

678

# OPPDRAKSMELDING

Etablering av gyteområder for sjøaure  
og laks i Gråelva i Stjørdal i  
Nord-Trøndelag 1999-2000

Hans M. Berger  
Anders Lamberg  
Ian Fleming  
Kjetil Hindar  
Hans-Petter Fjeldstad



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Etablering av gyteområder for sjøaure  
og laks i Gråelva i Stjørdal i  
Nord-Trøndelag 1999-2000

Hans M. Berger  
Anders Lamberg  
Ian Fleming  
Kjetil Hindar  
Hans-Petter Fjeldstad

## 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 befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes 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., Lamberg, A., Fleming, I.A., Hindar, K & Fjeldstad, H.P. 2001. Etablering av gyteområder for sjøaure og laks i Gråelva i Stjørdal i Nord-Trøndelag 1999-2000. - NINA Oppdragsmelding 678: 1-27.

Trondheim, februar 2001

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1202-1

Forvaltningsområde:

Naturinngrep

Impact assessment

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Torbjørn Forseth

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 250

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7485 Trondheim

Tel: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13422 Gråelva gytegrus

Ansvarlig signatur:

*Torbjørn Forseth*

Oppdragsgiver:

NVE, FoU, program Vassdragsmiljø

NVE, Region Midt-Norge

# Referat

Berger, H.M., Lamberg, A., Fleming, I.A., Hindar, K & Fjeldstad, H.P. 2001. Etablering av gyteområder for sjøaure og laks i Gråelva i Stjørdal i Nord-Trøndelag 1999-2000. - NINA Oppdragsmelding 678: 1-27.

Formålet med undersøkelsen har vært å etablere en metode for restaurering av gyteområder for laksefisk i elver som har vært utsatt for inngrep. Metoden er prøvd ut som et full-skala eksperiment i Gråelva i Nord-Trøndelag.

## Delmål

1. Konstruere nye gyteplasser for laks og sjøaure ved å legge ut to forskjellige grustyper og måle endringer i massene over tid.
2. Undersøke om sjøaure og laks velger de konstruerte gyte plassene og om valget baseres på grustype og/eller vannhastighet.
3. Undersøke om tilrettelegging av gyteplasser i den steinsatte delen av Gråelva kan føre til økt yngelproduksjon av sjøaure og laks i vassdraget.

Prosjektet har pågått i 1999 og 2000. Det er foretatt målinger av både fysiske og biologiske parametre.

I april 1999 valgte vi 9 kulper i den delen av Gråelva hvor NVE har utført omfattende sikringsarbeider (steinsetting) mot leirras. To typer masse, samfengt og sortert grus, ble lagt ut i de 9 kulpene. Samfengt type inneholdt en relativt stor fraksjon sand og silt og er lett tilgjengelig i de fleste grustak. I den andre typen var sand og silt siktet bort og «Sortert grus» bestod primært av partikler fra 18 til 100 mm, som teoretisk gir optimale forhold for reirgraving for laks og sjøaure.

Allerede en måned etter utlegging var nærmere 10 % av den samfengte grusen spylt bort fra forsøkskulpene. Etter et år lå den sorterte grusen tilnærmet slik den ble lagt ut mens over 20 % av den samfengte typen var borte. Fordelingen av partikler på de to områdene i hver kulp var lik etter 1 år og kunne ikke skilles fra grusprøver samlet fra naturlige gyteområder i vassdraget.

Den første høsten etter utlegging ble det registrert gyteaktivitet på 8 av 9 konstruerte områder. På alle 8 områdene ble det observert sjøaure, men bare på to ble det observert laks. Høsten 2000 ble det påvist gyteaktivitet på alle 9 prøvefeltene. Det ble observert flere gytefisk enn høsten før og flest fisk og groper ble påvist i områdene med sortert grus, selv om forskjellene mellom områdene med samfengt og sortert grus nå var mindre. Gytingen foregikk i hovedsak i utløpet av kulpene på de to nederste metrene av grusområdene og i større grad på siden med sortert grus. Vannhastigheten i området med gytegroper høsten 1999 varierte fra 0,21-0,38 m, og vannhastigheten var 0,30-1,11 m/s ved en middelvassføring på 1,34 m<sup>3</sup>/s.

I mai 1999, før utlegging av grus, var det ikke årsyngel av aure og laks i den inngrepsberørte delen av vassdraget (eksperimentområdet). Året etter ble det påvist plommesekkyngel på brekket av samtlige eksperimentkulper. Plommesekkyngelen var i ferd med å ta seg opp av grusen, og ved DNA-analyse ble det dokumentert både aure og laks. I juli og i august 1999 ble det påvist årsyngel av aure og noen få laks også i eksperimentområdet, med høyere tetthet i august enn i juli. Det antas at en del av denne fisken stammet fra naturlige gyteområder lenger oppe i vassdraget.

Forsøket dokumenterer at utlegging av grus i steinsatte deler av Gråelva kan øke tilbudet av attraktive gyte-plasser i vassdraget med påfølgende økt produksjon av yngel. Det viser videre at den ene typen grus ligger stabilt i hvertfall i over et år. Det er for tidlig å konkludere at produksjonen av laks- og sjøaureunger totalt i Gråelva vil øke og dermed få større betydning som produsent av sjøaure- og laksunger for Stjørdalsvassdraget. Det vil en eventuelt kunne avklare ved oppfølgende undersøkelser av ungfisktetthet i vassdraget.

Resultatene fra undersøkelsen kan danne grunnlag for tilsvarende restaurering av gyteområder i andre vassdrag. På bakgrunn av resultatene blir det anbefalt å bruke metoden i den videre restaureringen av Gråelva. Vi foreslår også at prosjektet følges opp i andre og større vassdrag.

Emneord: Restaurering - gyteplasser - grussammensetning - Fredle index - vannhastighet og dybde - sjøaure og laks.

Hans Mack Berger, Anders Lamberg, Ian A. Fleming & Kjetil Hindar. Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Hans-Petter Fjeldstad, SINTEF, Energy Research, Sem Sælandsv. 11, N-7465 Trondheim, Norway

## Abstract

Berger, H.M., Lamberg, A., Fleming, I.A., Hindar, K. & Fjeldstad, H.P. 2001. Reconstruction of spawning sites for anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the river Gråelva, Stjørdalselva watershed in Central Norway during 1999-2000. - NINA Oppdragsmelding 678: 1-27.

The purpose of this study was to establish a method for the restoration of anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning habitat in manipulated rivers. The method was tested by a full scale experiment in the River Gråelva, Central Norway.

### Sub goals:

1. Determine appropriate spawning media by testing two alternative kinds of gravel with different composition and measuring the stability of the masses over time.
2. Study whether anadromous brown trout and Atlantic salmon chose to spawn in the restored habitat and whether the choice is based on gravel composition and/or water velocity.
3. Determine whether restoration of spawning sites of the river Gråelva can lead to increased production of juveniles of anadromous brown trout and Atlantic salmon in the river.

The project has lasted two years (1999-2000) and involve measurements of both physical and biological parameters. In april 1999 we selected 9 experiment pools in the middle part of the river Gråelva, which has been stabilised by stone cover during 1992 to 1995. We treated all the nine pools with both kinds of gravel, *unsorted (composite) gravel and sorted gravel (18-100 mm)*. Unsorted gravel was placed on the left half of the river bed and sorted gravel was placed on the right half of the river bed (viewed up stream), same volume of each category. Mean gravel depth was about 40 cm, and the total volume of gravel at each experimental pool ranged from 14 to 33 m<sup>3</sup>. Unsorted gravel had a high proportion of fine silt and sand (23 % (i.e particles less than 1mm) versus sorted gravel (about 3 %). Sorted gravel consisted of grain sizes from 18 to 100 mm with less proportions of fine silt and sand. In earlier studies similar gravel composition led to high offspring survival in brown trout and Atlantic salmon (Lamberg & Fleming in prep.).

About 10 % of the fine components of the unsorted gravel was "washed out" within 14 days, while the sorted gravel seemed to be stable, i.e. the same as when it was placed in the river. There were differences within each experimental pool, and less gravel disappeared from the edge of the pool compared to the back of the pool. In May 2000, after about 12 months, 20 % of the unsorted gravel was washed out, while the

sorted gravel still was stable but had gained some silt and sand due to sedimentation from river transported materials. Differences between unsorted and sorted gravel were no longer so pronounced, and on both areas the gravel resembled gravel found in natural spawning habitat in the river.

Most spawning activity was observed in October - November both years, and spawners and digging activity were observed on both kinds of gravel areas. Spawning activity was observed on 8 of 9 experimental pools in 1999. Brown trout were observed on all these 8 experimental pools, while Atlantic salmon were only observed in two pools. In autumn 2000 spawning was observed in all nine areas. In both years the highest spawning activities were observed on sorted gravel, but in autumn 2000 the differences between sorted and unsorted gravel were less pronounced. Fredle index did not differ between sorted and unsorted gravel and was the same as for «natural gravel» samples from spawning areas in upstream reference areas. The spawning activity took place on the lower part of the pools close to the edges between the pools edge and the riffles, in areas where the water velocity accelerated up to 0,3 to 1,1 m/s and at depths between 15-40 cm at mean water discharge of 1,34 m<sup>3</sup>/s.

By electrofishing we found no juveniles (0+) in the project-area just before gravel was placed in June 1999, but we found yearlings later in the season (august-september). In contrast, in may 2000, we caught juveniles (0+) on all the nine experimental areas. This documents successful spawning and hatching on all the restored spawning sites in 1999. DNA-analyses of juvenile fry confirm spawning and hatching by both anadromous brown trout and by Atlantic salmon.

The project succeeded in improving the production of juvenile fry of both anadromous brown trout and Atlantic salmon in the reconstructed areas of the river Gråelva. However it is too early to state that the new spawning sites will have a long term effect. This will require measurements of fish density in autumn in succeeding years.

We recommend further use of our method for the continuing restoration of the river Gråelva, and in similar projects in other rivers.

Key words: Restoration - spawning sites - gravel composition - Fredle index - water velocity and depth - anadromous brown trout and Atlantic salmon

Hans Mack Berger, Anders Lamberg, Ian A. Fleming & Kjetil Hindar. Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.  
Hans-Petter Fjeldstad, SINTEF, Energy Research, Sem Sælandsv. 11, N-7465 Trondheim, Norway

## Forord

Prosjektene i Gråelva har i mange år vært et samarbeide mellom NVE og NINA. I prosjektet «Etablering av gyteområder for sjøaure og laks» har vi i tillegg funnet det nyttig og nødvendig å benytte hydrofysisk ekspertise fra SINTEF for å styrke prosjektet. Det har vært et positivt samarbeid mellom de tre involverte parter i hele prosjektperioden.

Prosjektet er i hovedsak finansiert av FoU-midler fra NVE gjennom programmet Vassdragsmiljø 1997-2001 og NVE-Region Midt-Norge. I tillegg har vi mottatt støtte fra Stjørdalselvans Elveeierlag. Utvalg og oppmåling av stasjoner, justering av terskler og utlegging av grus er foretatt av NVE-Region Midt-Norge. Fysiske målinger (vanndyp, vannhastighet) og biologiske målinger, elfiske mm er gjennomført av NINA ved Hans M. Berger, Karstein Hårsaker og Leidulf Fløystad. SINTEF ved Hans-Petter Fjeldstad har foretatt oppmåling med avansert måleutstyr (totalstasjon) på én stasjon tre ganger i løpet av prosjektperioden, og gjennomført detaljert hydraulisk kartlegging på denne stasjonen med 3D-modellen SSIIIM i Vassdragssimulatoren. Gyteregistreringer ved manuell observasjon og videofilming er gjennomført av NINA v/Anders Lamberg i samarbeid med Hans M. Berger. Bearbeiding og rapportering er i hovedsak utført av Anders Lamberg og Hans M. Berger. BioSmart ved Egil Lund har gjennomført målingene av grussammensetning. Vannanalyser er foretatt ved NINA's vannkjemiske laboratorium ved Syverin Lierhagen. DNA-analyser er foretatt av Torveig Balstad og Kjetil Hindar. Ian Fleming har vært faglig rådgiver ved prosjektet og Synnøve Vanvik har redigert rapporten.

Jeg vil benytte anledningen til å takke NVE-FoU og NVE-region Midt-Norge for hovedfinansiering av prosjektet og for positivt samarbeid underveis og samtidig takk til Stjørdalselvans Elveeierlag for økonomisk støtte. Takk til Karstein Hårsaker og Leidulf Fløystad for assistanse i felt, BioSmart v/Egil Lund for analyse av grusprøvene, Torveig Balstad for DNA-analysene av plommeseekkyngel og Synnøve Vanvik for redigering av rapporten. Takk til Duncan Halley for korrigerings av det engelske i abstractet.

Trondheim, februar 2001

Hans Mack Berger  
prosjektleder

## Innhold

Referat .....	3
Abstract .....	4
Forord .....	5
1 Innledning.....	6
2 Områdebeskrivelse .....	7
3 Metoder.....	9
3.1 Metoder og forsøksfelte .....	9
3.1.1 Vannkvalitet .....	11
3.1.2 Elfiske .....	11
3.1.3 Gyteregistrering .....	12
3.1.4 Genetisk analyse .....	12
3.1.5 Nøyaktig topografisk oppmåling og bruk av habitat-hydrauliske simulerings verktøy for beskrivelse av gytehabitat. ....	12
4 Resultater.....	13
4.1 Vannkvalitet og vannføring.....	13
4.2 Vanndybde og vannhastighet på prøveflatene .....	13
4.3 Grussammensetning .....	14
4.4 Gyteregistreringene .....	15
4.5 Nøyaktig oppmåling og bruk av habitat-hydrauliske simulerings verktøy .....	18
4.6 Ungfiskundersøkelser .....	18
4.6.1 Ungfisktetthet i eksperiment-området .....	18
4.6.2 Tetthet av ungfisk i eksperiment-området ovenfor og nedenfor. ....	18
4.6.3 Utviklingen av tettheten av ungfisk av aure fra 1991 til 2000.....	18
5 Diskusjon .....	23
6 Anbefalinger .....	24
7 Litteratur.....	25
Vedlegg 1 .....	26
Vedlegg 2a.....	26
Vedlegg 2b .....	27
Vedlegg 3c.....	27



# 1 Innledning

Fysiske inngrep i vassdrag endrer livsbetingelsene for de organismene som lever der. Spesielt sårbare er gyteområdene for laksefisk som graver eggene ned i grusbunnen. Gyteområdene i elvene utgjør oftest bare noen få prosent av elvas totale areal. De blir benyttet gjennom generasjoner, har forbausende stabil topografi over år og er ofte lokalisert til de øvre delene av vassdragene (Sættem 1995).

