk ad	Overfl.	Div.
15	16.05	192	37	111	0	211	0	0	0	0	0	37	0	44	0	4	88	0	151	33	0	0	0	0	0	37	0
15	06.06	203	0	59	0	48	0	0	0	0	4	0	0	59	0	0	51	0	292	4	0	0	0	0	0	11	0
15	11.07	Prøver fra denne dato ikke sortert																									
15	11.08	7	44	33	4	88	0	0	0	0	7	7	0	122	0	0	159	0	44	0	0	0	0	0	0	4	4
15	17.09	22	19	33	0	150	3	0	0	11	77	0	0	347	0	3	208	0	66	5	0	3	3	0	0	3	0
15	19.10	Ingen prøver																									
15	14.11	529	140	99	0	129	0	0	0	0	11	0	0	66	0	0	66	0	59	0	0	0	0	92	0	26	0
15	20.12	0	4	11	0	0	0	0	0	0	7	0	0	11	0	0	15	0	22	0	0	0	0	11	0	0	0
15	23.01	304	85	33	0	111	0	0	0	44	0	33	0	18	0	0	37	0	22	0	0	0	0	37	0	30	0
15	28.03	244	61	25	0	499	0	0	0	5	11	294	0	75	0	0	58	0	14	0	0	0	0	33	0	0	0
15	20.04	99	44	33	0	177	0	0	0	22	0	7	0	22	0	0	22	0	107	0	0	0	0	0	0	7	0

Vedlegg 3

Ungfisk

Samlet oversikt over kvantitative målinger (EI-fiske) av ungfisk av laks og aure på ulike stasjoner i Gråelva 1991, 1992, 1993, 1994 og 1995. Tetthet er angitt i antall individer pr. 100 m². Enkelte stasjoner som ligger nær hverandre er slått sammen. - *The densities of salmon and brown trout (number of individuals per 100 m²) in the River Gråelva in 1991, 1992, 1993, 1994 and 1995. Some of the sampling sites are combined, due to nearby location.*

Vedlegg 3a Ungfisktetthet pr 100 m² (N) med 95 % konfidensintervall (CI) og fangbarhet (p) i Gråelva juli 1991.

1991	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1	14,1	0,41	6,8	32,5	0,68	2,1	1,1	1,00	0,0	10,4	0,57	2,3
2	3,3	0,41	3,0	22,2	0,68	1,5	1,8	0,78	0,2	7,1	0,78	0,4
2.1	2,9	0,82	0,2	17,8	0,43	6,8	6,8	0,61	1,5	16,6	0,36	10,5
2.2	0,5	1,00	0,0	14,1	0,70	1,2	2,3	0,57	1,1	13,6	0,69	1,2
3	0,0			7,3	0,71	0,7	2,9	0,71	0,5	16,1	0,62	2,0
4	1,7			7,5	0,73	0,7	10,3	0,85	0,3	14,1	0,59	2,5
4.1	0,0			5,3	1,00	0,0	72,9	0,69	3,5	28,7	0,36	15,7
4.2												
5	0,0			8,2	0,80	0,5	65,6	0,62	4,7	10,6	0,62	1,8
6	0,0			7,0	0,71	1,6	249,3	0,57	22,8	45,6	0,86	1,1
6.1												
7.1	0,0			0,0			0,0			4,0	0,45	2,5
8	0,0			0,0			7,1	1,00	0,0	108,9	0,75	4,9
9	0,0			0,0			326,6	0,48	54,1	116,9	0,87	1,9
11	0,0			0,0			15,9	0,91	0,3	54,5	0,79	2,0
14	1,5	0,47	1,0	8,1	0,78	0,6	128,0	0,33	38,8	30,6	0,50	6,6
14.1	0,0			13,8	0,92	0,2	158,8	0,45	27,0	19,6	0,65	2,9
15	0,0			0,0			198,0	0,51	20,7	24,2	0,57	5,4
Materiale fra enkelte stasjoner slått sammen												
1991	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1 & 2	8,2	0,41	3,5	26,9	0,68	1,3	1,4	0,85	0,1	8,5	0,67	0,8
2.1 & 2.2	1,7	0,85	0,1	15,3	0,57	1,9	4,4	0,60	0,9	14,0	0,55	2,2
1, 2, 2.1 & 2.2	4,9	0,50	1,2	21,4	0,65	1,0	2,8	0,67	0,3	11,0	0,60	1,0
3 & 4	0,8	1,00	0,0	7,4	0,72	0,5	6,3	0,81	0,2	15,2	0,61	1,5
4.1 & 4.2	0,0			5,3	1,00	0,0	72,9	0,69	3,5	28,7	0,36	15,7
6 & 6.1	0,0			7,0	0,71	1,6	249,3	0,57	22,8	45,6	0,86	1,1
14 & 14.1	0,9	0,57	0,6	10,0	0,84	0,3	135,9	0,38	22,2	26,5	0,54	3,8
14, 14.1 & 15	0,7	0,57	0,5	7,4	0,84	0,2	149,8	0,43	14,8	25,9	0,55	3,2
Gråelva totalt	2,0	0,54	0,3	11,4	0,69	0,3	43,1	0,54	1,7	19,6	0,65	0,6

Vedlegg 3 forts.

Vedlegg 3b Ungfisktetthet pr 100 m² (N) med 95 % konfidensintervall (CI) og fangbarhet (p) i Gråelva juli 1992.

1992	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1	3,1	0,47	2,2	23,1	0,53	4,2	8,2	0,34	7,7	14,5	0,63	1,8
2	0,9	1,00	0,0	11,5	0,57	2,2	1,8	0,78	0,2	6,1	0,93	0,1
2.1	0,0			12,7	0,57	2,7	2,5	0,57	1,2	12,3	0,83	0,4
2.2	0,0			16,7	0,62	2,0	0,5	1,00	0,0	6,9	0,86	0,2
3	0,0			4,4	0,71	0,6	0,0			12,8	0,58	2,2
4	0,0			5,4	0,62	1,3	10,3	0,51	3,3	13,8	0,62	2,0
4.1	0,0			2,3	0,71	0,5	45,6	0,38	17,5	17,6	0,47	6,1
4.2	0,0			10,5	0,47	4,2	16,9	0,75	1,0	24,4	0,32	16,7
5	0,0			1,3	1,00	0,0	34,7	0,44	9,3	15,7	0,86	0,4
6	0,0			0,0			130,2	0,55	18,7	27,3	0,92	0,3
6.1	0,0			4,2	0,57	2,8	40,8	0,79	1,9	28,4	0,63	5,0
7.1	0,0			0,0			0,0			25,8	0,50	4,8
8	0,0			0,0			9,5	1,00	0,0	62,0	0,89	0,9
9	0,0			0,0			147,5	0,63	15,0	130,1	0,70	8,8
11												
14	0,7	1,00	0,0	20,5	0,23	30,3	30,6	0,73	1,6	27,6	0,57	4,2
14.1	0,0			10,9	0,57	3,6	59,2	0,27	53,2	25,0	0,64	3,6
15	1,2	1,00	0,0	0,0			77,9	0,52	12,8	65,7	0,42	20,4
Materiale fra enkelte stasjoner slått sammen												
1992	Laks						Aure					
	0+			>1+			0+			>1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1 & 2	1,8	0,63	0,4	16,7	0,54	2,2	4,2	0,47	1,7	9,8	0,74	0,5
2.1 & 2.2	0,0			14,7	0,60	1,6	1,4	0,65	0,4	9,4	0,84	0,2
1, 2, 2.1 & 2.2	0,9	0,63	0,2	15,8	0,57	1,4	2,9	0,52	0,8	9,6	0,79	0,3
3 & 4	0,0			4,8	0,66	0,6	4,7	0,51	1,5	13,3	0,60	1,5
4.1 & 4.2	0,0			6,8	0,51	2,0	27,5	0,53	3,7	20,8	0,39	7,5
6 & 6.1	0,0			2,3	0,57	1,5	80,4	0,62	6,5	27,4	0,76	1,4
14 & 14.1	0,4	1,00	0,0	14,9	0,35	9,0	35,0	0,57	3,8	26,6	0,59	2,9
14, 14.1 & 15	0,6	1,00	0,0	11,1	0,35	6,7	46,2	0,54	4,3	36,2	0,52	4,4
Gråelva totalt	0,4	0,71	0,1	8,4	0,55	0,6	18,9	0,56	0,9	19,7	0,63	0,6

Vedlegg 3 forts.

Vedlegg 3c Ungfisktetthet pr 100 m² (N) med 95 % konfidensintervall (CI) og fangbarhet (p) i Gråelva juli 1993.