Studier av gravende hunner av laksefisk viser at de velger gyteplass etter flere kriterier. Eksperimentelt er det vist at de velger bestemte grustyper (Lamberg & Fleming, under bearbeiding). Det er også vist at laks og sjøaure velger å gyte i strømhastigheter fra ca 0,2 til 0,8 m/s målt en fiskehøyde (15 cm) over bunnen (Crisp & Carling 1989, Fleming 1996, Chapman 1988). På grunn av hydrauliske forhold vil partikler sortere seg etter vannhastighet. Det er derfor ikke klarlagt om laksefisk velger sted for reirgraving etter grustype alene eller i kombinasjon med strømhastighet.

Det er foreslått flere måter å beskrive gytesubstrat på for å kunne forutsi overlevelse hos egg og yngel. Noen slike «grusindekser» har også blitt testet eksperimentelt, for eksempel: Fredle index (Lotspeich & Everest 1981).

Mange studier har fokusert på effektene av sammensetningen av gytesubstratet. Særlig har det blitt pekt på økende dødelighet ved økende innslag av finkornet materiale. Gytesubstratets stabilitet har derimot ikke vært behandlet like utfyllende (Montgomery et al. 1996). Det kreves trolig to typer stabilitet: (1) Det må være mulig for hunnfisken å grave ei gytegrøp uten at den raser sammen før eggene gytes (Lamberg & Fleming under bearbeiding), og (2) den ferdige gytegrøpa må holde seg stabilt på plass til tidspunktet for yngelens oppvandring fra grusen.

Hunnfiskenes valg av gyteplass er ikke bare en prosess påvirket av forholdene lokalt innen nærmeste «kvadratmeter» men er også et resultat av lokal tilbakevandring til en spesiell del av elva (Heggberget 1988). En forklaring av fenomenet lokal tilbakevandring kan være at dette er en adaptiv atferd som sikrer fisken stabile masser å grave i hvor eggene ligger trygt. Ustabiliteten i bunnsubstratet øker ofte nedover i elva noe som delvis kan forklare at gyteområdene ofte finnes langt oppe.

For å kunne restaurere gyteområder for laks og sjøaure i et vassdrag utsatt for inngrep kreves det kunnskaper om fiskeatferd, hydraulikk og massetransport i elva. Deler av denne kunnskapen finnes, men det er fremdeles behov for ny kunnskap og for å sette sammen eksisterende kunnskap. Dette gjøres mest effektivt gjennom et fullskala restaureringseksperiment i et vassdrag som allerede har vært utsatt for inngrep.

I Gråelva, et sidevassdrag til Stjørdalselva i Nord-Trøndelag, gjennomfører NVE et prosjekt (startet i 1992) der målet er å stabilisere elvebunnen og bredden slik at elva ikke graver seg ned i ustabile leirmasser. I dette arbeidet for å hindre leirras blir bunnen i elva steinsatt med sprengstein. NINA har gjennomført biologiske undersøkelser siden 1990 som viser at Gråelva stedvis har høy bunndyrproduksjon og høye tettheter av ungfisk av laks og sjøaure (Berger et al. 1994, Berger et al. 1997). I et prosjekt under et tre års NINA-Instituttprogram (1996-98) ble det vist at tettheten av bunndyr og eldre ungfisk av laks og sjøaure har økt i de delene av vassdraget som har blitt steinsatt. Imidlertid viser det seg at tettheten av yngel (tidlig 0+) er svært lav (Jensen 1996, Jonsson et al. 2001 under ferdigstilling). Den skeive aldersfordelingen skyldes at det ikke finnes egnet gytesubstrat i de steinsatte delene og at eldre ungfisk kommer fra gyteområdene ovenfor.

De biologiske undersøkelsene knyttet til Gråelva og steinsettingsprosjektet har som mål å skaffe generell kunnskap som gjør det mulig å minske skadevirkninger ved inngrep. Restaurering og konstruksjon av gyteområder er en naturlig fortsettelse for å gjenskape produksjonsgrunnlaget for fisk i elva.

I den steinsatte delen av Gråelva og nedover i vassdraget har man tidligere ikke funnet årsyngel (0+) av laks eller sjøaure før i juni. Ut på sommeren finner en laks og sjøaureyngel som sannsynligvis driver ned fra gyteområdene lenger oppe i vassdraget. Laks og sjøaure gyter i bunnsubstrat som typisk består av avrundede steiner med diameter fra 10 til 100 mm. Før steinsettingen i midtre deler av Gråelva fantes det enkelte områder med naturgrus. Steinsettingen av vassdraget har ført til at denne substrattypen ikke lenger finnes i de midtre deler av Gråelva. I disse områdene finnes det derimot rikelig med grovere kantete sprengstein som utgjør et gunstig habitat for ett år og eldre ungfisk ( $\geq 1+$ ). Innimellom sprengsteinen er det en god del finmalt sprengstein og småstein med kvasse kanter, men denne substrattypen er ikke særlig egnet som gytesubstrat for sjøaure og laks.

Steinsettingen av Gråelva forsøkes utført på en måte som ivaretar elvas naturlige løp og habitat for ungfisk av laks og sjøaure. Målingene av ungfisktetthet tyder på at man lykkes med dette. Det som imidlertid mangler for å få større produksjon av ungfisk i vassdraget er tilgjengelige gode gyteområder.

Vi har derfor foretatt en konstruksjon av nye gyteområder i den steinsatte delen av elva. Med bakgrunn i tidligere studier av de krav laks og sjøaure har til bunnen på gyteplassene, har vi utført forsøk med å legge ut to typer substrat. Modellen vi arbeider etter antar at laks og sjøaure søker grus av en spesiell type fordi det er mulig å grave reir i denne og at disse massene er stabile slik at det er liten risiko for at reirene blir ødelagt av flom. S sammensettingen av substratet er et bilde på

vannføringen gjennom året på det stedet. Grovheten av substratet reflekterer vannhastigheten over bunnen - ikke nødvendigvis i øyeblikket, men tilbake i tid (dimensjonerende flommer). Partikkelsammensetningen vil derfor være den mest troverdige parameteren en hunnfisk av laks eller sjøaure kan benytte i valg av gyteområde. De typiske gyteområdene er ofte i utløpet av en kulp (bl. a. Coble 1961). Her er vannhastigheten økende, men langs bunnen like før terskelen har vannet en motreaksjon på overflatestrømmen som gjør at massene ligger stabilt. Det er her man oftest finner reir.

I tillegg til våre «grove» målinger har vi i samarbeid med SINTEF målt nøyaktig bunntopografi på étt av prøvefeltene med mer avansert måleutstyr, en totalstasjon, samt at vanddyb og vannhastigheter er målt inn med kalibrert flygel. Ut fra hastighetsmålingene er vannføringen på stasjonen beregnet. Dette er blitt gjort for å kunne koble biologiske data, art, gyteaktivitet og gyttested, mot fysiske data som grustype, vannhastighet og vanddybde. Materialet er bearbeidet i Vassdrags-simulatoren, som kan bli et nyttig verktøy ved overføring av erfaringer fra prosjektet i Gråelva til andre og større vassdrag.

Det er ønskelig å benytte numeriske modeller og simuleringprogram for beregning av sedimenttransport og kvantifisering av gytearealer. Beregning av sedimenttransport vil i tillegg til å kunne forutsi om massene vil være stabile, også kunne fortelle noe om hvor grusen bør legges, og eventuelt om geometrien bør endres før grusen legges ut. Kvantifisering av habitat med numeriske modeller vil, i tillegg til det som kan registreres fra land, også tallfeste hvor store arealer som representerer godt, middels og uegnet gytehabitat, og ut fra dette kunne blant annet beskrive kvantitativt hvordan sammenhengen er mellom gyteplasser og vassdragets gytebestand. Med de tidligere omtalte data-program er det også gode muligheter for visualisering av fysiske parametre, topografi samt habitatforhold. Dette er i seg selv et kraftig verktøy for å skaffe seg forståelsen av sammenhengene mellom fysikk og biologi.

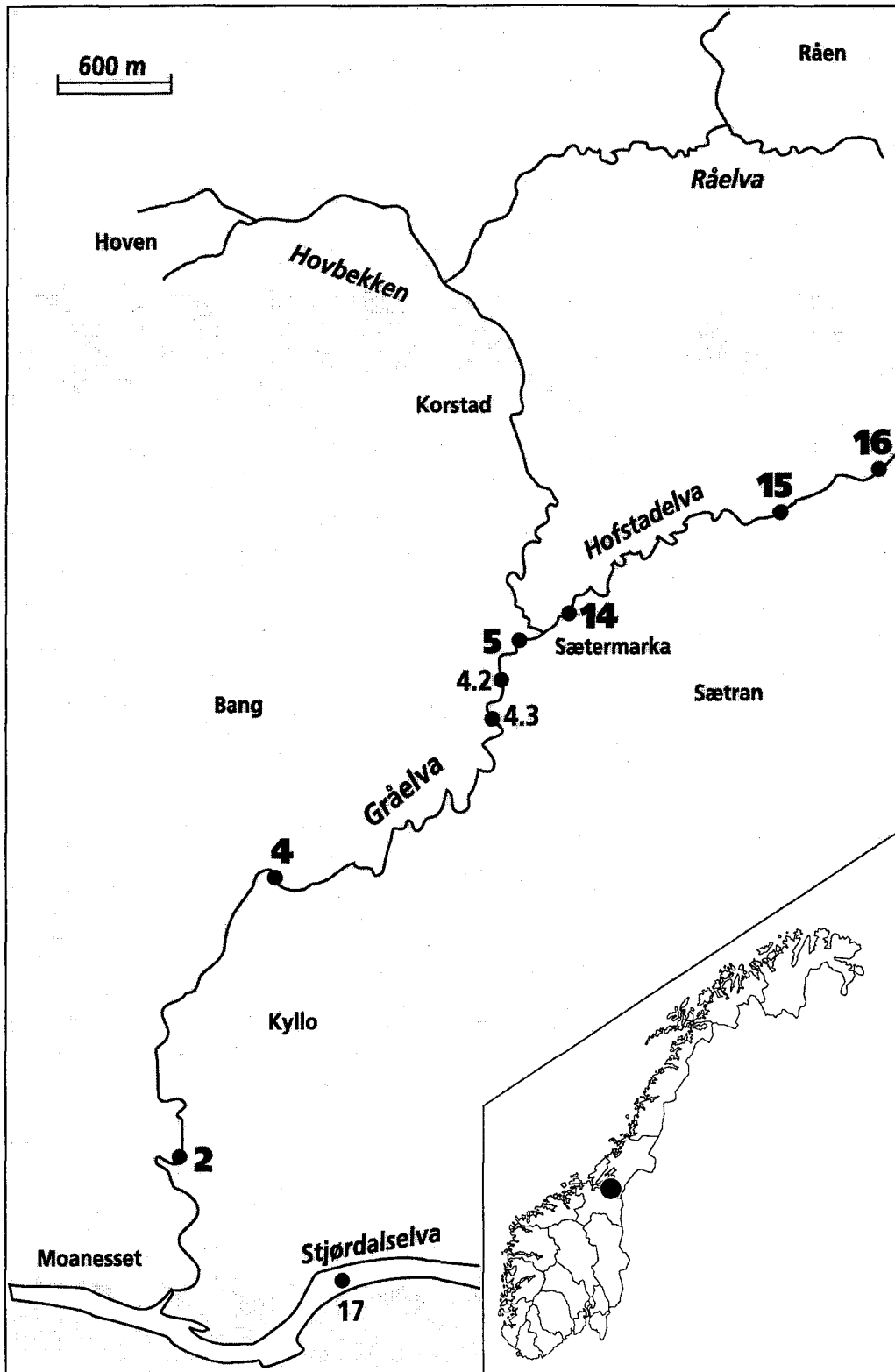
## 2 Områdebeskrivelse

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 lakseelvne i Norge med en midlere årlig avkastning fra 8-12 tonn, inkludert omlag 2 tonn sjøaure (NOF 1970). Etter 1990 har fangstene avtatt og var i 1995 nede i omlag 5 tonn. I 2000 nådde imidlertid fangsten en ny rekord med oppfisket kvantum på 15,2 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 km<sup>2</sup> hvorav 13 km<sup>2</sup> 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. Middelttemperaturen 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 m<sup>3</sup>/s, men kan i ekstreme perioder komme over 20 m<sup>3</sup>/s (januar 1992 > 40 m<sup>3</sup>/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. De øvre delene av Gråelva, Hofstadelva og Råelva har fra naturens side gunstig vannkvalitet for vannlevende organismer. Vannkvaliteten i selve Gråelva er karakterisert ved at den drenerer gjennom marine avsetninger. Kalsiumverdiene (7-13 mg/l), pH-nivået (7,05-7,58) og konsentrasjonen av nitrat (329-800 µgNO<sub>3</sub>/l) og fosfat (14-68 µgPO<sub>4</sub>/l) er generelt høyt. Begrensende faktor for bunndyr- og fiskeproduksjon nedover i Gråelva har vært høy turbiditet (23-200 FTU) på grunn av innholdet av oppløst partikulært uorganisk materiale (25-70 mg/l). I det området som elva er steinsatt er gravingen opphørt og vannet inneholder mindre partikler (leirslam) enn tidligere (Berger et al. 1997).

Sjøaure er dominerende fiskeart og de viktigste områdene for gyting og yngelproduksjon (0+) er i Hofstadelva, Råelva og Børsethelva øverst i vassdraget, mens ungfiskproduksjonen (≥ 1+) også foregår nedover i vassdraget. Total strekning for anadrom fisk er omlag 15 km, inkludert de mindre bekkene lengst oppe. På grunn av elvas beskaffenhet har høsting av fiskebestanden i Gråelva med tradisjonelle sportsfiskeredsaker vært lav. Det har opp til i dag vært vanlig med ulovlige metoder





**Figur 1.** Gråelva med de enkelte stasjonene avmerket. Stasjon 2, 4, 4.2, 4.3, 5, 14, 15 og 16 er referansestasjoner fra tidligere undersøkelser i vassdraget. Prosjektområdet er skravert.

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 1992-94. 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. Som følge av restaureringsarbeidene har landskapet omkring blitt åpnere, men vegetasjonen langs elva nå er i sterk vekst og om noen år vil den karakteristiske oreskogen langs Gråelva være gjenskapt.

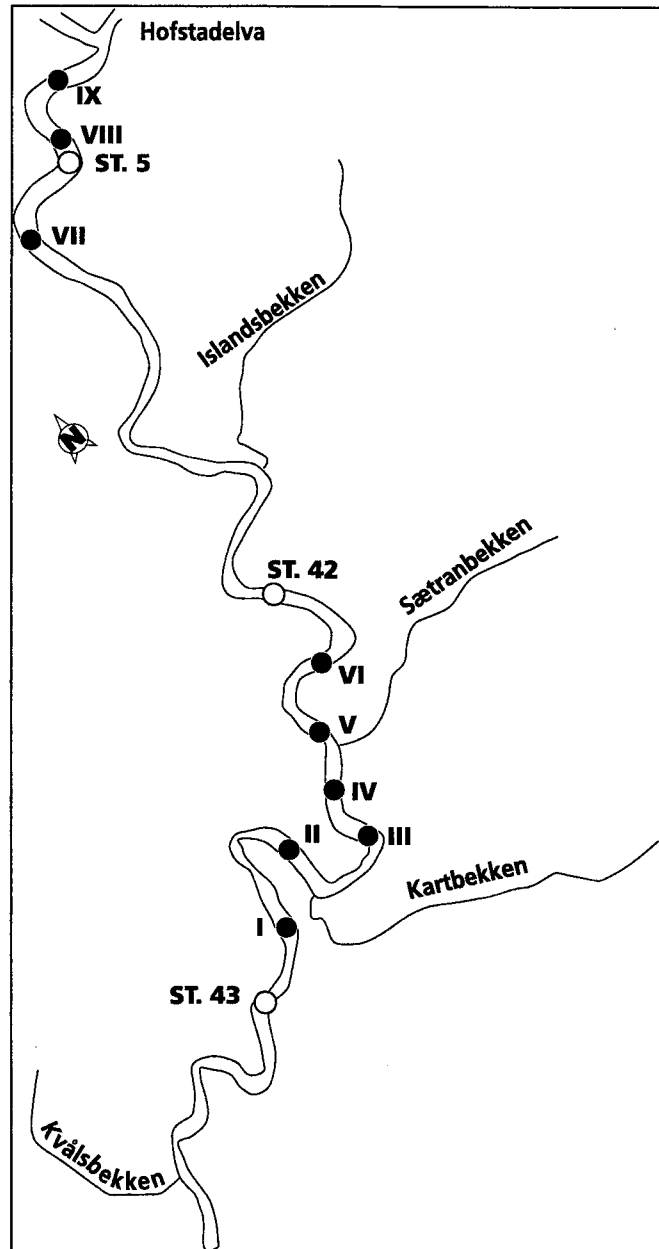
## 3 Metoder

### 3.1 Metoder og forsøksfelter

Eksperimentet er gjennomført på strekningen fra samløpet mellom Gråelva og Hofstadelva og videre 2,5 km nedover elva (**figur 2**). Her veksler elva mellom kulper og moderate stryk. Sammen med NVE-Region Midt-Norge ble det foretatt flere befaringer høsten 1998 og våren 1999, med tanke på å finne egnede steder for å legge ut grus i de steinsatte delene av Gråelva (**figur 1**). Det ble utarbeidet en skisse over hvilke områder som skulle velges. I samarbeid med NVE-Region Midt-Norge ble det med grovskissen som utgangspunkt foretatt en ny befaring for endelig valg av områder for utlegging av grus. Det ble anlagt 9 områder (I-IX) (**figur 2**). Hvert experimentområde ble anlagt i de nederste 5-10 m av eksisterende kulper. En prinsipp-skisse av metoden er vist i **figur 3** og **figur 4**. Tre av kulpene ble gjort dypere ved å heve terskelkrona med 0,5-1 m (kulp I, IV og VI). Dette ble gjort for å få tilstrekkelig dybde og stabilt anlegg for grusen, samt for å øke potensielle oppholdssteder for voksenfisk.

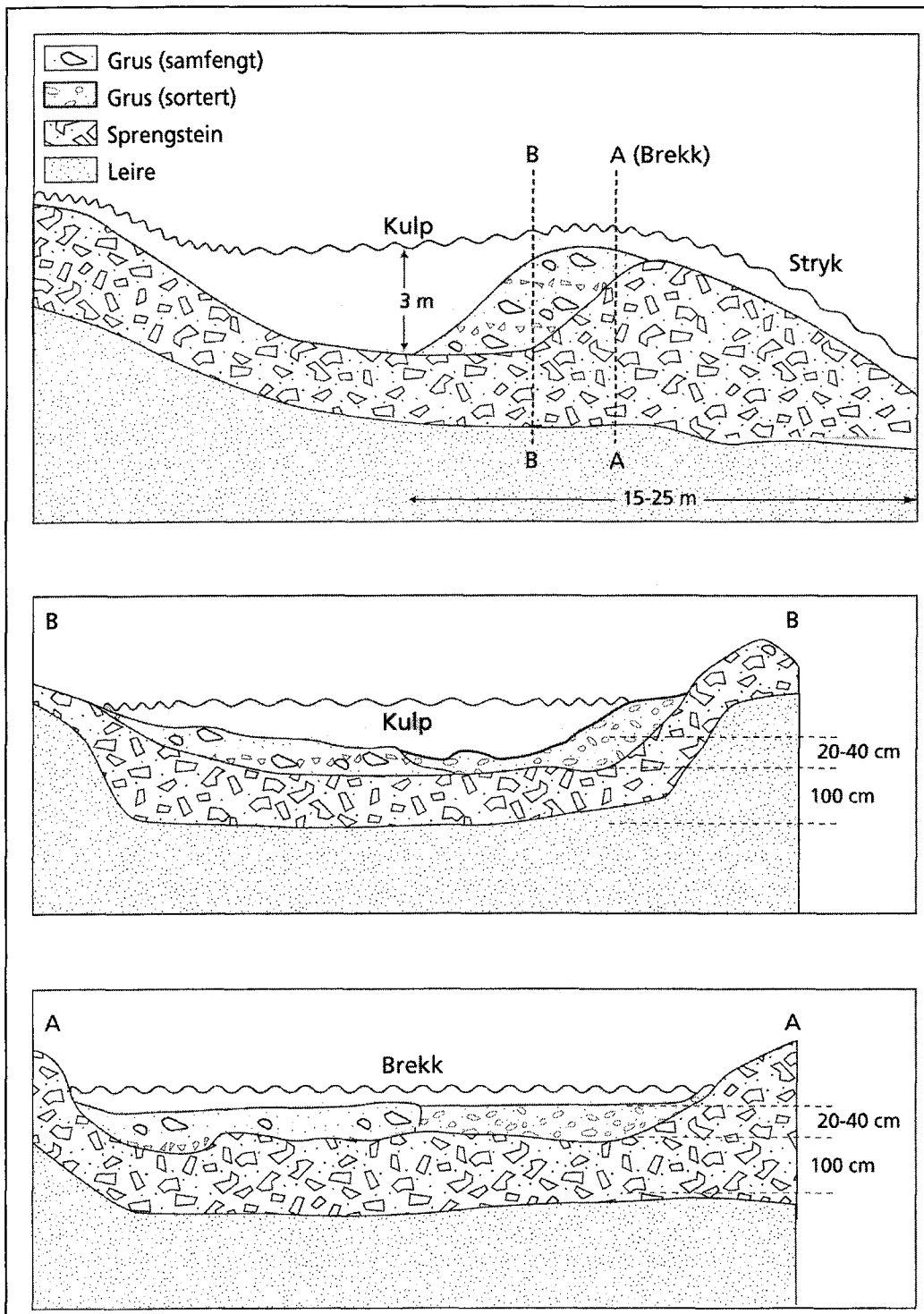
Grusen ble hentet fra Hembre Grustak i Hegra, omlag 10 km unna, og anlagt i 3 deponier ved elva. Den samfengte grusen ble tatt direkte fra grustaket. Den andre grustypen var sortert i grustaket og inneholdt grus med diameter fra 18-100 mm. De to forskjellige grustypene ble holdt atskilt. Forut for grusutleggingen ble det tatt grusprøve fra de tre deponiene. I tillegg ble det tatt prøver av bunnsubstratet fra eksperimentkulpene og fra naturlige gyteplasser i elva. Prøvetakingen av grus fra deponiene ble foretatt på følgende måte; Det ble tatt 10 tilfeldige spadetak grus fra 5 forskjellige grushauger av samfengt grus og grusen ble lagt i en haug. Denne haugen ble delt i 4 like deler hvorav én ble tatt med til videre analyse. Det ble totalt tatt 6 prøver fra de 3 deponiene. Alle prøvene ble merket og tatt med til tørking for videre analyse av sammensetning. Til analyse av grusen ble det benyttet et standard siktesett (Wentworth skala) som bestod av 12 ulike rister med diameter 30 cm. På basis av sikteresultatene ble det regnet ut en index, Fredle index, som beskriver gruskvaliteten med hensyn på overlevelse for egg og yngel hos laksefisk (Wentworth 1922, Montgomery et al. 1996).

Hver stasjon ble oppmålt ved å anlegge fastpunkter i hvert av hjørnene forut for grusutleggingen. Utlegging av grus og senere målinger av vanddybde og vannhastighet tok hele tiden utgangspunkt i fastpunktene for å gi sammenlignbare resultater. Vanddybder ble målt for hver meter av elvetversnittet, og for annenhver meter fra nedre fastpunkt og innover i kulpene. Vannhastigheten ble målt med et Høntzsch flowthermmeter 15 cm over bunnen på alle målepunktene for dybder  $\geq$  15 cm. Gjennomsnittshastigheten for 15 sekunder måle-tid ble avlest.



**Figur 2.** Prosjektområdet med de forskjellige prøveflatene I-IX. Referansestasjonene (jf. **figur 1**) er også merket av.

Prinsippskisse for plassering av grus i forhold til kulpene er vist i **figur 3** og **4** og opplysninger om de enkelte stasjonene fremgår av **tabell 1**. Grusen ble transportert ut til prosjektområdene med dumper og de to grustypene ble forsøkt anlagt i like store volum ved siden av hverandre i elveleiet. Grusen ble jevnet utover med gravemaskin der dette var nødvendig, slik at grusdybden ble ca 40 cm for begge grustypene. Den sorterte grusen ble anlagt til høyre (sett oppstrøms) i alle områdene. Reirdybde hos laks og sjøaure øker med fiskestørrelse. 40 cm gruslag er tilstrekkelig for de størrelsesgruppene en forventer å finne i Gråelva (Barlaup et al. 1994, Crisp & Carling 1989).

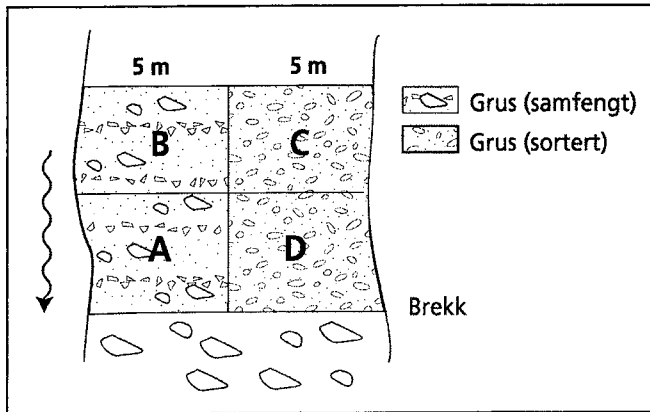


**Figur 3.** Prinsippskisse av kulp med de to utlagte grustypene, sortert til høyre og samfengt til venstre. Snitt A-A ved terskelkrona. Snitt B-B, 3 m inne i kulpen.

Grusutleggingen ble utført i mai-juni 1999. Vanndybder og vannhastigheter over de 9 prøveflatene ble målt både før og etter grusutlegging (**tabell 2**). Det ble også tatt grusprøver ca ett år etter utlegging (mai 2000). Prøvene ble tatt fra de nederste 4 meterene av hver prøveflate; 2 prøver fra området der det ble lagt ut samfengt grus og 2 prøver fra siden med sortert grus (**figur 4**). Det ble laget siktekurver fra alle de 4 x 9 = 36 grusprøvene.

SINTEF målte vannhastigheter og vannføring 2. juni og 23. november 1999 og 4. oktober 2000.

Vannføring ble registrert kontinuerlig ved NVEs målestasjon (124.15 Børstad). Måling av vanndybde i eksperimentkulpene er avhengige av vannføring. Basert på SINTEF og NVE's målinger ble det laget en regresjonsmodell som grunnlag for å korrigere vanndybde når målingene ikke ble gjort ved samme vannføring.



**Figur 4.** Eksperimentkulp sett ovenfra, med plassering av de to forskjellige grustypene.

### 3.1.1 Vannkvalitet

Tidligere målinger av partikkelinnhold (partikulært uorganisk materiale, PUM) i Gråelva viser at vannkvaliteten i perioder (før 1995) har vært høyere enn akseptable verdier for overlevelse av laksefisk, dvs PUM > 25 mg/l. Etter steinsetting har vannkvaliteten blitt betydelig bedre (Berger et al. 1997). For å dokumentere at vannkvaliteten har ligget innenfor et akseptabelt nivå for overlevelse hos laksefisk i eksperimentperioden har vi foretatt målinger av turbiditet i mai 1999 og i mai, juli og september 2000. Vi har valgt å bruke parameteren turbiditet som mål på vannkvalitet fordi dette målet er direkte relatert til innhold av partikulært uorganisk materiale (PUM) som igjen er relatert til overlevelse (jf. Berger et al. 1997).

**Tabell 1.** Forsøksområdene (I-IX) i Gråelva med opplysninger om størrelse og utlagt grusvolum.

Område	Lengde m	Bredde nedre m	Bredde øvre m	Areal m <sup>2</sup>	Tykkelse m	Volum totalt m <sup>3</sup>	Volum samfengt m <sup>3</sup>	Volum sortert m <sup>3</sup>
I	10	15,2	16,5	159	0,4	63	32	32
II	10	12,9	12,5	127	0,4	51	25	25
III	10	16,1	17	166	0,4	66	33	33
IV	6	12,4	10,7	69	0,4	28	14	14
V	8,2	11,7	9,5	87	0,4	35	17	17
VI	10	9,1	8,1	86	0,4	34	17	17
VII	10	13,3	12	126	0,4	51	25	25
VIII	8	11,6	9,9	86	0,4	34	17	17
IX	10	8,4	11,2	98	0,4	39	20	20
Totalt						401	201	201

**Tabell 2.** Tidspunkt for måling av vannhastighet og vanddyb over prøveflatene. Grusprøver ble tatt før utlegging og etter ca ett år.

	11.05.99	08 – 11.06. 99	28.06.00	25.11.99	22.05.00	19.09.00
Vannhastighet	X	Utlegg av grus	X	X	X	X
Vanddybde	X	Utlegg av grus	X	X	X	X
Grusprøve	X (før)	Utlegg av grus			X	

### 3.1.2 Elfiske

Registrering med elektrisk fiskeapparat ble gjennomført på alle referansestasjoner i mai, juni/juli og august/sept. Hele elvetvernsnittet ble avfisket over en viss strekning. Arealet ble oppmålt for hver stasjon og det ble fisket tre omganger på hver stasjon med omlag 20 minutters opphold mellom hver omgang. All fangst ble arts- og aldersbestemt i felt etter hver elfiskeomgang, og antall

på forskjellige aldersgrupper og arter i hver omgang ble notert på hver stasjon. Tettheten av yngel (0+) og ungfisk ( $\geq 1+$ ) ble beregnet etter Zippins metode (Bohlin et al. 1989). Tettheten er oppgitt i antall individer per 100 m<sup>2</sup>.

Tetthetsregistreringer av laks- og aureunger ble også gjennomført med elektrisk fiskeapparat like nedstrøms alle de 9 områdene (I-IX). For å undersøke om det

allerede var yngelproduksjon i den steinsatte delen av vassdraget ble det elfisket i slutten av mai 1999. Tilsvarende elfiske ble foretatt i slutten av mai 2000, og for å følge utviklingen utover i sesongen ble det foretatt ytterligere elfiske i september 2000 for å sammenlikne med referansestasjonene.

### 3.1.3 Gytregistrering

Gyteaktivitet er registrert ved direkte visuell observasjon fra elvebredden ved fem feltrunder i perioden september til november i 1999 og tilsvarende i 2000. Det ble i tillegg gjort videoopptak for dokumentasjon av observasjonene. I 1999 ble områdene også videofilmet fra helikopter etter gytetida i november. Det ble registrert hvor stor del av grusbunnen som var gravd opp av gytende fisk og om det var laks eller sjøaure på prøveflatene.

Videokamera ble også benyttet for å dokumentere ulike observasjoner i andre deler av prosjektet.

### 3.1.4 Genetisk analyse

Det ble observert gyteaktivitet av både aure og laks på minst 2 av de 9 prøveflatene i 1999. For å verifisere hvilke arter som hadde gytt på de forskjellige eksperimentområdene ble det hentet ut nyklekket yngel ved elfiske fra de 9 forskjellige områdene våren 2000. Av disse ble det tatt ut 1-2 yngel fra hvert eksperimentområde for artsbestemming ved gentekniske metoder. Yngelen ble analysert med restriksjonsfragmentanalyse av mitokondrielt DNA (mtDNA) etter prosedyrer fra Cronin et al. (1993). For nærmere beskrivelse av metode henvises til **vedlegg I**. Genetiske analyser av nyklekket yngel er den beste måten å sikre at vi kan bestemme hvilken art som har gytt i de ulike områdene. Det er svært vanskelig å artsbestemme nyklekket yngel av laks og aure, og ved å vente med innsamling til senere på sommeren kan man risikere innvandring av yngel fra ovenforliggende områder.

### 3.1.5 Nøyaktig topografisk oppmåling og bruk av habitat-hydrauliske simulerings verktøy for beskrivelse av gytehabitat.

Det ble foretatt nøyaktige topografiske og hydrauliske oppmålinger på en representativ elvestrekning som inkluderer en av eksperimentkulpene, stasjon VIII. Data fra oppmålingene ble benyttet som inngangsdata for konkrete analyser av de hydrauliske parametre. Det ble gjort nøyaktige oppmålinger av bunntopografi, substrattyper, vannlinjer og vannhastigheter for denne stasjonen for de tre ulike befarings situasjonene. Bunntopografien

ble målt inn med en Sokisha SET4 totalstasjon med avstandsmål. På den aktuelle stasjonen ble det målt inn ca 250 punkter med x, y og z koordinater ved første anledning, dvs. før grus ble lagt ut. Ved de to siste feltturene ble ytterligere 100 punkter hver gang målt inn, og da bare i det området hvor grusen var lagt ut. For den resterende delen av stasjonen ble de først innmålte punktene benyttet for å beskrive stasjonens topografi, fordi disse områdene øyensynlig ikke var endret. Vannlinjene ble målt inn med ca 20 punkter på hver side av elva for å karakterisere elvas helning, og vannføringen ble beregnet ut fra hastighetsmålinger på et egnet transekt med et Ott miniflygel. Disse data ble så grunnlag for modellering av:

1. Hydrauliske parametre (3D hastighet, dyp etc.) i SSIIM for et finmasket rutenett i tre dimensjoner.
2. Plotting av gytehabitat i Vassdragssimulatoren.

Det er utviklet kraftige dataverktøy for å beskrive hydrofysiske forhold, og kvantifisering av habitat for ungfisk av laks og ørret. Disse verktøyene er også egnet til å kvantifisere gytehabitat, idet den eneste forskjellen prinsipielt er at det er andre preferansedata for gyting enn for oppvekst. Samtidig har en lang erfaring med forskning på massetransport i vassdrag.

## 4 Resultater

### 4.1 Vannkvalitet og vannføring

Vannkvaliteten basert på målinger av turbiditet i forsøksperioden, var god både ovenfor og i eksperimentområdet sammenlignet med tidligere målinger i vassdraget (**tabell 3**). Gjennomsnittlig turbiditet i eksperimentområdet ble målt til 1,7 FTU, en betydelig lavere verdi enn årsgjennomsnittet fra samme området i 1994-95. Verdiene i Hofstadelva var også betydelig lavere sammenliknet med tidligere målinger.

Vannføringen i Gråelva i 1999 og 2000 var gjennomsnittlig 1,34 m<sup>3</sup>/s (min 0,10 m<sup>3</sup>/s, maks 18,53 m<sup>3</sup>/s) (**figur 5**). Vannføringen (21.06.99) like etter utlegg av grus var i en periode høyere enn 6 m<sup>3</sup>/s. I gyteperiodene i de to årene var vannføringen i gjennomsnitt lik eller lavere enn årsnormalen (**tabell 4**). Det var spesielt lav vannføring i perioden oktober–desember 2000. Alle vannføringer er målt ved NVE sin stasjon ved E-14 nedstrøms forsøksområdet, og representerer forsøksområdet på en tilfredsstillende måte.

### 4.2 Vanndybde og vannhastighet på prøveflatene

Gjennomsnittlig vanndybde i eksperimentkulpene før utlegging av grus var lik på den siden det skulle legges ut samfengt grus og på den siden det skulle legges ut sortert grus ( $t = -0,922$ ,  $df = 17$ ,  $P = 0,370$ ). Gjennomsnittlig dybde på samfengt side var 0,42 m og på sortert 0,38 m. Forholdet mellom vanndybder framme og bak i kulpene var også lik for de to grustypene (**tabell 5**, **figur 6**).

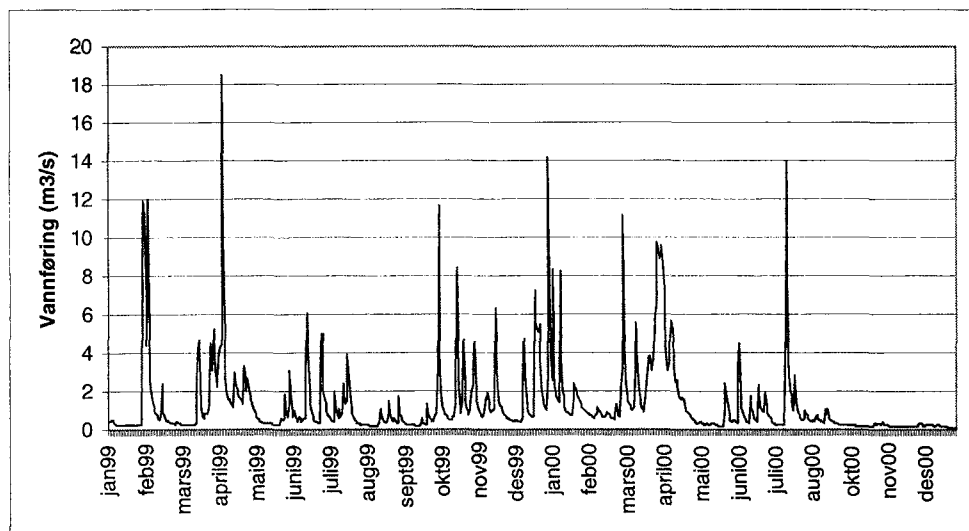
Vanndybden over gyteområdene var ikke forskjellig fra gjennomsnittet for kulpene ( $F = 0,193$ ,  $P = 0,666$ ,  $df = 17$ ).

Vanndybden umiddelbart etter utlegging av et 0,4 m høyt gruslag var i gjennomsnitt 0,19 m (SE = 0,19) på samfengt side og 0,15 m (SE = 0,26) på sortert side. Fjorten dager seinere var vanndybden i gjennomsnitt (median) øket med 31 % på samfengt side og redusert med 10 % på sortert side (**tabell 6**). Utviklingen i vanddyb i de forskjellige områdene A, B, C og D i de forskjellige eksperimentkulpene fremgår av **figur 7**.

**Tabell 3.** Turbiditetsdata fra Gråelva ovenfor og i eksperimentområdet før og under forsøket. Data fra Stjørdalselva gir referanseverdier fra et vassdrag med god vannkvalitet.

Område	1994-1995		1999-2000	
	Gjsn	Sd (n)	Gjsn	Sd (n)
Hofstadelva øvre	5	7 (11)	0,8	0,3 (2)
Hofstadelva nedre	9	9 (11)	0,7	0,1 (4)
Eksperimentområdet	29	33 (11)	1,7	1,2 (8)
Stjørdalselva (referanse)	3	2 (10)	-	-

**Figur 5.** Vannføring plottet som døgnmiddel i Gråelva i 1999 og 2000.



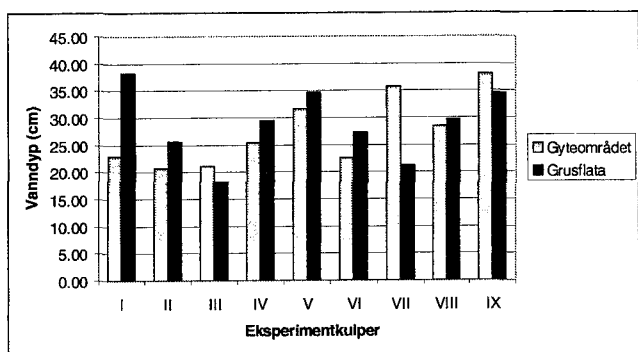


**Tabell 4.** Vannføring i gyteperioden i 1999 og 2000.

Tidsperiode	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)	sd	n
Gyteperioden 99	1,37	2,08	49
Gyteperioden 00	0,23	0,06	49

**Tabell 5.** Gjennomsnittlig vanndybder i eksperimentkulpene 11.05.99, før grusutlegging. Framme referer til de nederste 2 m fra terskelkrona. Bak referer til resten av kulpene.

	Samfengt side	Sortert side
Framme	0,33 m, SE = 0,047	0,27 m, SE = 0,035
Bak	0,51 m, SE = 0,069	0,49 m, SE = 0,084



**Figur 6.** Vanndybde på gyteområdene og grusflatene forøvrig på de 9 eksperimentområdene.

**Tabell 6.** Median prosentvis endring i vanndybder i eksperimentkulpene fra grusutleggingstidspunkt og 14 dager seinere. Framme referer til de nederste 2 m fra terskelkrona. Bak referer til resten av kulpene.

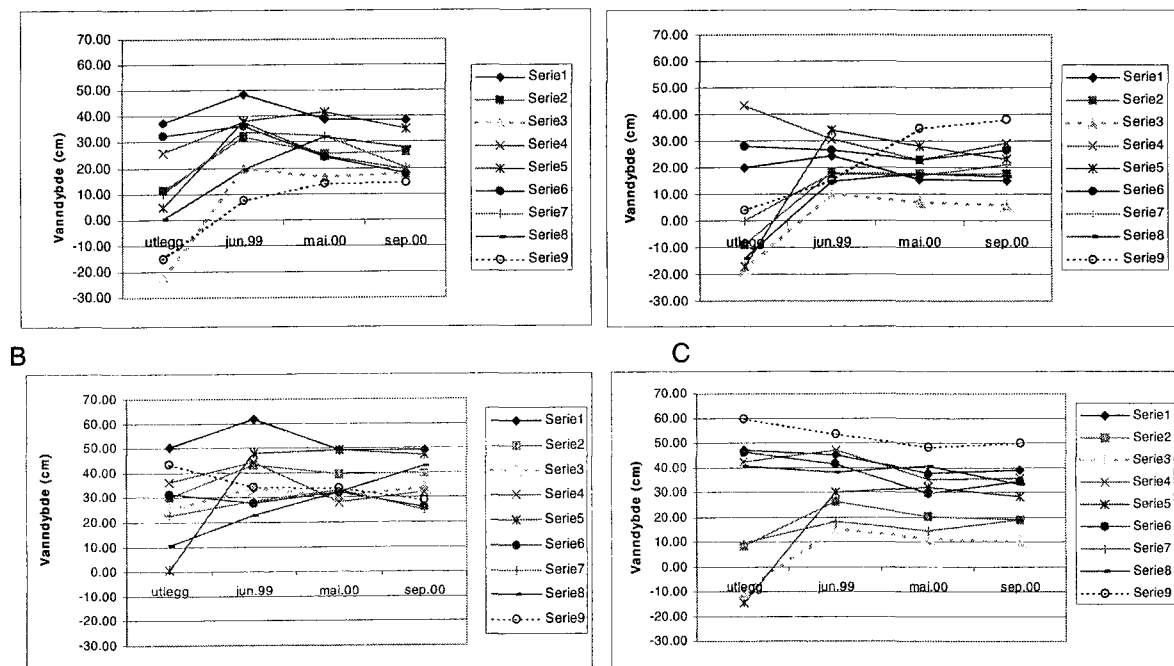
	Samfengt side	Sortert side
Framme	23,3	-6,6
Bak	47,6	-155,9

Vannhastigheten over gyteområdene var høyere enn gjennomsnittlig verdi for hele eksperimentthølen ( $F = 12,21, P = 0,003, df = 17$ ) (**figur 8**).

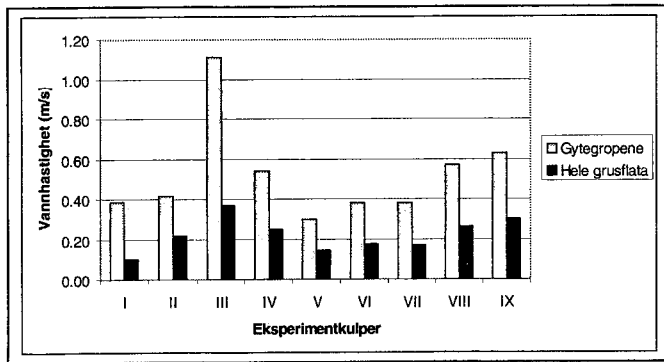
### 4.3 Grussammensetning

Grusprøvene tatt av massene før utlegging i 1999 hadde en vekt på gjennomsnittlig 11 071 g (sd = 2658, N = 6). Prøvene fra de naturlige gyteområdene i 1999 hadde en vekt på gjennomsnittlig 9 435 g (sd = 3160, N = 8). Grusprøvene som ble tatt på A, B, C og D områdene på de 9 lokalitetene i mai 2000 hadde en vekt på gjennomsnittlig: 6 090 g, sd = 1204 og N = 36.

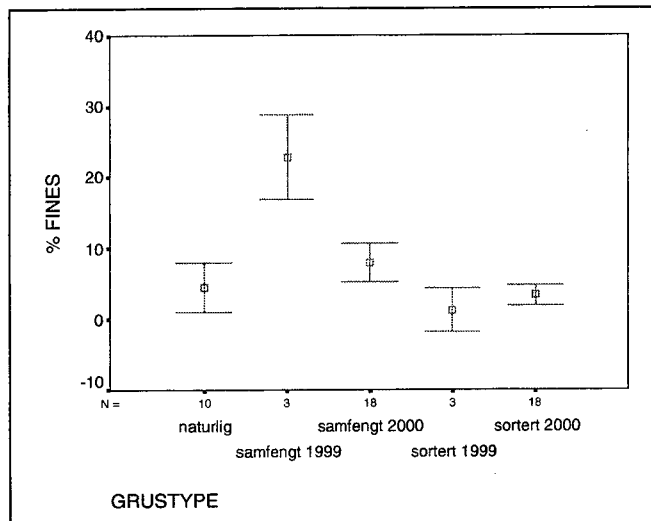
Før utlegging av grus inneholdt samfengt grus mer finmateriale (< 1mm) enn den sorterte grusen ( $F = 5,309, P < 0,001, df = 5$ ) (**figur 9**). Fredle index var også forskjellig for de to grustypene selv om forskjellene ikke var signifikante (**figur 10**). (Merk: Antall prøver av grusen før utlegging var kun 3 av hver sort). Etter ca ett år i elva var partikkelsammensetningen i de to grustypene mer lik. Fredle index var ikke forskjellig mellom prøver fra



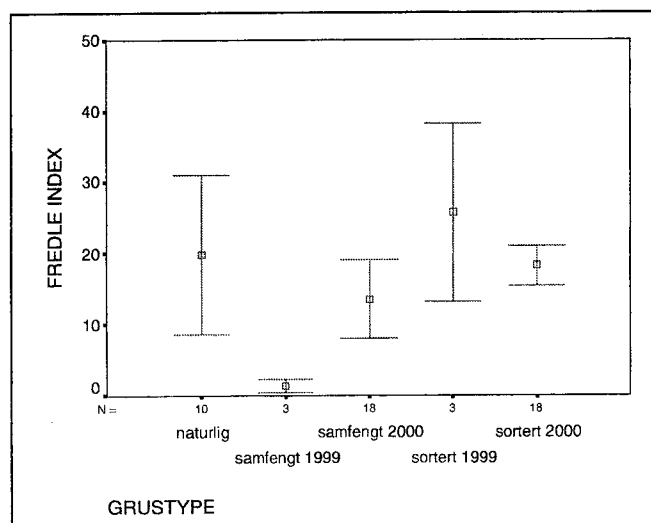
**Figur 7.** Endring i vanndybde i løpet av et år. Samfengt side framme i kulpene (A), bak i kulpene (B). Sortert side bak i kulpene (C) og framme i kulpene (D). Serie 1-9 representerer utviklingen i hvert eksperimentområde.



**Figur 8.** Vannhastighet 0,15 m over bunnen på gyteområdene og generelt i kulpen på de 9 eksperimentområdene.



**Figur 9.** Gjennomsnittlig mengde finmateriale fra grusprøver tatt før utlegg (samfengt og sortert 1999), og etter at grusen har ligget et år i elva (samfengt og sortert 2000). Grusprøver fra naturlige gyteplasser i Hofstadelva (merket »naturlig» i figuren) lagt inn som referanse.



**Figur 10.** Gjennomsnittlig »Fredle index» for grusprøver tatt før utlegg (samfengt og sortert 1999), og etter at grusen har ligget et år i elva (samfengt og sortert 2000). Grusprøver fra naturlige gyteplasser i Hofstadelva (merket »naturlig» i figuren) lagt inn som referanse.

samfengt, sortert og naturlige områder, men samfengt grus inneholdt mer finmateriale også etter ett år ( $F = 9,688$ ,  $P = 0,004$ ,  $df = 34$ ).

Grussammensetningen (fredle index og % finmateriale) var ikke forskjellig mellom de 9 lokalitetene (Fredle index:  $F = 0,579$ ,  $P = 0,786$ ,  $df = 8$ , Prosent Finmateriale:  $F = 0,323$ ,  $P = 0,950$ ,  $df = 8$ ). Det var ikke forskjell i fredle index mellom områdene A, B, C og D innen kulpene, men andelen finmateriale var høyere bakerst i kulpen på samfengt side i forhold til framme i kulpen på sortert side (B vs D) ( $F = 3,794$ ,  $P = 0,02$ ,  $df = 3$ ) (tabell 7).

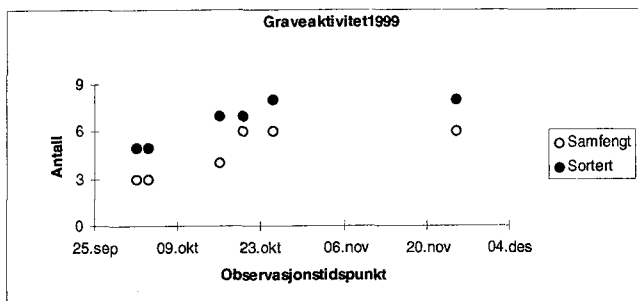
**Tabell 7.** Prosent finmateriale på stasjonene et år etter at grusen ble lagt ut. Prøve A og B er fra samfengt grus, henholdsvis ned mot brekket framme i kulpen og bakerst i kulpen. Tilsvarende plassering gjelder prøve C og D fra sortert side.

	% finmateriale	SE	N
A	6,59	1,36	9
B	9,23	2,19	9
C	3,74	1,02	9
D	3,06	0,89	9

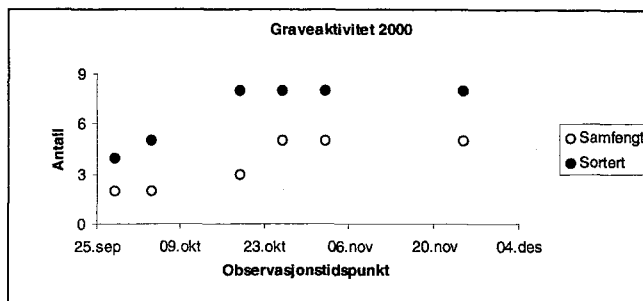
#### 4.4 Gyteregistreringene

Det var liten gyteaktivitet før 3. uke i oktober i 1999, mens det i 2000 var høy aktivitet med både graving og observasjon av gyteaktiv fisk allerede i første uke i oktober. Høyest aktivitet begge årene ble registrert fra 16.-29. oktober (26. okt i 2000) (figur 11 og 12, tabell 8 og 9). Fra begynnelsen av november begge årene ble det observert færre fisk og ingen nye områder med graving. Det var høyere graveaktivitet begge årene i områdene med sortert grus (Mann-Whitney:  $Z = -1,94$ ,  $P = 0,05$ ,  $N = 9$ ) og det ble også observert flere gyteaktive voksenfisk på sortert grus enn på samfengt grus (tabell 10).

Det var også forskjeller i hunnfiskenes graveaktivitet mellom områder framme og bak i kulpen og mellom de to grustypene (tabell 11). Forskjellene var mindre i 2000 enn i 1999. Gyteområdene på stasjon VIII i 1999 er vist på oversiktsfoto (figur 13) og illustrerer lokaliseringen for gyteaktivitet for flere av kulpene.



**Figur 11.** Gyteaktivitet målt som antall områder (kumulativt) med graving på de forskjellige områdene og grustypene over tid (september-november 1999).



**Figur 12.** Gyteaktivitet målt som antall områder (kumulativt) med graving på de forskjellige områdene og grustypene over tid (september-november 2000).

**Tabell 8.** Gyteaktivitet på de ulike områdene (I-IX) og grustypene (Samfengt (Sa) og sortert (So)) i perioden oktober-november 1999. G = graving (x), F = observert voksenfisk (•).

1999	Dato	02.okt		04.okt		16.okt		20.okt		29.okt		25.nov	
		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype	
Stasjon	Observasjon	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
I													
II		x	x	x	x	x	x	•	x	x	•	x	x
III		x		x		x			x		x	x	•
IV		x	x	x	x	x	x		x	x	•	x	x
V						x			x	x			x
VI			x		x		x	•		x			x
VII						x		x	x	x		x	x
VIII			x		x		x	•	x	x	•	x	x
IX			x		x	x	x		x	x		x	x

**Tabell 9.** Gyteaktivitet på de ulike områdene (I-IX) og grustypene (Samfengt (Sa) og sortert (So)) i perioden september-november 2000. G = graving, F = observert voksenfisk.

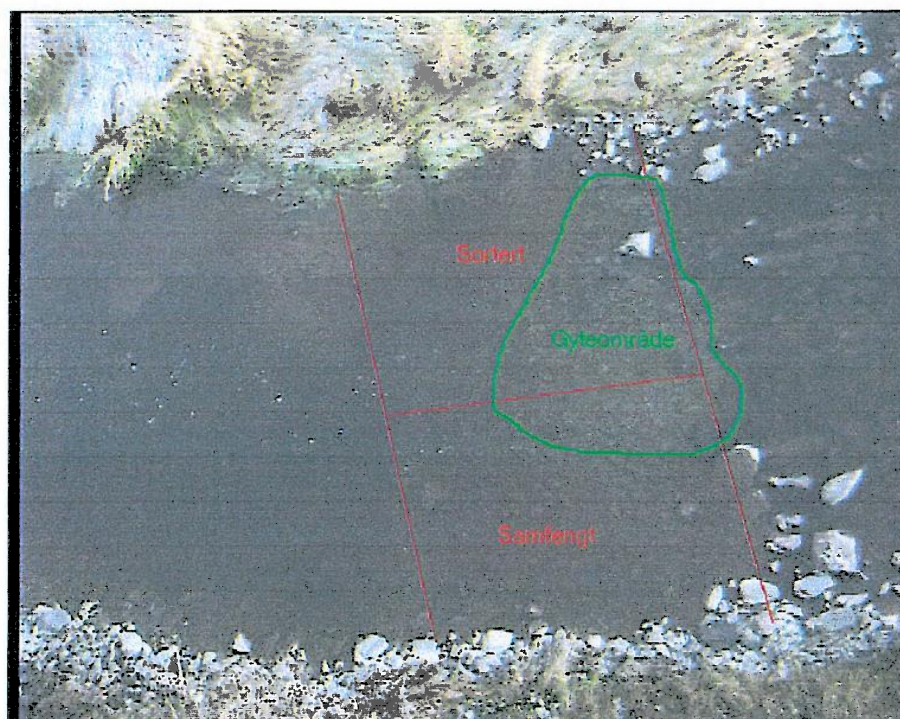
2000	Dato	28.sep		04.okt		19.okt		26.okt		02.nov		25.nov	
		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype		Grustype	
Stasjon	Observasjon	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
I							x		x		x		x
II		x	•	x	•	x	•	x	•	x	x	x	x
III		x		x		x		x		x	•	x	x
IV			x		x	•		x	•		x		x
V			x		x	•	x	•	x	•		x	x
VI					x	•		x		x	•		x
VII						x		x		x			x
VIII							x	•		x		x	

**Tabell 10.** Observasjoner av gyteaktiv voksenfisk på samfengt og sortert side sept.-okt. 1999 og 2000.

1999		02.okt	04.okt	16.okt	20.okt	25.okt	25.nov
Fisk	Samfengt	0	0	0	0	0	1
	Sortert	0	0	3	3	0	0
2000		28.sep	04.okt	19.okt	26.okt	02.nov	25.nov
Fisk	Samfengt	1	1	2	1	0	1
	Sortert	1	4	3	4	1	0

**Tabell 11.** Forskjeller i hunnfiskenes graveaktivitet innen hver eksperimentkulp i årene 1999 og 2000. 1 og 2 viser til hvilke parvise tester som er foretatt, f.eks A vs B, A vs C. Uthevede bokstavkoder gjelder graving på sortert grus. Tallene i kolonnene angir antall gravende hunner observert i hvert område. P verdien refererer til Mann Whitney U test.

1	2	Graveaktivitet 1999			Graveaktivitet 2000		
		1	2	P verdi	1	2	P verdi
A	B	9	0	0,001	9	0	0,004
A	C	9	2	0,017	9	4	0,107
A	D	9	21	0,007	9	17	0,100
B	C	0	2	0,145	0	4	0,146
B	D	0	21	< 0,001	0	17	< 0,001
C	D	2	21	0,001	4	17	0,10

**Figur 13.** En av testkulpene (område VIII – nov.1999) der substrat berørt av fiskens graveaktivitet er vist i grønt, mens den totale prøveflaten med de grustypene er vist med rødt omriss. (Foto: Anders Lamberg).

## 4.5 Nøyaktig oppmåling og bruk av habitathydrauliske simuleringstøytøyt

Resultatene fra oppmåling av bunntopografi ved de tre målingene i mai og november 1999 og i oktober 2000 er vist i **figur 14**, og tilsvarende fordeling av vannhastighet med avmerking av gyteområde i november 1999 i **figur 15**.

## 4.6 Ungfiskundersøkelser

### 4.6.1 Ungfisktetthet i eksperimentområdet

Det ble ikke fanget årsyngel (0+) av aure eller laks ved elfiske i mai 1999 (**figur 16A, vedlegg 2a**), dvs før grus ble lagt ut i de forskjellige områdene (I-IX). Året etter ble det imidlertid fanget yngel (plommesekkyngel) på nedre del av alle de 9 eksperimentområdene (**figur 16B, vedlegg 2b**). Tettheten av årsyngel på prøveflatene i mai 2000 varierte fra 1,4 til 29,4 individer per 100 m<sup>2</sup>. Flest årsyngel ble påvist på områdene IX, III og IV (**figur 16B, vedlegg 2b**).

Bestemmelse av 21 plommesekkyngel, basert på kuttemønstre i mtDNA, viste at 20 var aure og 1 var laks (**tabell 12**). Den ene laksen ble funnet på stasjon II, felt D, sammen med en aure. Siden artsbestemmelsen er basert på mitokondrie-DNA, kan vi bare bestemme hvilken art avkommets mor var (jf. metode (**vedlegg I**)). Hybridavkom kan ikke utelukkes.

Laksen ble identifisert på basis av kuttemønster B i både Hae III og Hinf I (ifølge nomenklaturen til Nielsen et al. 1996). Ingen av disse mønstrene er kjent hos ørret fra Skandinavia (Anon. 1999). I Rsa I hadde også laksen et annet mønster enn det vi fant hos auren fra Gråelva, men dette mønsteret er også kjent fra aure og ikke noe generelt artskjennetegn.

Hos de 20 aurene fant vi i alt fire forskjellige haplotyper: 111, 121, 141 og 132. Det tyder på at minst fire genetisk forskjellige (grupper av) hunnfisk av aure er representert i materialet. På stasjon III og stasjon VII er to forskjellige (grupper av) hunnfisk representert i hvert sitt felt. Ellers var det kun én haplotype på hver stasjon.

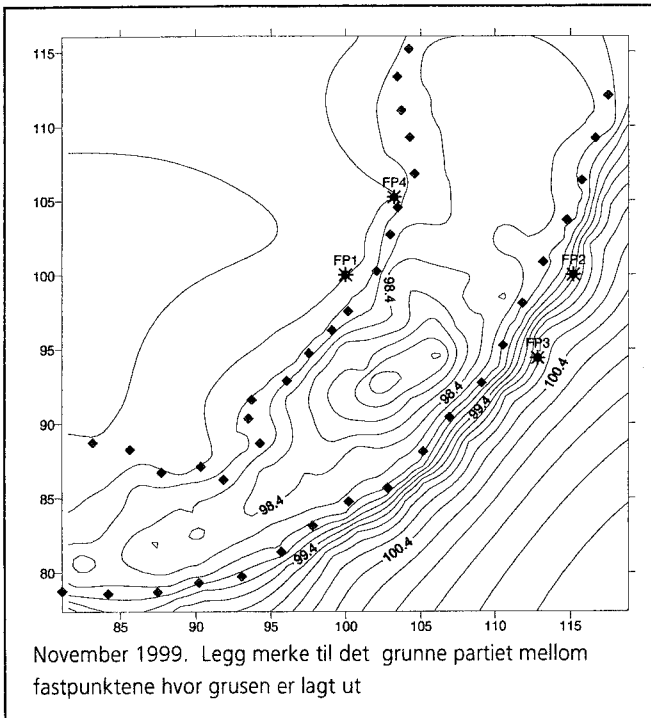
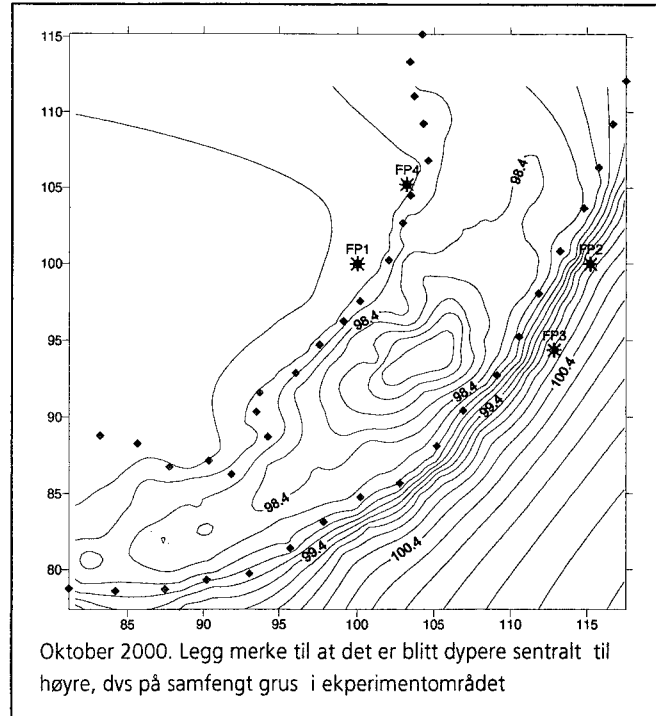
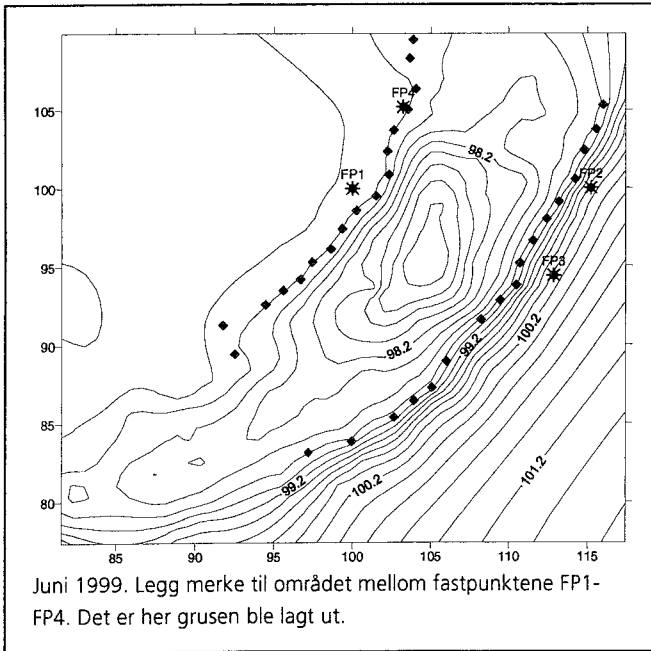
Vi har betegnet haplotypene med tallkoder, fordi det ikke er helt klart hvorvidt de samsvarer med kuttemønstrene i Anon. (1999). Vi fant imidlertid det samme antall forskjellige kuttemønstre i både Hae III (fire typer) og Hinf I (to typer) som angitt i Anon. (1999).

### 4.6.2 Tetthet av ungfisk i eksperimentområdet og områdene ovenfor og nedenfor.

I mai 1999 ble det ikke fanget årsyngel (0+) på noen av de 9 områdene der det skulle legges ut grus (**figur 14A, vedlegg 2a**) i motsetning til i de naturlige gyteområdene i Hofstadelva (**tabell 13**). På referansestasjonene (st. 5, 4,2 og 4,3), som ligger mellom eksperimentkulpene i det steinsatte området av Gråelva, ble det heller ikke fanget årsyngel (0+) av aure eller laks i mai i noen av årene, men utover i juni og september økte tettheten av årsyngel på disse stasjonene (**tabell 13**). Gjennomsnittlig tetthet av årsyngel av både aure og laks på utløpet av eksperimentflatene (I-IX) var imidlertid høyere ved målingene i september 2000 (93,3 (aure) og 29,5 (laks) individer per 100 m<sup>2</sup> (**vedlegg 2c**), enn på referansestasjonene innen området (73,9 (aure) og 5,5 (laks) individer per 100 m<sup>2</sup>).

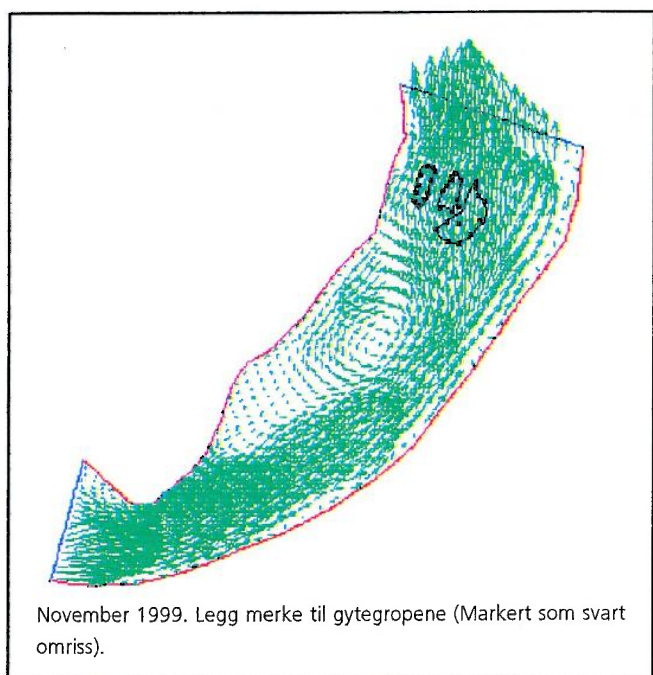
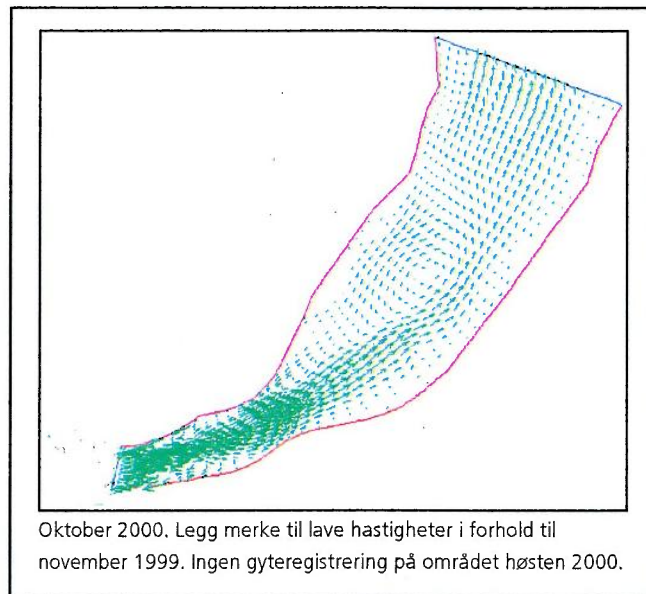
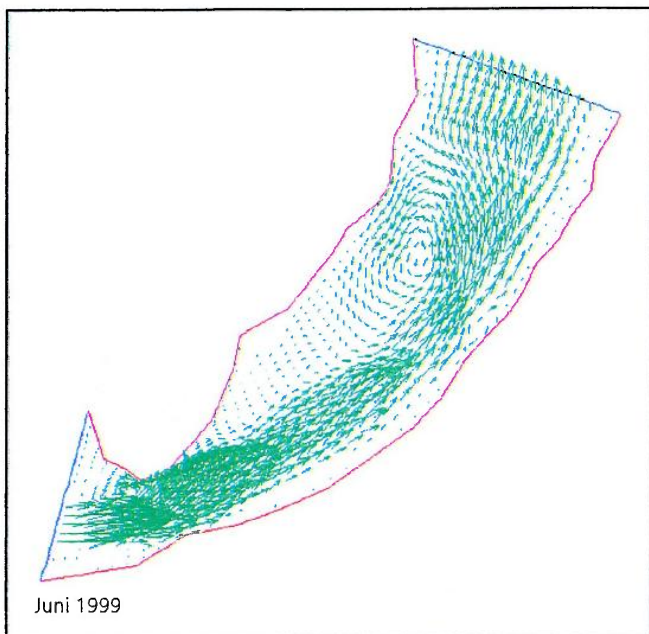
### 4.6.3 Utviklingen av tettheten av ungfisk av aure fra 1991 til 2000.

Det er foretatt tetthetsmålinger av ungfisk i Gråelva siden 1991. Steinsettingen startet høsten 1992. I perioden fra 1993 til 1994 var det mye anleggsdrift i området som eksperimentkulpene i vårt forsøk ligger. Siden 1995 har anleggsaktiviteten i dette området vært mindre, men vannkvaliteten i eksperimentområdet har vært påvirket av anleggsvirksomhet ovenfor, spesielt i 1996 og i 1997. Tettheten av årsyngel om høsten i den steinsatte delen av Gråelva er nå på samme nivå som før steinsettinga tok til, selv om det er store variasjoner over tid (Mann Whitney U). Etter 1995 er det ikke registrert signifikante endringer i yngeltetthet (0+) (Spearman rank;  $\rho = 0.500$ ,  $P = 0,391$ ,  $N = 5$ ) eller ungfisktetthet (1+) (Spearman rank;  $\rho = -0.400$ ,  $P = 0,505$ ,  $N = 5$ ) (**figur 17**).



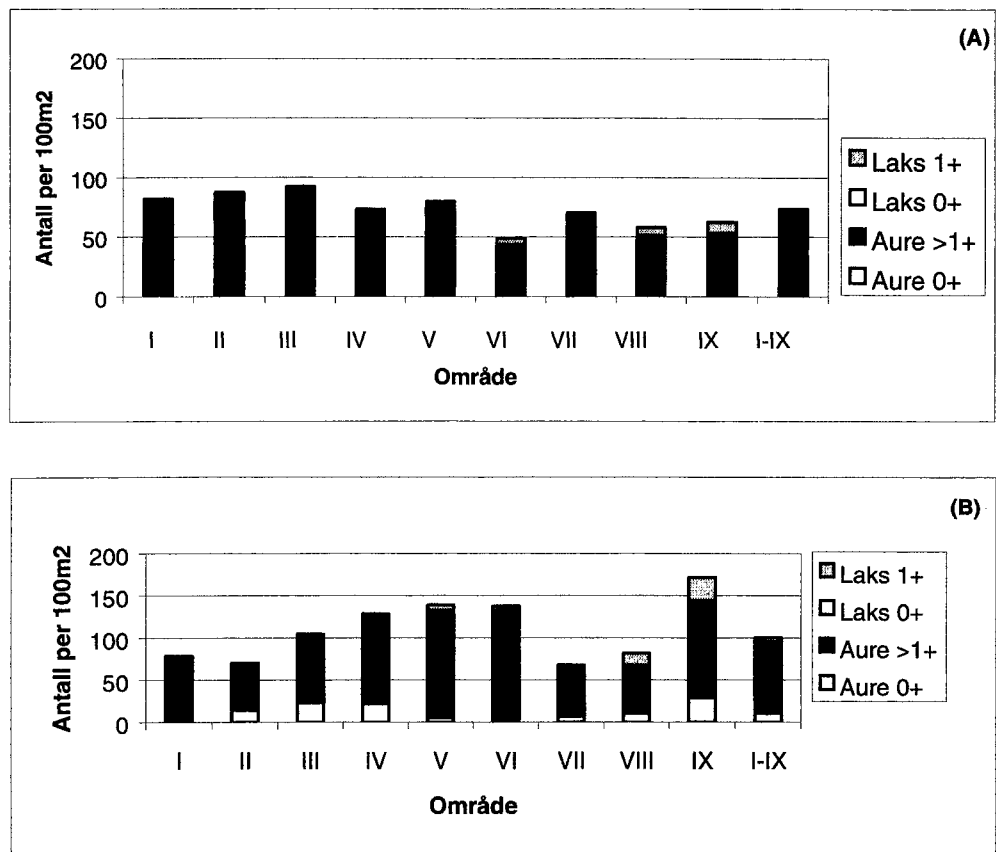
**Figur 14.** Dybdekart for eksperimentkulp VIII juni 1999 (før grusutlegging), november 1999 og oktober 2000. Tallene på høydekontene angir høyde over havnivå. Ekvidistanse 0,2 m. FP er fastpunkter. Målepunktene som angir vannlinjen er stippet. Elva renner mot høyre i bildene.





**Figur 15.** Fordeling av vannhastigheter i eksperimentkulp VIII i juni 1999 (før grusutlegging), i november 1999 og i oktober 2000. Større pil angir høyere hastighet. Elva renner mot høyre i bildene. Områdene med gyttegroper er tegnet inn for november 1999.

**Figur 16.** Tetthet av aure og laks i Gråelva basert på 3 omgangers elfiske (antall individer per 100 m<sup>2</sup>) fordelt på de forskjellige områdene I-IX, (A) mai 1999, (B) mai 2000.



**Tabell 12.** Fordeling av ulike haplotyper av ND1-fragmentet i mtDNA hos plommesekkyngel fra Gråelva. Hver haplotype er en kombinasjon av restriksjonskutttemønstre i restriksjonsenzymene Rsa I, Hae III og Hinf I, der tallkode angir aure og bokstavkode angir laks.

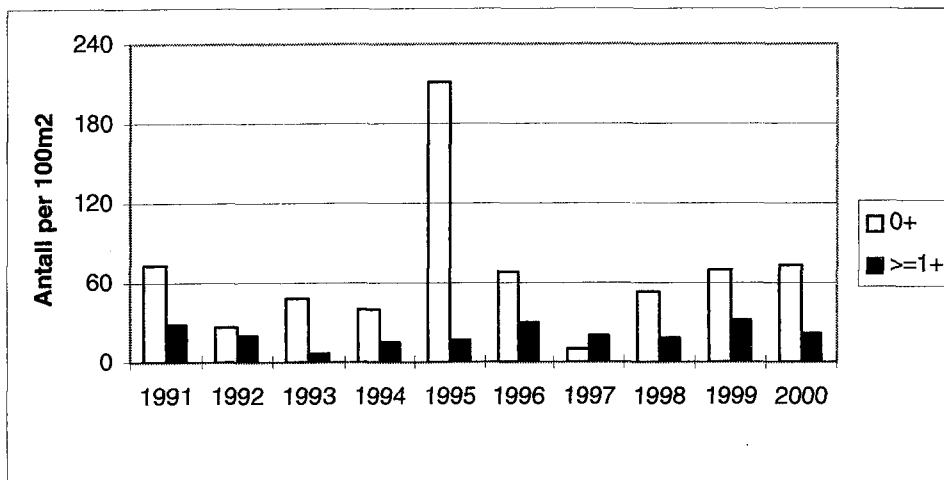
Stasjon	Felt	Haplotype (n)	Art (n)
I	D	111 (2)	aure (2)
II	D	111 (1), ABB (1)	aure (1), laks (1)
III	A	121 (2)	aure (2)
III	D	141 (1)	aure (1)
IV	D	121 (2)	aure (2)
V	D	132 (2)	aure (2)
VI	D	121 (2)	aure (2)
VII	A	132 (2)	aure (2)
VII	C	121 (2)	aure (2)
VIII	D	111 (2)	aure (2)
IX	D	121 (2)	aure (2)

**Tabell 13.** Tetthet av ørret og laksunger (antall per 100 m<sup>2</sup>) på referansestasjonene (st. 5, 4,2 og 4,3), som ligger innenfor eksperimentområdet i den steinsatte delen i Gråelva, sammenliknet med områdene nedstrøms og oppstrøms i mai, juni og august 1999 og 2000.

1999	Nedstrøms steinsatt område				Steinsatt område «Eksperimentområdet»				Oppstrøms steinsatt område			
	Laks		Aure		Laks		Aure		Laks		Aure	
Alder	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+
Mai					0,0	2,3	0,0	71,3	0,0	9,4	176,9	44,1
Juni					0,0	0,8	51,2	44,9	0,0	17,4	381,7	30,3
Aug/Sept	0,0	9,1	8,7	6,2	0,5	4,2	70,0	32,0	39,9	15,1	85,9	57,6

2000	Nedstrøms Steinsatt område				Steinsatt område "Eksperimentområdet"				Oppstrøms steinsatt område			
	Laks		Aure		Laks		Aure		Laks		Aure	
Alder	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+	0+	≥1+
Mai					0,0	3,4	1,0	66,2	0,0	5,0	11,4	38,7
Juni	0,0	10,4	0,7	8,4	5,2	2,3	14,8	31,5	0,0	31,9	258,2	31,6
Aug/Sept	0,0	0,8	21,3	6,1	0,4	0,8	73,9	22,5	5,5	18,7	160,6	40,5



**Figur 17.** Utvikling i tetthet av aure fra 1991-2000, basert på resultater fra (Berger m. fl. 1994, Berger m. fl. 1997, Jonsson m.fl. 2001 under ferdigstilling).

## 5 Diskusjon

Feltene med de to grustypene endret sammensetning og posisjon gjennom hele eksperimentperioden. De største forflytningene skjedde imidlertid like etter utlegging. I de første 14 dagene var vannføringen i en periode oppe i 6 m<sup>3</sup>/s (gjennomsnitt: 1,34 dette året), noe som førte til betydelig utvasking av finmateriale. Utvaskingen hadde størst betydning for den samfengte grusen fordi den i utgangspunktet hadde størst innhold av finmateriale.

Utvaskingen av finmateriale førte også til at forskjellene i sammensetning mellom de to typene ble redusert etter ett år i elva. Dette reflekteres i fredle index verdien for de to typene som før utlegging var høyere i sortert masse enn i samfengt masse, men som etter ett år var lik for de to typene. Fredle index etter ett år for de to utlagte grustypene var heller ikke forskjellig fra verdiene funnet i naturlig gytegrus i Hofstadelva. Den samfengte grusen forandret altså karakter fra å være lite egnet som gytegrus for laksefisk, til å bli god gytegrus på linje med naturlig forekommende grus. Den sorterte grusen var i utgangspunktet mer lik naturlig gytegrus og forandret ikke sammensetning i like stor grad som den samfengte grusen.

Det var lite bevegelse i grusmassene etter de første to ukene etter utlegging. Etter ett år og 5 måneder med store variasjoner i vannføring ligger grusen stabilt i utløpet av kulpen. Det er også her gytingen foregår. Det er ikke store forskjeller i partikkelsammensetning på de nederste 4 meterene av kulpen, men vannhastigheten er høyere langs brekket. Fisken gyter også der hastigheten i kulpen er høyest. Det finnes mange områder i elva utenom kulpene der vannhastigheten er like høy eller høyere enn der fisken gyter. Fisken velger derfor områder med egnet gytegrus, men innenfor et område der grusen er egnet velger den vannhastigheter fra 0,3 til 1,11 m/s.

Vannhastigheten i eksperimentområdene er avhengig av vannføringen i elva. I gyteperioden i de to årene forsøket gikk var vannføringa stabilt lav og den var spesielt lav høsten 2000. Vannhastigheten som fisken opplever like over bunnen endrer seg ikke mye med vannføring slik at det er trolig at fisken ville ha valgt de samme gyteområdene selv om vannføringa hadde vært høyere.

Vi observerte gyteaktivitet og fant yngel på samtlige eksperimentområder. Vi har derfor lykket med å skape nye gyteområder for både laks og sjøaure, verifisert ved DNA-analyse av plommesekeyngel. Det var forskjell i gyteaktivitet på de to grustypene og sortert grus ble foretrukket fremfor samfengt grus. Denne forskjellen var mest tydelig i 1999 og ble mindre i 2000, trolig fordi de to grustypene ble mer lik hverandre mot slutten av eksperimentperioden.

Funn av årsyngel (0+) i mai 2000 bekrefter at fiskene hadde en viss reproduksjonssuksess. Høyere tettheter av 0+ på eksperimentområdene i september i forhold til referansestasjonene som ligger mellom eksperimentkulpene viser at våre gyteplasser hadde bidratt til å øke yngeltettheten. Vi har ikke innenfor rammen av dette prosjektet kunnet kvantifisere denne reproduksjonssuksessen.

Det ble ikke funnet noen økning i ungfisktetthet (ettåringer og eldre) i årene 1996–2000 i den steinsatte delen av Gråelva. Selv om vi har registrert rekruttering og høyere tettheter av årsyngel i eksperimentområdet etter utlegging av gytegrus er det for tidlig å si noe om hvilken betydning de restaurerte gyteområdene vil ha for ungfiskproduksjonen i den steinsatte delen av Gråelva spesielt og for Gråelva generelt. Dette vil en kunne dokumentere ved oppfølgende tetthetsundersøkelser av ungfisk i noen år framover.

Aure og laks er truede arter i mange av våre bekker og elver. Dette er spesielt på grunn av deres høye sensitivitet for fysiske og kjemiske påvirkninger, som f. eks vannkraftutbygging, kanalisering, drenering av jordbruksarealer, sur nedbør og forurensning. Årsaken til at anadrome laksefisk er så sensitive er at de må vandre fra havet og opp i elver og bekker for å reprodusere. De behøver både tilfredsstillende gytehabitat og tilfredsstillende betingelser for overlevelse av egg, yngel og ungfisk, før de som smolt vandrer ut i marint miljø. Gode gytebetingelser er selve flaskehalsen for å kunne opprettholde en livskraftig sjøaure- og laksestamme.