1993	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1	0,0			11,3	0,46	4,4	0,0			7,7	0,53	2,4
2	0,0			1,8	0,78	0,2	0,0			1,9	0,57	0,9
2.1	0,0			3,4	0,47	2,4	*4,7			7,0	0,85	0,3
2.2	0,0											
3	0,0											
4	0,0			>1,7			2,3	0,78		5,9	0,65	1,1
4.1	0,0			0,0			19,7	0,51		11,5	0,34	10,9
4.2	1,2	1,00	0,0	0,0			71,8	0,62		>3,0		
5	0,0											
6	0,0			0,0			112,0	0,41		15,9	0,87	0,6
6.1	0,0			>3,8			16,8	0,57		9,6	1,00	0,0
7.1	0,0											
8	0,0			0,0			0,0			42,4	0,64	6,2
9	0,0			0,0			378,8	0,40		101,7	0,57	18,1
11	0,0			0,0			85,2	0,56		18,0	0,68	2,5
14	0,0			>4,7			124,5	0,34		*20,6		
14.1	0,0			>1,3			242,9	0,43		7,3	0,32	13,2
15	0,0			0,0			166,1	0,40		>4,9		
Materiale fra enkelte stasjoner slått sammen												
1993	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1 & 2	0,0			5,9	0,51	1,5	0,0			4,5	0,54	1,2
2.& 2.2	0,0			3,4	0,47	2,4	*4,7			7,0	0,85	0,3
1,,2,,2.1 & 2.2	0,0			5,2	0,51	1,2	*4,7			5,1	0,67	0,5
3 & 4	0,0			>1,7			2,3	0,78	0,3	5,9	0,65	1,1
4.1 & 4.2	0,7	1,00	0,0	0,0			48,6	0,60	3,2	*6,1		
6 & 61	0,0			>2,1			59,7	0,44	16,6	12,5	0,92	0,2
14 & 141	0,0			>3,5			163,8	0,39	23,8	*15,4		
14, 14.1 & 15	0,0			>2,6			164,4	0,39	19,9	*12,9		
Gråelva totalt	0,1	1,00	0,0	3,3	0,37	1,4	54,5	0,45	3,6	11,0	0,53	1,0

Vedlegg 3 forts.

Vedlegg 3d Ungfisktetthet pr 100 m² (N) med 95 % konfidensintervall (CI) og fangbarhet (p) i Gråelva juli 1994.

1994	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1	9,1	0,43	4,8	24,0	0,64	2,3	4,0	0,41	3,6	13,9	0,57	2,7
2	6,1	0,60	1,3	19,1	0,77	0,7	2,2	0,82	0,2	9,6	0,67	1,1
2.1	2,3	1,00	0,0	10,4	0,64	1,5	16,5	0,78	0,7	9,3	0,60	1,9
2.2	1,6	1,00	0,0	8,6	0,73	0,8	0,0			13,6	0,69	1,2
3	0,5	1,00	0,0	>1,0			4,4	0,71	0,6	1,8	0,41	2,3
4	0,0			1,7	0,71	0,4	17,5	0,71	1,3	5,2	0,71	0,7
4.1	0,0			2,3	0,71	0,5	35,6	0,59	4,5	23,5	0,58	3,8
4.2	0,6	1,00	0,0	1,2	1,00	0,0	43,6	0,52	6,7	7,9	0,73	0,7
5												
6	0,0			0,0			99,6	0,60	12,2	48,5	0,75	3,2
6.1	0,0			0,0			8,4	0,57	3,9	70,0	0,78	2,8
7.1	0,0			0,0			>0,7			20,2	0,77	1,0
8	0,0			0,0			11,9	1,00	0,0	92,1	0,65	8,8
9	0,0			0,0			459,1	0,77	10,3	117,6	0,67	10,4
11	0,0			0,0			662,4	0,69	16,4	34,9	0,92	0,4
14	*5,3			9,4	0,29	13,6	179,7	0,48	17,5	20,4	0,34	13,7
14.1	5,4	0,57	2,6	3,8	1,00	0,0	228,3	0,45	32,8	29,0	0,54	6,7
15	0,0			0,0			95,0	0,51	14,5	26,3	0,46	10,2
Materiale fra enkelte stasjoner slått sammen												
1994	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1 & 2	7,3	0,51	1,8	21,2	0,71	0,9	2,8	0,61	0,6	11,5	0,62	1,2
2.1 & 2.2	1,9	1,00	0,0	9,4	0,68	0,8	7,8	0,78	0,4	11,5	0,65	1,0
1, 2, 2.1 & 2.2	4,6	0,62	0,6	15,7	0,70	0,6	5,1	0,73	0,3	11,5	0,63	0,8
3 & 4	0,3	1,00	0,0	>1,3			10,4	0,71	0,7	3,3	0,64	0,6
4.1 & 4.2	0,3	1,00	0,0	1,7	0,82	0,1	40,0	0,54	4,0	14,7	0,63	1,5
6 & 6.1	0,0			0,0			50,2	0,60	6,0	60,1	0,77	2,1
14 & 14.1	6,7	0,34	6,3	6,0	0,49	2,5	196,4	0,47	15,9	22,5	0,45	6,2
14, 14.1 & 15	4,9	0,34	4,7	4,5	0,49	1,8	169,9	0,48	12,3	23,5	0,45	5,3
Gråelva totalt	2,4	0,58	0,3	6,8	0,67	0,3	61,2	0,60	1,3	18,3	0,66	0,5