Restaurering av elver og tilrettelegging av gyteplasser for sjøaure og laks er derfor et svært aktuelt tema i den videre forvaltning av anadrome laksefisk. I Norge gjennomføres en del små prosjekter med utlegging av gytegrus, både i lokal regi (Jeger og fiskerforeninger) og i regi av NVE's regionkontorer, uten at effekter av tiltakene blir dokumentert. Prosjektet i Gråelva er det første i så måte i Norge.

I Danmark er en i full gang med restaurering av flere større elver, bl.a. Skjern Å, som ble kanalisert på 1950-tallet, og et av målene er å gjenskape gode bestander av sjøaure og laks (Hansen 2001). Fra restaurering av flere mindre bekker har en i Danmark gode resultater fra tilrettelegging av gytehabitat for sjøaure ved utlegging av egnet gytegrus (Pedersen et al. 2001). Selv om forholdene i disse bekkene ikke direkte kan sammenliknes med Gråelva, er de svært næringsrike bekker med perioder med høy sedimenttransport. Tettheten av årsyngel av aure (individer per 100 m<sup>2</sup>) i august i disse bekkene; Gels Å (31,6), Stensbæk (29,7) og Ryds Å (13,7) er lavere enn det vi fant på våre eksperimentområder i Gråelva høsten 2000 (93,3). Tetthetene var lavere i kontrollområdene som lå mellom eksperimentområdene både i de danske bekkene og i Gråelva.

Bruk av numeriske modeller i dette prosjektet har hovedsakelig vært et forsøk på metodeutvikling. Slik verktøyene er brukt har de ikke direkte vært benyttet for beslutningstaking, så lenge valg av stasjoner og utlegging av gyttegrus er basert på skjønnsmessige vurderinger og generell biologisk forståelse. I Gråelva er nøyaktige innmålingsmetoder og Vassdragssimulatoren benyttet for å beskrive de gjeldende forhold, og ikke minst presentere det virkelige, fysiske habitatet grafisk. I tillegg har innmålinger med totalstasjon bidratt til å gi et godt bilde av masseforflytninger og topografiendringer som følge av sedimenttransport. Andre studier viser at Vassdragssimulatoren kan benyttes til å simulere forslag til endringer (Halleraker, Daae og Fjeldstad 2000). Med det arbeidet som i tillegg er gjort i Gråelva har man nå en metode for å studere utlegging av gyttegrus i Vassdragssimulatoren før man gjør de fysiske tiltakene. Med bruk av biologiske preferansedata for gyting, samt simulering av stabilitet og sedimenttransport kan man da optimalisere grusutleggingen.

## 6 Anbefalinger

Vi anbefaler å la de allerede tilrettelagde grusområdene være slik de er, slik at vi har mulighet til å følge utviklingen over tid ved å foreta nye målinger. Enkelte av eksperimentområdene ville sannsynligvis blitt bedre gytteplasser med litt justering av terskelkroner og grusfordeling i forhold til i dag, men dette kan endre seg over tid som følge av utvasking og omfordeling av massene som følge av endringer i vannføring.

I den videre restaurering av sentrale deler av Gråelva og Hofstadelva anbefaler vi utlegging av sortert grus av den type som er benyttet i dette prosjektet (diameter 18-100 mm), selv om også samfengt grus gir egnede gytteplasser etter at finmaterialet er spylt bort. Resultatene fra prosjektet viser at sortert grus blir foretrukket framfor samfengt grus. Selv om den er noe dyrere i innkjøp enn samfengt grus, er stabiliteten bedre og grusen vil ligge lenger før den eventuelt må suppleres.

Før utlegging av grus bør en lage en terskelkroner som skal fungere som anlegg for grusen. Det er også gunstig å lage terskelkroner i nye kulper slik at en får flere gjennomløp og således flere potensielt gode gytteplasser med gunstig vannføring og skjulmuligheter for gyttefisk. Grusmassene bør plasseres i hele elvetverrsnittet i overkant av terskelkroner og 3-5 m inn i kulpen, avhengig av hvor stor kulpen er. I grunne, korte kulper (jfr område VIII i prosjektet), kan en legge grus lenger innover i kulpen, for her vil en også kunne finne områder med gunstig vannhastighet for gyting.

For å få best mulige målinger og kontrollerbare data anbefaler vi bruk av avansert måleteknikk (totalstasjon) og analyser med numeriske modeller ved tilsvarende prosjekter i andre vassdrag.

## 7 Litteratur

- Anon. 1999 (M.M. Hansen, coordinator). Concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in brown trout (*Salmo trutta*). - Progress Report, CEC Contract FAIR CT97 3882, Danish Institute for Fisheries Research, Silkeborg, Denmark, 92 pp.
- Barlaup, B.T., Lura, H., Sægrov, H. & Sundt, R.C. 1994. Inter- and intraspecific variability in female salmonid spawning behaviour. - *Can. J. Zool.* 72: 636-642.
- Berger, H.M. 1987. Fisk og forurensning i sidebekker til Stjørdalselva, Gråelva og Langsteinelva. 87s + vedl.
- 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.
- Berger, H.M., Breistein, J.B., Larsen, B.M. & Nøst, T.H. 1997. Gråelva - Mindre leirslam gir mer bunndyr og fisk. Sluttrapport 1991-95. - NINA Oppdragsmelding 468: 1-42.
- 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.
- Chapman, D.W. 1988. Critical review of variables used to define fines in redds of large salmonids. - *Transactions of the American Fisheries Society* 117: 1-21.
- Crisp, D.T. & Carling, P.A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. - *Journal of Fish Biology* 34: 119-134.
- Coble, D.W. 1961. Influence of water exchange and dissolved oxygen in redds on survival of steelhead trout embryos. - *Transactions of the American Fisheries Society* 90: 469-474.
- Cronin, M.A., Spearman, W.J., Wilmoz, R.L., Patton, J.C. & Bickham, J.W. 1993. Mitochondrial DNA variation in chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) and chum salmon (*O. keta*) detected by restriction enzyme analysis of polymerase chain reaction (PCR) products. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 708-715.
- Fleming, I.A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. - *Rev. Fish Biol. Fisheries* 6: 379-416.
- Fremstad, E. 1992. Vegetasjon og flora langs Gråelva i Stjørdal, Nord-Trøndelag. - NINA Oppdragsmelding 155: 1-22.
- Halleraker, J.H., Daae, T.C. & Fjeldstad, H.P. 2000. «Økologisk optimalisert vannføring - Erfaringer fra inn- og utland, samt en vurdering av aktuelle simulerings- og optimaliseringsprogram». - SINTEF-rapport STF22A00411.
- Hansen, H.O. 2001. Restorasjon of the Skjern River - Denmark's largest restoration project. - Poster presentation SIL-congress, Darwin, Australia feb. 2001.
- Heggberget, T.G., Hansen, L.P., and Næsje, T.F. 1988. Within river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1691-1698.
- Jonsson, N. 1996. Hvordan påvirker steinsetting den biologiske produksjonen i et vassdrag? Ørret- og invertebratundersøkelse i Gråelva, Nord-Trøndelag. - Årsrapport til NVE-FoU 4s.
- Jonsson, N., Aagaard, K., Jonsson, B., Bongard, T., Hanssen, O. og Berger, H.M. 2001. (under ferdigstilling). Hvordan påvirker steinsetting av elvebunn ørret- og bunndyrfaunaen i et vassdrag? Kap. 2.2 i: Ninas Strategiske instituttprogrammer 1996-2000. Virkninger av fysiske naturinngrep - Systemøkologisk innretting. Sluttrapport. - NINA Temahefte 16.
- Klokk, T. 1980. River bank vegetation along lower parts of the River Gaula and Stjørdalselva, Central Norway. - *K. Norske Vidensk. Selsk. Skr.* 4: 1-71.
- Lotspeich, F.B. & Everest, F.H. 1981. A new method for reporting and interpreting textural composition of spawning gravel. United States Department of Agriculture and Forestry Service Research Note PNW-369. - Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station, Corvallis, OR.
- Lamberg, A. & Fleming, I.A. In prep. Experimental study of nest site selection and nest construction with comparisons from the wild in Atlantic salmon (*Salmo salar*).
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M., Peterson, N.P., Schuett-Hames, D. & Quinn, T.P. 1996. Stream-bed scour, egg burial depths, and the influence of salmonid spawning bed surface mobility and embryo survival. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, 1061-1070.
- Nielsen, E.E., Hansen, M.M. & Loeschcke, V. 1996. Genetic structure of European populations of *Salmo salar* L. (*Atlantic salmon*) inferred from mitochondrial DNA. - *Heredity* 77: 351-358.
- NOS 1970. Laks- og sjøaurefisket i elvane 1876-1968. Norges Offisielle Statistikk A347. - Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Olsen, G.H. 1995. Bruk og utnyttelse av ressursene i Gråelva. En spørreundersøkelse blant grunneiere. - Prosjektoppgave, 3-års studium i utmarksforvaltning, HH avd. Evenstad. 27s + vedl.
- Pedersen, M.L., Dieperink, C. & Kronvang, B. 2001. Effects of reinstating spawning gravel in Danish lowland streams. - Poster Presentation SIL-congress, Darwin, Australia feb. 2001.
- Sættem, L.M. 1995. Spawning populations of salmon and sea trout. - Direktoratet for naturforvaltning, Utredning. 1995-7. (in Norwegian)
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. - *Journal of Geology* 30, 377-392.



## Vedlegg 1

Metode for artsbestemmelse av plommesekkyngel. Av Torveig Balstad og Kjetil Hindar.

Yngelen ble analysert med med restriksjonsfragment-analyse av mitokondrielt DNA (mtDNA).

Med denne metoden oppformes et segment à ca 2000 basepar av det mitokondrielle genomet med PCR ('polymerase chain reaction'). Deretter kuttes segmentet med restriksjonsenzym, som kutter i DNA-tråden der enzymet gjenkjenner en spesifikk sekvens på 4-6 basepar (for eksempel mellom C og G i sekvensen CCGT). Dette gir et mønster for hver fisk av ett til flere fragmenter som sekvensen er kuttet i, der hvert fragment kan størrelsesbestemmes på en agarosegel. Genetiske forskjeller ses ved at ulike fisker har eller ikke har bestemte kuttsteder (slik at flere eller færre fragmenter framkommer på gelen). Fragmentmønsteret i flere restriksjonsenzym anvendt på samme mtDNA-segment, gjør at hvert individ får én bestemt genotype i dette mtDNA-segmentet.

Mitokondrielt DNA nedarves kun via eggcellen og som identiske kopier av mor-fiskens mtDNA. Genotypene i mtDNA kalles derfor «haplotyper» (siden de representerer et haploid genom). For noen restriksjonsenzym har laks og ørret ulike haplotyper. Det kan også være flere haplotyper innen hver art, som må bety at flere hunnfisk med genetisk forskjellig mtDNA har gytt. Metoden vil ikke oppdage hvilken art hannfisk er, men artshybrider mellom laks og ørret er sjeldne, vanligvis < 1% av yngelen.

I vår analyse av plommesekkyngel oppformerte vi det såkalte ND1-segmentet (NADH dehydrogenase 1) etter prosedyrer fra Cronin et al. (1993) og kuttet det med restriksjonsenzymene *Rsa* I, *Hae* III og *Hinf* I.

## Vedlegg 2a

Tetthet (individer per 100 m<sup>2</sup>) av aure og laks på utløpet av de 9 eksperimentområdene i mai 1999 basert på tre omganger elfiske.

Område Nr	Areal m <sup>2</sup>	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>			
		Aure		Laks	
		0+	≥1+	0+	≥1+
I	50	0,0	79,7	0,0	2,3
II	60	0,0	87,6	0,0	0,0
III	80	0,0	92,2	0,0	0,0
IV	45	0,0	71,0	0,0	2,2
V	45	0,0	79,9	0,0	0,0
VI	40	0,0	43,8	0,0	5,0
VII	40	0,0	70,6	0,0	0,0
VIII	48	0,0	51,8	0,0	6,3
IX	42	0,0	53,5	0,0	9,0
Totalt I-IX	450	0,0	71,4	0,0	2,3

## Vedlegg 2b

Tetthet (individer per 100 m<sup>2</sup>) av aure og laks på utløpet av de 9 eksperimentområdene i mai 2000 basert på tre omgangers elfiske. \*0+ (plomme-sekkyngel) aure og laks er slått sammen med aure.

Område Nr	Areal m <sup>2</sup>	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>			
		Aure		Laks	
		0+*	≥1+	0+*	≥1+
I	73	1,4	75,4		1,6
II	61	14,4	55,9		0,0
III	80	23,1	81,1		0,0
IV	58	21,9	106,5		0,0
V	68	5,1	127,3		6,0
VI	45	2,6	130,3		4,5
VII	56	6,8	58,9		1,8
VIII	54	10,6	56,9		14,0
IX	35	29,4	114,8		27,2
Totalt I -IX	528	10,6	85,2		4,5

## Vedlegg 3c

Tetthet (individer per 100 m<sup>2</sup>) av aure og laks på utløpet av de 9 eksperimentområdene i september 2000 basert på tre omgangers elfiske.

Område Nr	Areal m <sup>2</sup>	Tetthet per 100 m <sup>2</sup>			
		Aure		Laks	
		0+	≥1+	0+	≥1+
I	70	45,2	28,7	1,4	2,9
II	60	54,4	15,9	25,0	0,0
III	77,5	105,8	23,5	14,7	0,0
IV	60	85,7	15,1	13,4	0,0
V	65	72,1	32,8	6,7	3,5
VI	61	63,7	39,8	0,0	1,9
VII	56	157,8	11,0	10,2	0,0
VIII	57,5	117,3	14,1	212,8	3,5
IX	48	126,2	14,8	44,3	12,5
Totalt I -IX	555	93,3	22,2	29,5	2,4

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1202-1

678

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7485 TRONDHEIM  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

**NINA  
Norsk institutt  
for naturforskning**