Vedlegg 3 forts.

Vedlegg 3e Ungfisktetthet pr 100 m² (N) med 95 % konfidensintervall (CI) og fangbarhet (p) i Gråelva juli 1995.

1995	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1	*5,5			24,7	0,79	0,8	11,3	0,46	4,4	11,8	0,63	1,7
2	0,4	1,00	0,0	*14,0			*5,5			22,4	0,38	9,2
2.1	>0,6			7,6	0,80	0,4	8,6	0,63	1,5	10,6	0,76	0,7
2.2	0,0			16,4	0,53	3,5	2,1	1,00	0,0	14,1	0,53	3,3
3	0,0			1,0	1,00	0,0	1,0	0,57	0,7	5,4	0,68	0,8
4	0,0			6,5	0,68	0,9	17,3	0,57	3,1	10,3	0,80	0,5
4.1	0,0			0,0			94,4	0,65	5,1	15,2	0,78	0,8
4.2	>1,8			>1,2			305,1	0,53	16,4	18,6	0,80	0,7
5												
6	4,5	1,00	0,0	0,0			240,6	0,62	16,7	62,6	0,55	13,0
6.1	20,9	0,57	6,2	4,2	0,57	2,8	86,2	0,66	7,3	76,5	0,73	4,2
7.1	0,0			0,0			1,5	1,00	0,0	13,7	0,71	1,3
8	0,0			0,0			174,1	0,45	39,1	164,5	0,69	9,1
9	0,0			0,0			856,0	0,66	29,1	261,0	0,69	13,4
11	0,0			0,0			339,1	0,49	35,7	46,7	0,76	2,4
14	>0,7			20,6	0,46	6,8	40,2	0,62	3,7	49,6	0,74	1,9
14.1	0,0			6,5	0,65	1,7	74,2	0,44	19,6	25,1	0,82	0,9
15	0,0			1,2	1,00	0,0	40,7	0,61	5,4	68,4	0,81	1,7
Materiale fra enkelte stasjoner slått sammen												
1995	Laks						Aure					
	0+			≥1+			0+			≥1+		
	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI	N	p	CI
Stasjon												
1 & 2	4,0	0,26	6,5	19,1	0,59	1,8	9,7	0,35	5,5	16,9	0,47	3,4
2.1 & 2.2	>0,3			12,0	0,62	1,3	5,1	0,71	0,5	12,2	0,63	1,2
1, 2, 2.1 & 2.2	2,5	0,24	4,4	15,8	0,60	1,1	6,9	0,50	1,4	14,5	0,54	1,6
3 & 4	0,0			3,4	0,73	0,3	8,5	0,57	1,5	7,6	0,76	0,4
4.1 & 4.2	>1,0			>0,7			211,1	0,55	8,8	17,1	0,79	0,5
6 & 6.1	13,1			2,3	0,57	1,5	156,9	0,63	8,5	69,4	0,66	4,7
14 & 14.1	>0,4			15,5	0,49	3,9	51,1	0,54	5,4	41,0	0,76	1,2
14, 14.1 & 15	>0,3			11,7	0,51	2,7	48,3	0,56	4,1	48,1	0,77	1,0
Gråelva totalt	2,0	0,29	1,6	8,2	0,59	0,5	72,7	0,57	1,8	28,0	0,70	0,5

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0792-3

468

NINA
OPPDRAGS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning