



Statlig program for  
forurensningsovervåking

## Rapport 699/97

Oppdragsgiver

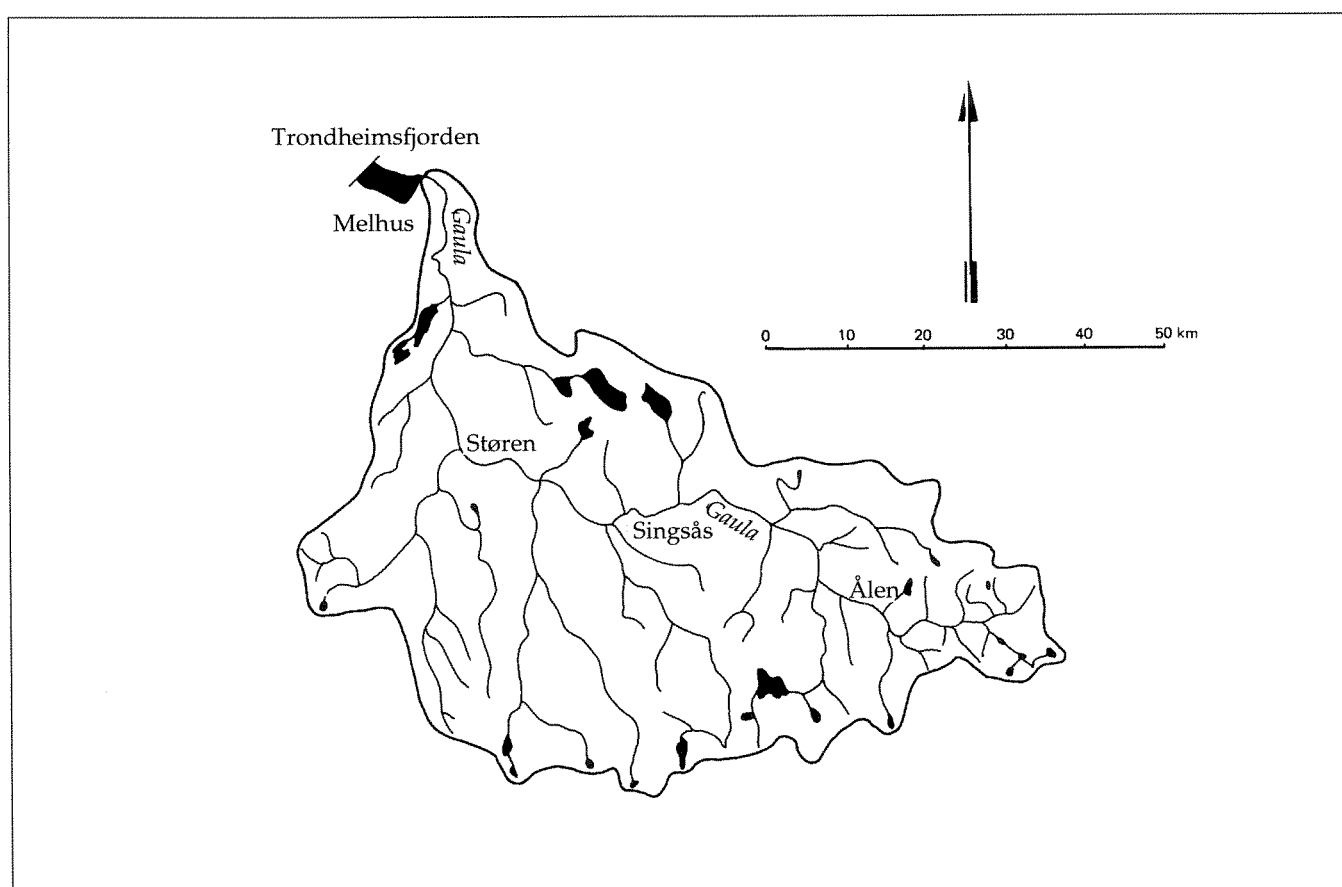
Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjoner

NIVA, LFI

# Overvåking av GAULA, Sør Trøndelag

Vannkjemiske og  
fiskebiologiske undersøkelser  
Årsrapport for 1996



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-90051	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3691-97	

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

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1996. <b>(Overvåkingsrapport nr. 699/97). TA-nr. 1454/1997.</b>	24. april	NIVA 1997
Forfatter(e):	Faggruppe:	
Tor S.Traaen Jo Vegar Arnekleiv	Vassdrag	
	Geografisk område:	
	Sør-Trøndelag	
	Antall sider:	Opplag:
	30	

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	

## Ekstrakt:

I 1996 ble det utført vannkjemisk og fiskebiologisk overvåking i øvre deler av Gaula for å studere effektene av forurensningsbegrensende tiltak ved Kjøli og Killingdal gruver. Årlig transport av kobber ved Reitan er redusert fra ca 14 tonn i 1986/87 til 2.0 tonn i 1996, det samme som i 1995. Vannføringsveid årsmiddel-konsentrasjoner for kobber er redusert fra 61 µg/l i 1986/87 til 11.4 µg/l i 1996 (9.2 µg/l i 1995). Kobber-transporten fra Kjøli gikk noe ned i 1996, mens transporten fra Killingdal-gruvene økte. I begynnelsen av snøsmeltingen ble det i Skuru registrert den høyeste kobberkonsentrasjonen siden målingene startet i 1990 (279 µg/l). Slike episoder påvirker også hovedvassdraget i betenkelig grad.

De fiskeribiologiske undersøkelsene i 1996 viste at reetableringen av fisk går langsomt fremover i de tidligere totalskadde områdene. Det ble registrert årsyngel av ørret i de øvre områdene, noe som gir håp om en fortsatt positiv utvikling av ørretbestanden. Den mest markert positive effekten av de forurensnings-begrensende tiltakene er registrert nedenfor Eggafossen, hvor det nå er normale tettheter av laks- og ørretyngel. Også ovenfor Eggafossen ble det registrert årsyngel av laks.

4 emneord, norske

1. Gruveforurensning
2. Tungmetaller
3. Forurensningsbegrensende tiltak
4. Fisk

4 emneord, engelske

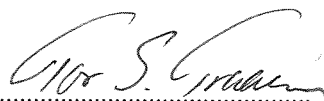
1. Mine pollution
2. Heavy metals
3. Pollution abatement
4. Fish

Prosjektleder

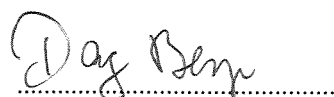
For administrasjonen

Tor S. Traaen...

Dag Berge.....



ISBN 82-577-3256-7



**O - 9 0 0 5 1**

**OVERVÅKING AV GAULA, SØR-TRØNDELAG**

**Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser**

**ÅRSRAPPORT 1996**

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeidere: Jo Vegar Arnekleiv (LFI)  
Eigil Rune Iversen

Norsk Institutt for Vannforskning

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INNLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI.....</b>	<b>10</b>
3.1 VANNKJEMISKE RESULTATER .....	10
3.2. TRANSPORTBEREGNINGER AV KOBBER OG SINK .....	17
<b>4. FISK .....</b>	<b>19</b>
4.1 METODER.....	19
4.2 RESULTATER OG DISKUSJON .....	19
<b>LITTERATUR.....</b>	<b>23</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>24</b>

# 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Under Statlig Program for Forurensningsovervåking ble det i årene 1986-1987 gjennomført en undersøkelse av biologiske og vannkjemiske forhold i Gaula. Gaulas øvre deler var sterkt skadet av tungmetall- forurensninger fra de nedlagte gruvene ved Kjøli og Killingdal. Totalt var ca. 33 km av elva fra nedstrøms Storbekken til Eggafossen fisketom, og både alge- og bunndyrsamfunnene var sterkt skadet.

I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjøli ble veltene overdekket med plastduk og morenemasse for å hindre utvasking av tungmetaller. Ved Killingdal ble de mest forurensende veltene fylt ned i gruvass dagåpning, og fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruve. Videre ble det laget dreneringsgrøfter rundt veltene.

I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula for å studere effektene av tiltakene i gruveområdene. Fra 1991 ble prøvetakingen utvidet til 5 stasjoner i hovedvassdraget, samt sidevassdraget Skuru. I 1993 - 1996 ble det også tatt stikkprøver av Rugla.

I 1996 var vannføringsveide årsmiddelverdier ved Reitan 11.4 µg Cu/l og 38 µg Zn/l, mot h.h.v. 9.2 og 29 µg/l i 1995. Sammenlignet med 1995 var konsentrasjonene spesielt høye våren 1996, men tilnærmet uendret sommer og høst. Bestemmelse av vannkvalitetsklassene for de enkelte stasjonene (se neste side) er basert på prøver fra perioden juni til desember, da det er god dekning av prøver på de øverste stasjonene. I denne perioden var konsentrasjonene på stasjonene som bare får tilførsler fra Kjøli (ovenfor Grubekken) gjennomgående lavere i 1996 enn i 1995. Fra stasjonene G3 (nedstrøms Grubekken fra Gml.Killingdal) og nedover var konsentrasjonene litt høyere. Dette medførte at stasjon G1b (nedstrøms Storbekken fra Kjøli) gikk ned fra klasse IV til III og stasjon G2b (nedstrøms Sya) gikk ned fra klasse III til II. For stasjoner som har konsentrasjoner like ved klassegrensene kan det bero på tilfeldigheter hvilken vannkvalitetsklasse de havner i. Eksempelvis gikk konsentrasjonen ved G2b ned fra 5.7 til 4.7 µg Cu/l og passerte derved klassegrensen på 5.0 µg/l.

Spesielt for 1996 var høy kobberkonsentrasjon ved Reitan i begynnelsen av snøsmeltingen midt i april (47 µg/l). Årsaken var ekstremt høy kobberkonsentrasjon i Skuru, 279 µg/l, den høyeste registrerte verdien siden stasjonen ble opprettet i 1991. Episodisk forurensning fra Bjørgåsen gir følgelig betenkelig høye kobberkonsentrasjoner i hovedvassdraget.

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan var i 1996 2.0 tonn Cu og 6.7 tonn Zn, mot hhv 2.0 og 6.1 tonn i 1995. Kobbertransporten var altså tilnærmet uendret selv om vannføringen gikk ned med 17% fra 1995 til 1996. Årsaken var økt kobbertransport fra Killingdal-gruvene, mens transporten fra Kjøli gikk ned. Til sammenlikning var transportene i 1986/87 12-16 tonn kobber og 27-33 tonn sink. Fra 1986/87 til 1996 er kobbertransporten redusert med ca. 86 % ( uendret fra 1995) og sinktransporten med ca. 78 % (80% til 1995).

Det ble ved elektrofiske påvist ørret på tidligere fisketomme områder mellom Reitan og Ålen både i 1992, 1994 og 1996. Resultatene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av utførte tiltak mot gruveforurensningen. Det foregår en tydelig rekolonisering av ørretbestanden på

tidligere totalskadde områder. Det er nå en tynn ørretbestand i Gaula nedstrøms Reitan, mens fisken fortsatt har problemer med å etablere bestand i området Storbekken -Reitan. Rekolonisering skjer sannsynligvis hovedsaklig ved nedvandring av fisk fra intakte sidebekker, men i 1996 ble det også registrert årsyngel i øvre Gaula, noe som kan tyde på en begynnende naturlig reproduksjon av ørret. Det er derfor grunn til å håpe på en ytterligere oppbygging og reetablering av ørretbestanden i årene framover.

Også tettheten av laksunger (årsyngel og eldre) har vist en klar økning på stasjon G6 (nedafor Eggafossen) etter 1991. Tettheten av laksunger er nå like stor her som på andre gode lokaliteter i Gaula. For første gang registrerte vi årsyngel av laks ovafor Eggafossen (st. G5c). I lakseførende del av Gaula er det nå sannsynligvis ikke giftvirkninger av tungmetaller på fisk lenger.

Undersøkelsene har vist at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av forurensningbegrensende tiltak. Konsentrasjonene av tungmetaller er sterkt redusert, pH har økt, partikkelforurensningen av tungmetallholdig okerslam er betydelig redusert og fisken begynner å etablere seg på tidligere totalskadde lokaliteter. Reetableringen av fisk går imidlertid sakte, selv der hvor kobberkonsentrasjonene gjennomgående ligger rundt 5 µg Cu/l og hvor der er gode muligheter for nedvandring av fisk (eksempelvis nedstrøms Sya). Årsaken til den trege reetableringen, men kan skyldes liten tilgang på mat. Reetableringen av den øvrige elvefauna synes imidlertid også å være i framgang, men siste undersøkelse ble foretatt i 1994 . Det er derfor behov for å framskaffe en ny status for tilstanden av bunndyr og begroingsorganismer i øvre del av Gaula. En annen mulig årsak til sen reetablering av fisk kan være at det fremdeles opptrer blandsoner (med metallutfellinger) der selv lave metallkonsentrasjoner kan være giftige.

## Vannkvalitet i Gaula, 1986 - 1996.

Lokalitet	St.nr.	1986/87	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Oppstrøms Storbekken	G1	I	I	I	I	I	I	I	I
Rett nedstrøms Storbekken	G1b	V	V	IV	III	III	III	IV	III
3 km nedstrøms Storbekken	G2	V	IV	IV	III	III	III	III	III
Rett nedstrøms Sya	G2b	V	IV	III	III	II	II	III	II
Rett oppstrøms Gruvbekken	G2c	V	III	III	II	II	II	II	II
Rett nedstrøms Gruvbekken	G3	V	IV	IV	III	III	III	III	III
Reitan	G4	V	IV	IV	III	III	III	III	III
Ålen	G5	IV	IV	III	III	III	III	III	III
Eggafossen	G6	IV	III	III	III	II	III	III	III
Singsås	G7	III	II	II	II	II	II	II	II

Tilstandsklasser for kobber (etter SFT-veiledning nr.92:06):

I	"God"	< 2 µg/l
II	"Mindre god"	2-5 µg/l
III	"Nokså dårlig"	5-15 µg/l
IV	"Dårlig"	15-50 µg/l
V	"Meget dårlig"	> 50 µg/l

## 2. INNLEDNING

Under Statlig Program for Forurensningsovervåking ble det i årene 1986-1987 gjennomført en undersøkelse av biologiske og vannkjemiske forhold i Gaula. Gaulas øvre deler var sterkt skadet av tungmetall- forurensninger fra de nedlagte gruvene ved Kjøli og Killingdal. Totalt var ca. 33 km av elva fra nedstrøms Storbekken til Eggafossen fisketom, og både alge- og bunndyrsamfunnene var sterkt skadet.

I 1986-1987 var den årlige transporten i Gaula ved Reitan ca 27-33 tonn sink og ca. 12-16 tonn kobber. Undersøkelsene viste at det var vannets kobberinnhold som var mest kritisk for livet i elva.

I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjøli ble veltene overdekket med plastduk og morenemasse for å hindre utvasking av tungmetaller. Ved Killingdal ble de mest forurensende veltene fylt ned i gruvas dagåpning. Fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruva og sigevann fra området ble ledet til gruva.

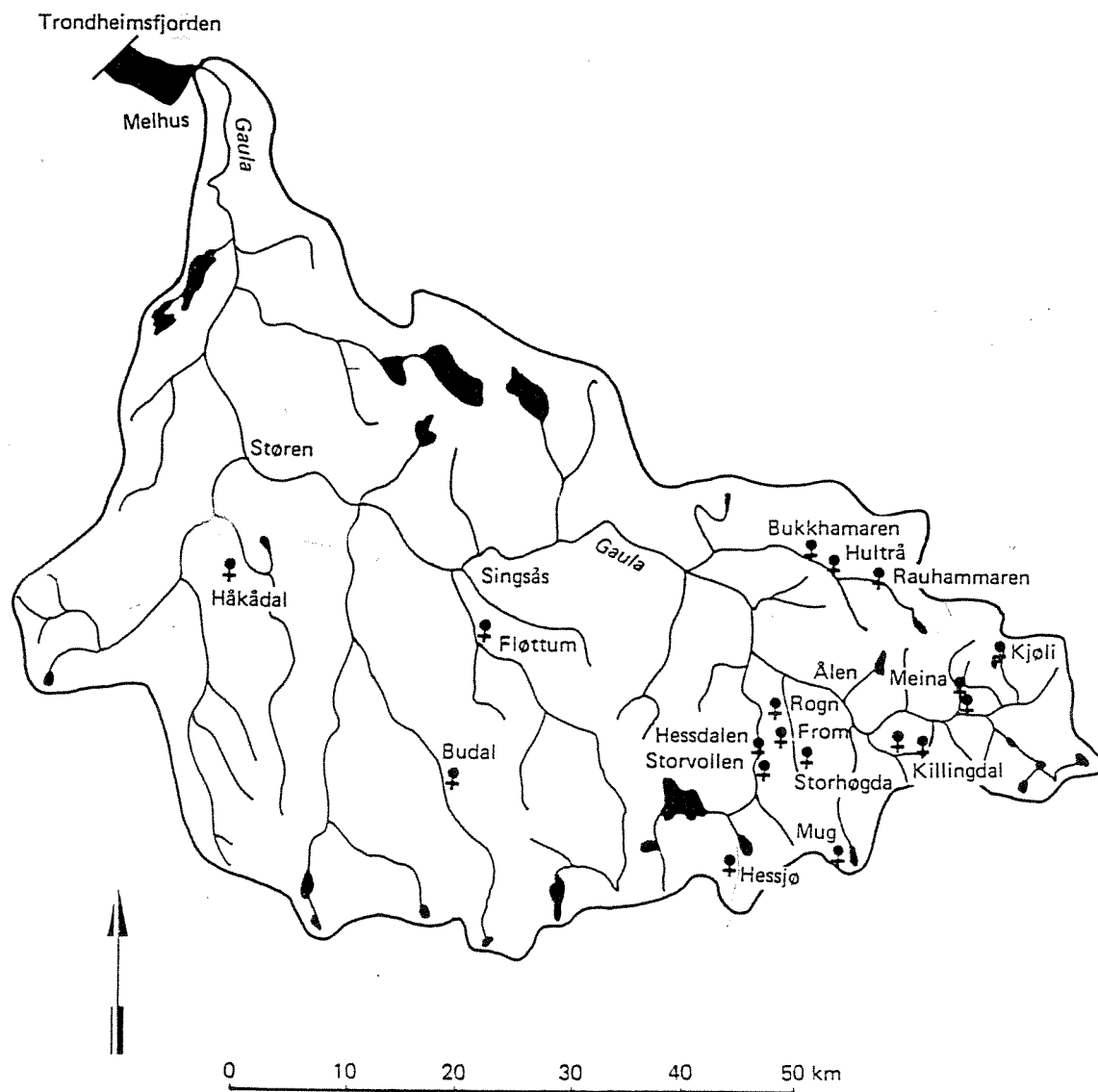
Beliggenheten av gamle gruver i Gaulas nedbørfelt er vist i figur 2.1. Figur 2.2 viser navn på de viktigste sidevassdragene. Målestasjonene for undersøkelsene i 1986/87 og 1990-95 er vist i figur 2.3.

I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula. Øverste stasjon, G2, ligger ca 3 km nedstrøms Storbekken fra Kjøli. Neste stasjon, G3, ligger ca 1 km nedstrøms Grubekken fra Killingdal. Stasjon G4 ligger ved Reitan, ca 2 km nedstrøms sideelva Skuru. Skuru mottar tungmetaller fra Nye Killingdal Gruver i Bjørgenåsen. I 1991-1995 ble det også tatt prøver ved stasjonene G5 (Ålen) og G6 (Eggafossen). Det ble også tatt en del stikkprøver i Skuru og Rugla (1993-1995). Prøvene ble analysert på følgende parametre: Kobber og sink (alle stasjonene), pH, konduktivitet, turbiditet, sulfat (G2 - G4).

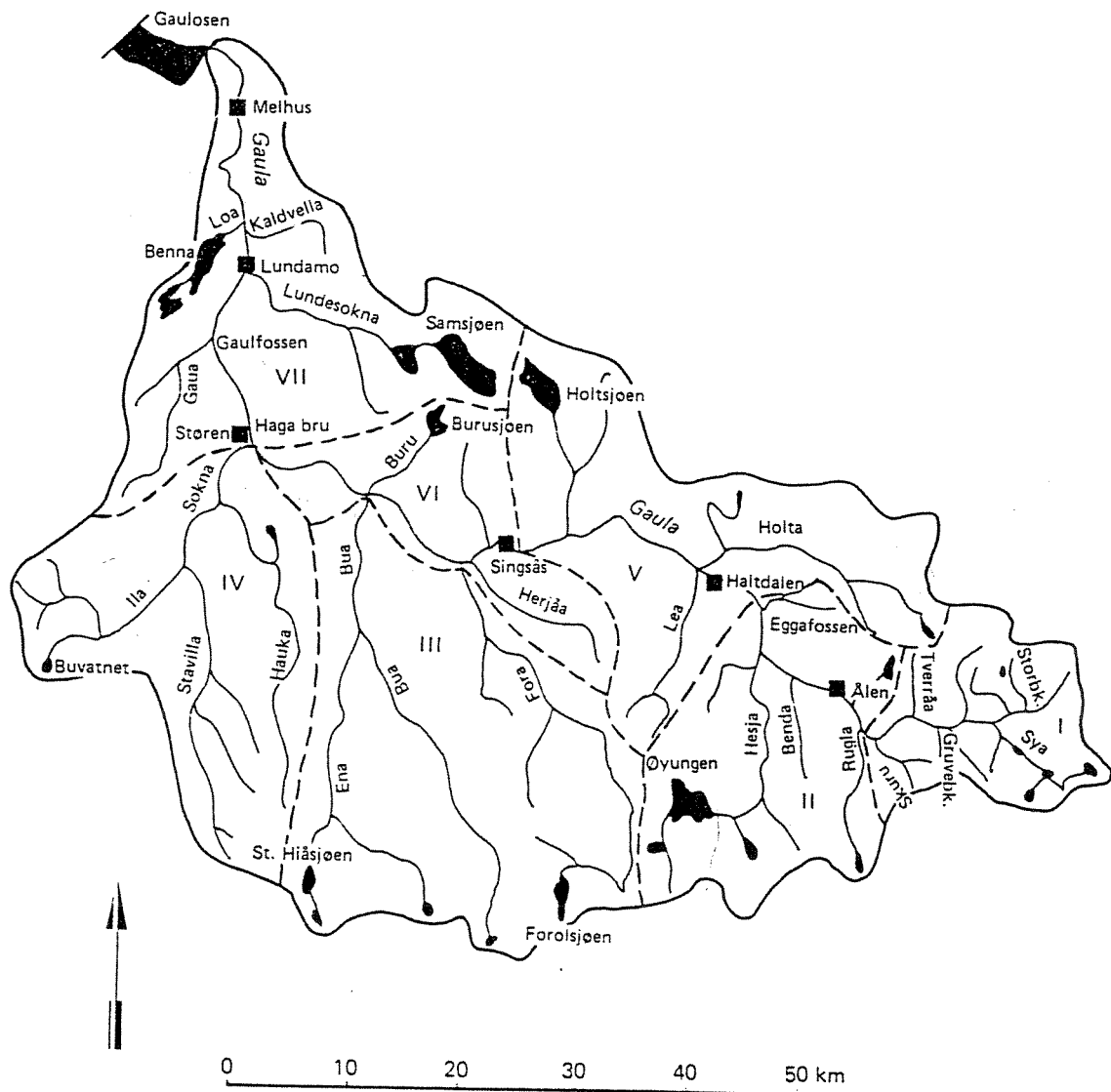
I 1991 og 1992 ble det tatt prøver av begroing, bunndyr og fisk på den berørte elvestrekningen. Nye biologiske undersøkelser ble utført i 1994. I 1996 ble det utført prøvefiske.

Undersøkelsene er finansiert og administrert av Statens Forurensningstilsyn, SFT.

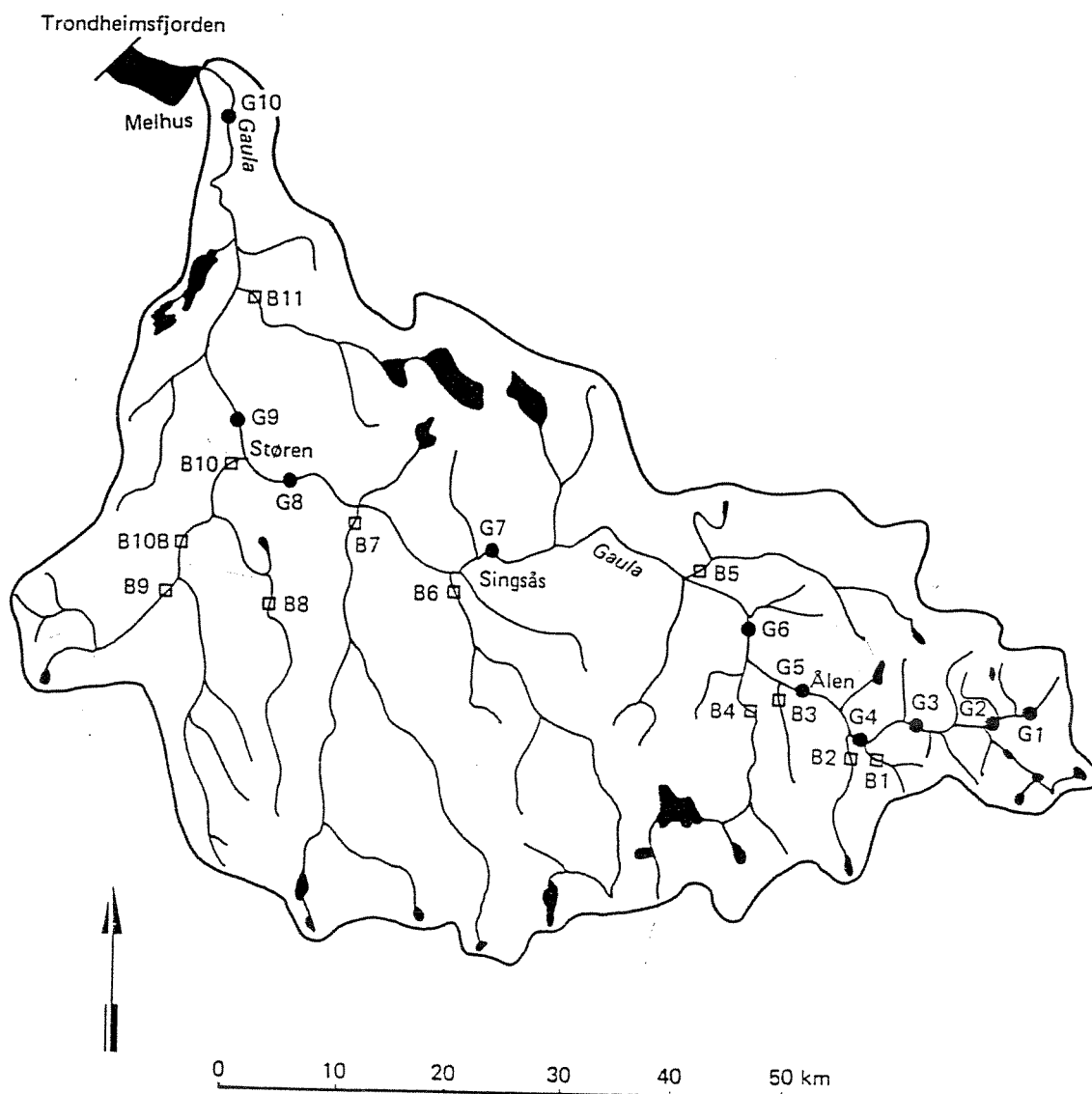




**Figur 2.1. Nedlagte gruver i Gaulas nedbørfelt.**



Figur 2.2. De viktigste sidevassdragene til Gaular.



**Figur 2.3. Prøvetakingstasjoner i Gaular.**

I 1991-1996 ble det tatt prøver ved stasjonene G2 til G6, samt stikkprøver i Skuru (B1) og Rugla (B2).

### 3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI

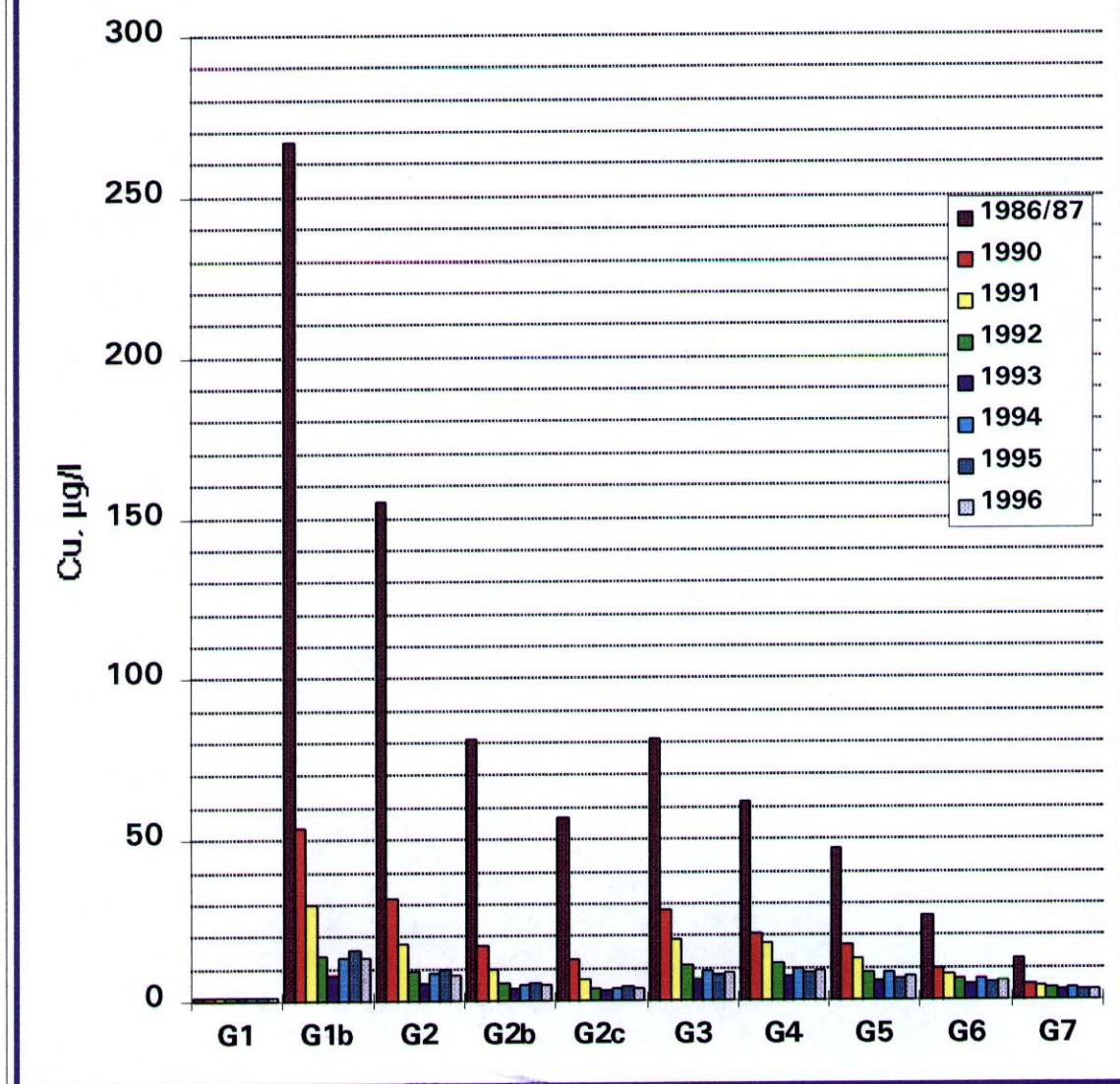
#### 3.1 Vannkjemiske resultater.

Kjemiske analyseresultater er vist i vedlegg.

Figur 3.1 viser middelkonsentrasjoner av kobber for perioden juni t.o.m. desember på 10 steder i øvre Gaula fra oppstrøms Storbekken og ned til Singsås. Perioden juni til desember er valgt for å sammenligne prøvestasjonene fordi vi i denne perioden har god prøvedekning på stasjonene. For de øvre stasjonene er prøvetettheten lav på ettervinteren og våren på grunn av vanskelig tilgjengelighet. På steder hvor det ikke er tatt målinger er konsentrasjonen beregnet ut fra teoretisk fortykning fra nærmeste stasjon hvor det er tatt målinger. Det fremgår av figur 3.1 at nedgangen i konsentrasjonen av kobber fra 1986/87 til 1990 var meget markert og at konsentrasjonene gikk ytterligere ned i 1991, 1992 og 1993. I 1994 var middelkonsentrasjonene av kobber fra juni til desember gjennomgående noe høyere enn i 1993. I 1995 (juni til desember) var kobberkonsentrasjonene gjennomgående noe høyere enn i 1994 på de øverste stasjonene (ovenfor G3), mens konsentrasjonene var noe lavere fra G3 og nedover. I 1996 var det gjennomgående lavere konsentrasjoner ovenfor G3, men høyere konsentrasjoner nedenfor G3.

Variasjoner i konsentrasjonene for kobber og sink fra stasjon G4 (Reitan) for årene 1991 -1996 er vist i figur 3.3. I mars og april 1990 var gruveområdene fremdeles preget av anleggsvirksomhet, noe som medførte høye tungmetallkonsentrasjoner i Gaula. Fra 1991 ble denne effekten vesentlig redusert. Eksempelvis var de registrerte maksimalkonsentrasjonene av kobber ved Reitan (G4) 100 µg/l i 1990, 50 µg/l i 1991, 38 µg/l i 1992, 23 µg/l i 1993, 18.2 µg/l i 1994 og 22 µg/l i 1995. I 1996 ble det registrert uvanlig høye konsentrasjoner i begynnelsen av vårsmeltingen (maksimum 46.5 µg Cu/l midt i april). Dette var forårsaket av svært høye kobberkonsentrasjoner i Skuru, med en maksimumsverdi på 279 µg Cu/l, nesten 3 ganger høyere enn i 1995 (Figur 3.4). Dette er den høyeste verdien som er registrert i Skuru. Dette viser at utvasking fra kontaminerte overflater i Bjørgåsen kan gi høy episodisk forurensning nedover i vassdraget, spesielt i begynnelsen av teledøsningen. Årsaken er trolig at forvittringsprodukter fra vinterhalvåret i stor grad blir vasket ut med det første smeltevannet om våren. Dette er en kortvarig effekt, og det kan derfor bero på tilfeldigheter om prøvetakingen sammenfaller med maksimumskonsentrasjonen. Det er vanskelig å treffe dette tidspunktet med prøvetaking fordi fenomenet opptrer før man ser noen påtakelig økning i vannføringen. Ved stigende flomvannføring virker smeltevannet fortynnende på forurensningene. I denne perioden må man derfor forvente store variasjoner i analyseresultatene i ulike år.

### Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i Gaula i perioden juni til desember



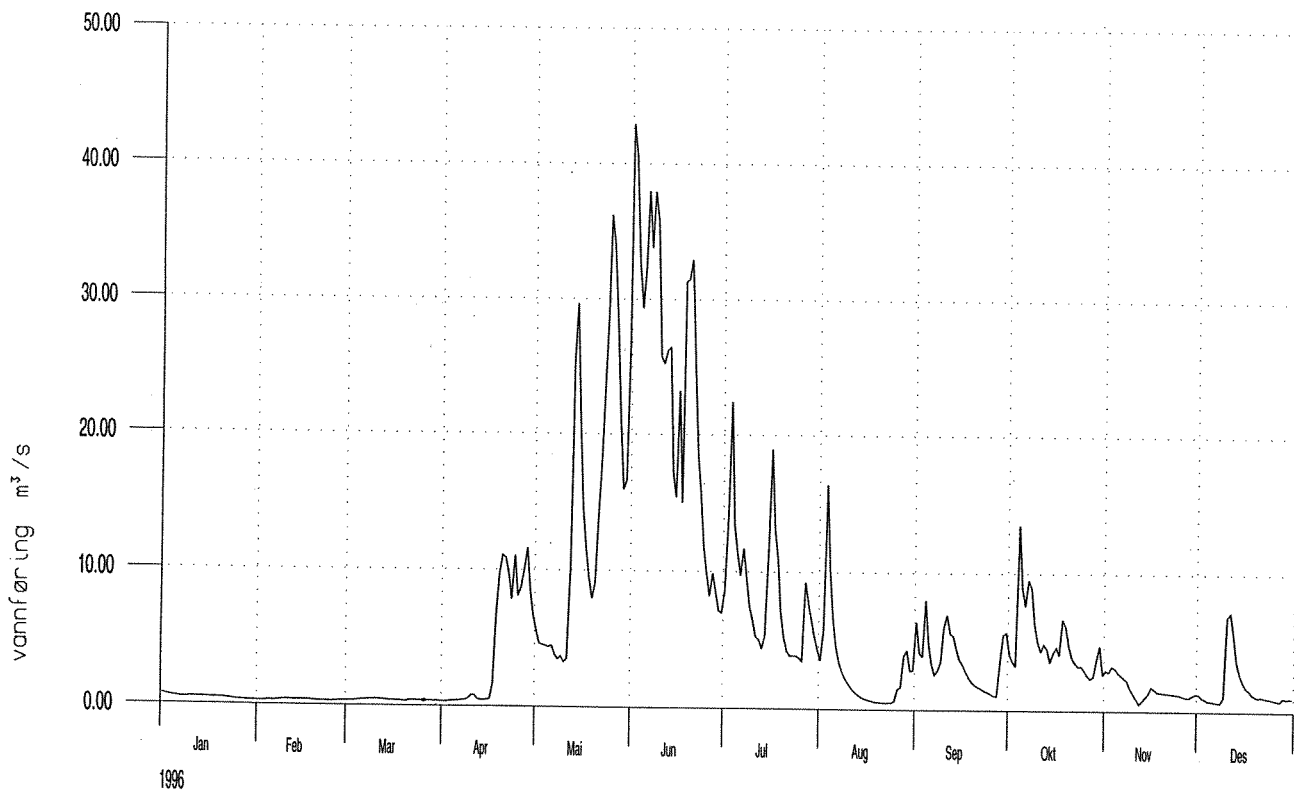
**Figur 3.1. Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i øvre deler av Gaula for perioden juni t.o.m. desember i 1986/87 og 1990 - 1996.**

Stasjonsbetegnelser: G1: oppstrøms Storbekken. G1b: rett nedstrøms Storbekken.

G2: 3 km nedstrøms Storbekken. G2b: Nedstrøms Sya. G2c: oppstrøms Grubbekken.

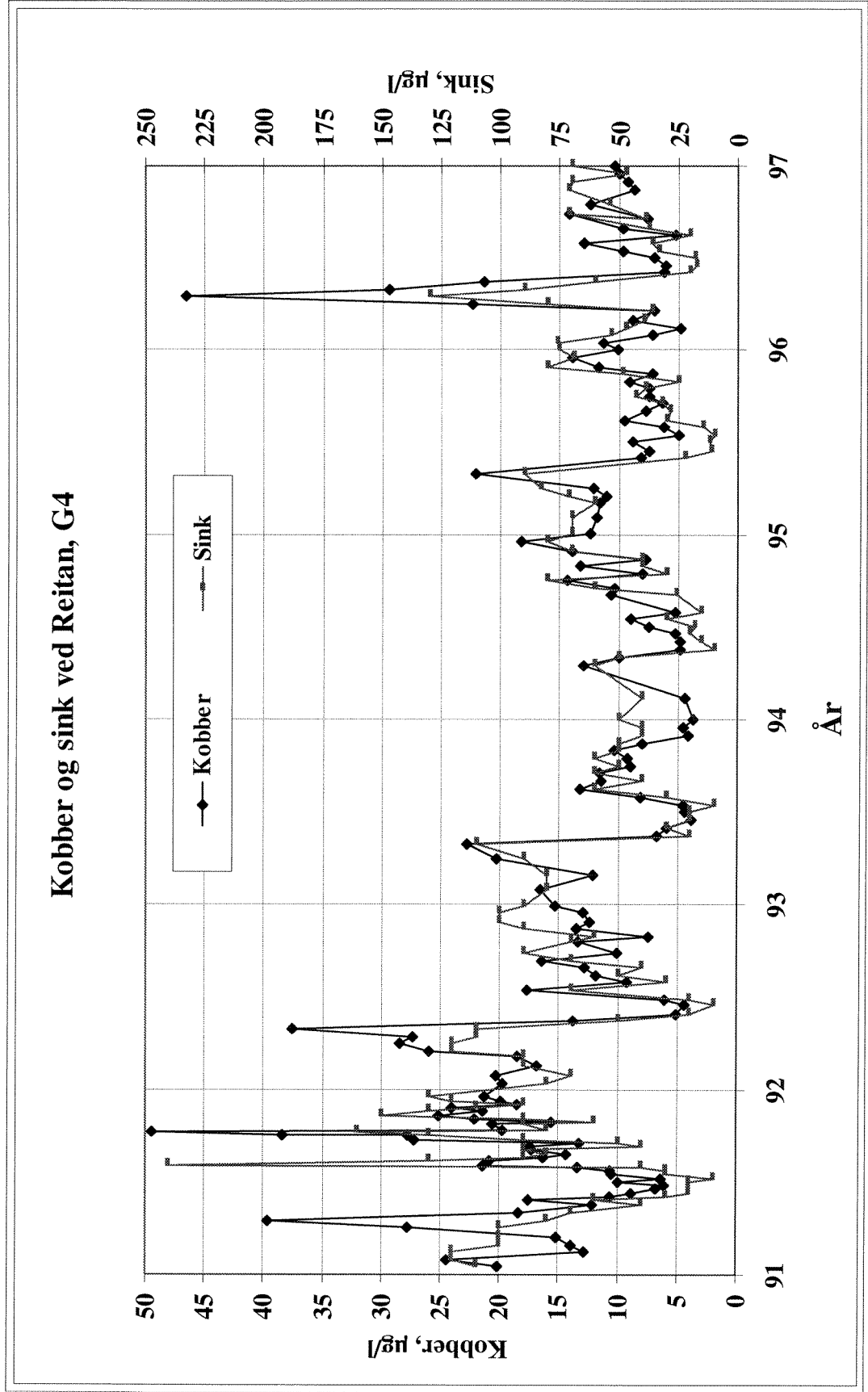
G3: nedstrøms Grubbekken. G4: Reitan. G5: Ålen. G6: Eggafossen. G7: Singsås.

Konsentrasjoner på steder uten målinger er beregnet ut fra teoretisk fortynning fra stasjoner med målte verdier. Dette gjelder stasjonene G1b, G2b og G2c (alle årene), st. G5 og G6 i 1990, og st.G7 i 1990-96.

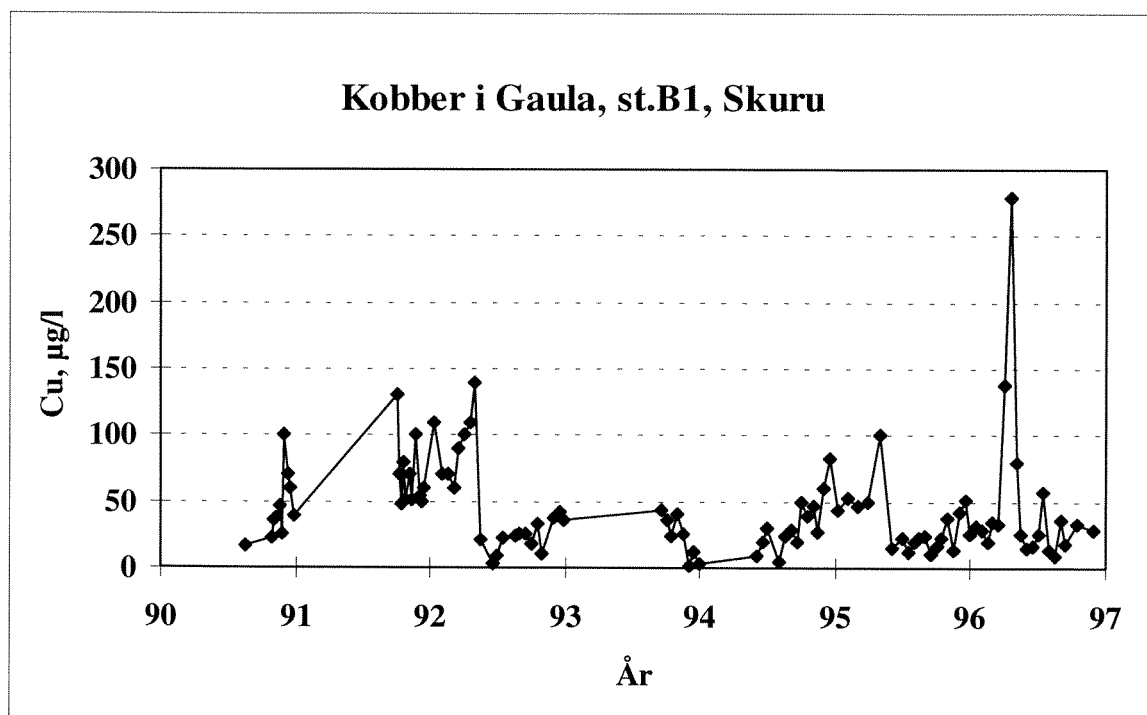


**Figur 3.2. Vannføringskurve for Gaula ved Reitan (Killingdal vannmerke) i 1996. Data og figur fra NVE, Region Midt-Norge.**

Konsentrasjonene av sink er redusert i noe mindre grad enn kobber. Ved Reitan (st. G4) var midlere vannføringsveid sinkkonsentrasjon (for hele året) redusert med ca 73% fra 1986/87 til 1996, mens kobberkonsentrasjonen var redusert med ca 82%. Hovedårsaken til dette er at avrenningen fra Kjøli, som har hatt den største reduksjonen i kobberavrenning, aldri har bidratt til sinkforurensningen.



Figur 3.3. Konsentrasjoner av kobber og sink i Gaula ved Reitan for årene 1991 - 1996.



**Figur 3.4. Kobberkonsentrasjoner i Skuru (stasjon B1), 1990 - 1996.**

Stikkprøver fra Rugla, som får avrenning fra den nedlagte Mug-gruva, viste kobberverdier i 1996 fra 2 til 15 µg/l, mot 4 til 14 µg/l i 1995. Kobberkonsentrasjonene i Rugla ligger på omtrent samme nivå som ved Ålen i hovedvassdraget. Forurensningen i Rugla er derfor såpass høy at Rugla ikke bidrar til fortykning av kobberforurensningen i hovedvassdraget.

Tabell 3.1 viser en beregning av de enkelte kildenes bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4) i 1986/87 og 1990-95. Beregningene er basert på middelerverdier for perioden juni-desember og teoretisk fortykning fra ovenforliggende stasjoner ut fra nedbørfeltenes størrelse.

*Tabell 3.1. Beregning av ulike kilders bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4).*

Beregningene er basert på middelerverdier for perioden juni t.o.m. desember.

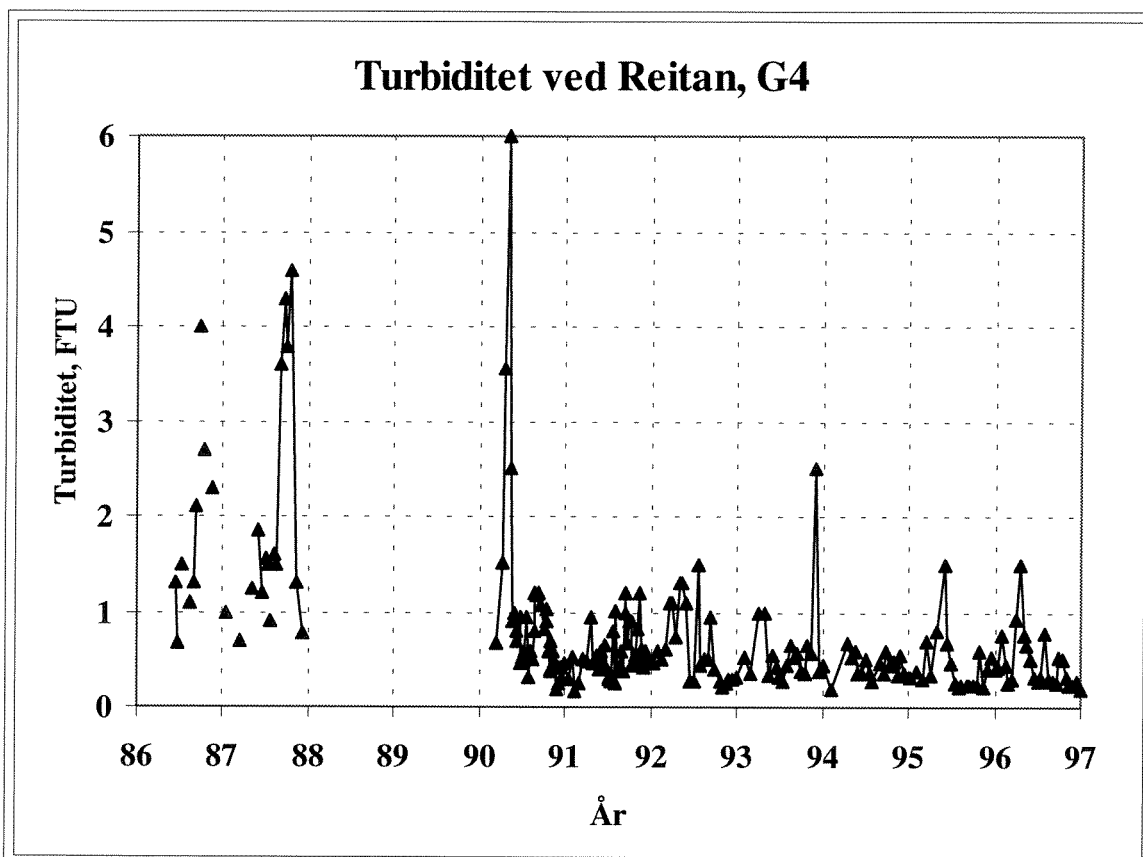
Utslippskilde / År	Kobber, µg/l ved G4							
	1986/87	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Kjøli via Storbekken	39	8	4	1.9	0.9	1.8	2.2	1.8
Killingdal via Gruvbekken	16	10	8	4.7	2.7	3.3	1.6	2.6
Killingdal via Skuru	7	5	7	2.4	2.3	3.4	2.4	2.7
Samlet bidrag fra gruvene	62	23	19	9.0	5.9	8.5	6.2	7.1
Bakgrunn	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.0
Beregnet konsentrasjon, G4	64	25	21	10.5	7.4	9.7	7.4	8.1
Målt konsentrasjon, G4	62	21	18	11.7	7.5	9.9	8.4	8.9



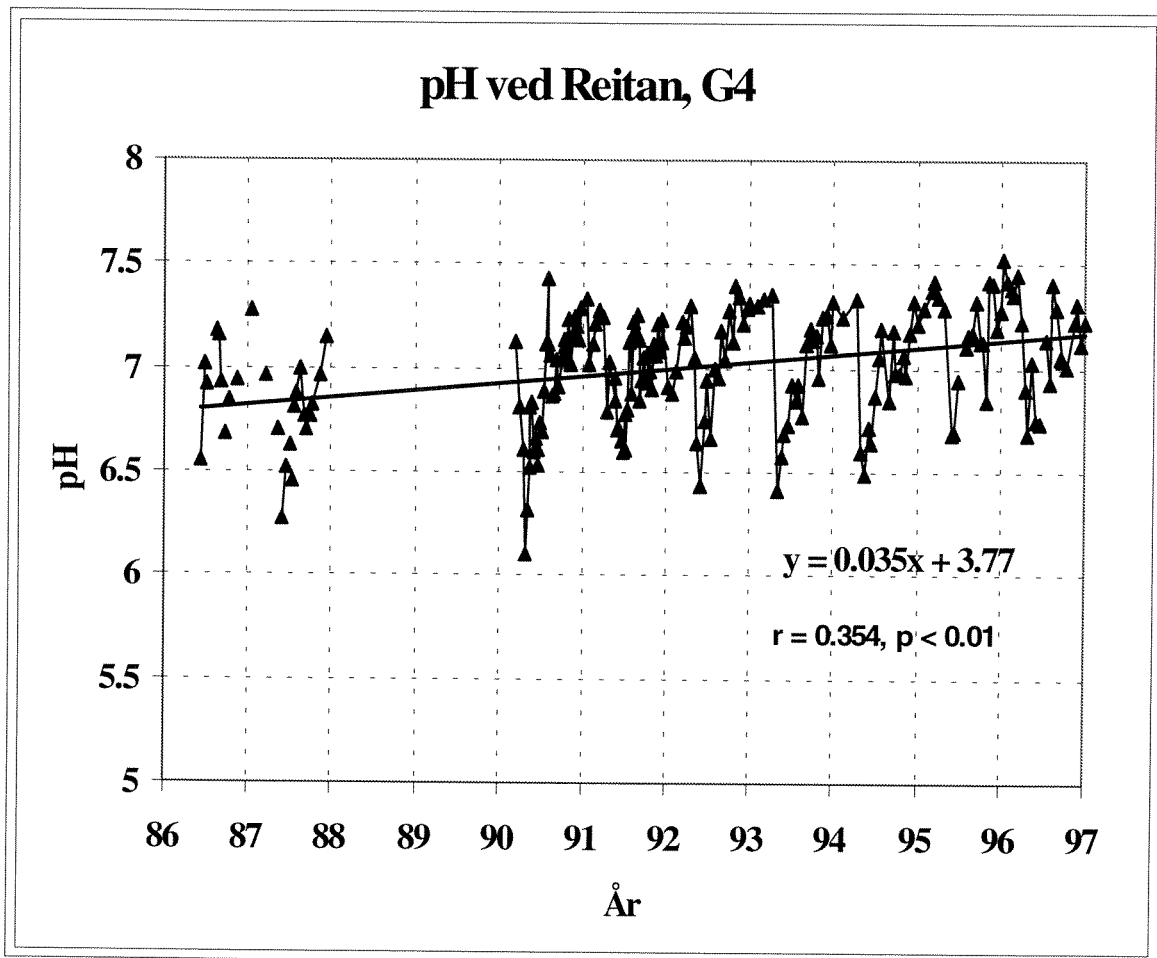
Det er en rimelig god overensstemmelse mellom beregnede og målte konsentrasjoner ved G4. Dette gjør det rimelig å anta at de beregnede bidrag fra de ulike kildene gir et godt estimat. Beregningene for 1995 tyder på at Kjølvi gruver bidro med 25% (35% i 1995) av kobberforurensningen ved Reitan, mens gamle Killingdal bidro med 37% (26% i 1995) og nye Killingdal med 38% (39% i 1995).

Forholdet mellom bidragene fra de ulike kildene varierer episodisk og sesongmessig. Reduksjonene i konsentrasjonene av kobber er ikke nødvendigvis lik reduksjonene i materialtransporten, da denne er avhengig av avrenningen i det enkelte år. Det er dog konsentrasjonene i elva og ikke transportverdier eller prosentvise reduksjoner som er avgjørende for de biologiske forhold i elva.

I tillegg til reduksjonene av tungmetaller har vannkvaliteten bedret seg markert med hensyn på partikkelinnhold. Før 1991 var turbiditeten vanligvis over 1 FTU og ofte rundt 4 til 5 (Figur 3.5). Dette innebar at vannet vanligvis var tydelig grumset av tungmetallholdig okerslam. Fra 1991 har turbiditeten bare unntaksvis vært høyere enn 1. I 1996 var den gjennomsnittlige turbiditeten 0.47 FTU. Vannet har da et klart utseende. Også elvas pH har økt fra gjennomsnittlig ca. 6.8 i 1986/87 til ca. 7.2 i 1986/87 (Figur 3.6). Selv om surheten ikke var noe stort problem i Gaula før tiltakene, har pH-økningen trolig medvirket til økt avgifting av tungmetallene.



Figur 3.5 Turbiditet i Gaula ved Reitan fra 1986 til 1996.



Figur 3.6 pH i Gaula ved Reitan fra 1986 til 1996.

### 3.2. Transportberegninger av kobber og sink.

Transportverdier for kopper, sink og sulfat er beregnet på årsbasis fra juni 1986 til mai 1987, og for årene 1987 og 1990 - 1996 (tabell 3.2). Transportberegningene er utført for stasjon G4, Reitan. Denne stasjonen fanger opp de samlede utslipp fra Kjøli og Killingdal gruver. Vannføringsdata for Reitan (Killingdal vannmerke) i 1990-1996 er generert ut fra data fra Eggafossen. Målinger i 1986/87 viste god samvariasjon for vannføringene mellom Eggafossen og Reitan. Vannføringsdata er skaffet til veie av NVE.

Tabell 3.2. Årlige transportverdier av kobber, sink og sulfat ved Reitan (St.G4) for årene 1986 - 1996.

Periode	Kobber tonn / år	Sink tonn / år	Sulfat tonn / år	Vannføring 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> / år
juni 1986 - mai 1987	12	27	1075	189
1987	16	33	1414	272
1990	6.9	23	889	219
1991	3.3	11	560	211
1992	2.6	10	508	223
1993	2.3	10	536	231
1994	1.3	5.1	382	162
1995	2.0	6.1	481	213
1996	2.0	6.7	475	176

Selv om vannføringen gikk ned med 17% fra 1995 til 1996 var det liten endring i transportverdiene. Årlig transport av kobber og sulfat ved Reitan var tilnærmet uendret fra 1995 til 1996, mens sinktransporten økte med med 10%. Dette medførte økte kobberkonsentrasjoner ved Reitan. Vannføringsveide årsmiddelverdier for kobber ved Reitan var 61 µg/l i 1986-1987, 30 µg/l i 1990, 16 µg/l i 1991, 12 µg/l i 1992, 9.9 µg/l i 1993, 8.5 µg/l i 1994, 9.2 µg/l i 1995 og 11.4 i 1996. Det var de høye Cu-konsentrasjonene tidlig på våren som hevet årsgjennomsnittet (Jfr. Figur 3.3). Fra juni 1996 og ut året var vannføringsveiet middelkonsentrasjon tilnærmet den samme som i 1995. Årsaken til at transporten av sink økte relativt til kobbertransporten var at Nye og Gamle Killingdal, som bidrar med mesteparten av sinkavrenningen, økte sin relative andel av kobberforurensningen fra 65% i 1995 til 75% i 1996.

Hvis man legger til grunn den prosentvise fordelingen mellom kildene som ble beregnet i kapittel 3.1 og trekker fra en beregnet bakgrunnstransport i 1996 på ca 0.2 tonn fra transportverdien for kobber ved Reitan i 1996 (tabell 3.2), blir bidraget fra Kjøli i 1996 ca 0.46 tonn (0.60 tonn i 1995) og fra gamle og nye Killingdal gruver hhv. 0.66 tonn (0.44 tonn i 1995) og 0.68 tonn (0.66 tonn i 1995). De beregnede bidragene fra de ulike kildene varierer betydelig fra år til år. Dette har trolig sammenheng med lokale nedbørmengder og klimaforhold under snøsmeltingen. Det forhold at forurensningstilførslene kan være utpreget episodiske, bidrar også til usikkerhet i transportverdiene. Beregningen av kobbertransporten fra Kjøli i 1996 (0.46 tonn) må imidlertid sies å være i god overensstemmelse med målinger oppe ved gruveområdet (Iversen 1997) som viste en årlig kobbertransport på 0.41 tonn fra høsten 1995 til høsten 1996. For hele 1996 viste tilsvarende tall

for målinger ved Gamle Killingdal 0.87 tonn Cu og for Nye Killingdal (Bjørgåsen) 0.51 tonn (Iversen, in prep.). Samlet kobbertransport fra gruvene var lik i begge undersøkelsene (1.8 tonn).

Fordi transportverdiene kan variere mye fra år til år avhengig av de hydrologiske forhold, vil trolig konsentrasjonsendringene gi et sikrere grunnlag for å bedømme effekten av de tekniske tiltakene i gruveområdene. Med unntak av spesielt høye konsentrasjoner våren 1996, må forholdene i elva med hensyn på forurensning sies å ha vært tilnærmet like i perioden 1993- 1996.

## 4. FISK

### 4.1 Metoder

Ungfisk av ørret og laks er innsamlet med elektrisk fiskeapparat (Paulsenapparat) på faste stasjoner i øvre Gaula. Det ble i hovedsak fisket én omgang på hver stasjon, og avfisket areal har variert mellom 84 og 400 m<sup>2</sup>. På stasjonene G1 og G6 ble det enkelte år fisket 3 omganger.

I 1986/87 ble det foretatt elektrisk fiske på en rekke stasjoner i hele Gaula med sideelver for å kartlegge utbredelse og tetthet av ungfisk (jfr. Traaen et al. 1988, Arnekleiv et al. 1989). Etter tiltak for å begrense gruveforurensningen ble gjennomført i 1990, ble de samme stasjoner i øvre Gaula elfisket i 1991/92 og 1994 for å se om ørret har etablert seg igjen på strekninger som tidligere var fisketomme på grunn av tungmetallforurensning. Denne overvåkingen er fulgt opp med nytt prøvefiske i 1996. I tillegg til hovedstasjonene G1-G6, ble det opprettet tilleggsstasjoner for elfiske og bunndyrprøver for å se nærmere på detaljer i reetableringen av faunaen nedover vassdraget. Disse stasjonene er:

G 2B - rett nedstrøms sideelva Sya

G 2C - rett ovafor sideelva Menna og oppstrøms Gruvbekken

G 4B - nedstrøms samløpet Rugla

G 4D - Ålen sentrum ved Kjempeplassen

G 5C - Ovafor Eggafossen ved Åsplassen

Noen av tilleggsstasjonene ble også elfisket i 1986/87. I 1996 ble det også fisket i nedre del av Sya, rett før samløpet med Gaula.

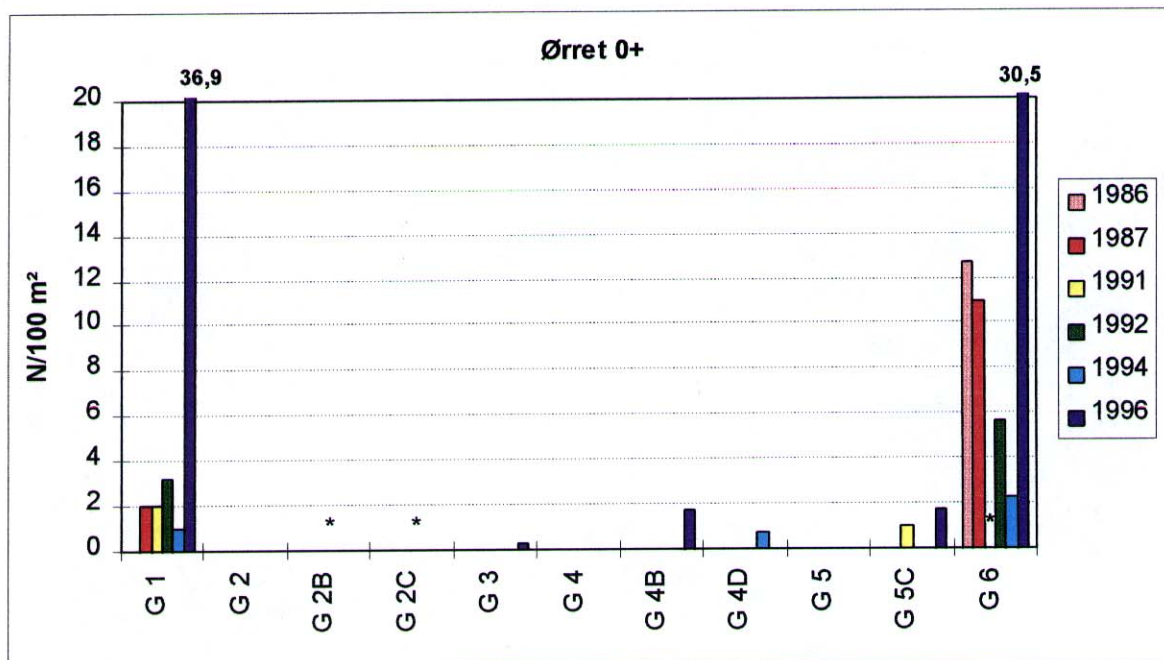
### 4.2 Resultater og diskusjon

Resultatet av elfiske er framstilt samlet for alle alle år i figur 4.1-4.3, mens tallene fra de enkelte stasjoner og datoer er gitt i vedleggstabell 4.1. Figur 4.1 og 4.2 viser observerte tettheter av ørret, mens forekomsten av laksunger på den lakseførende strekning (St. G5c og G6) er vist i figur 4.3.

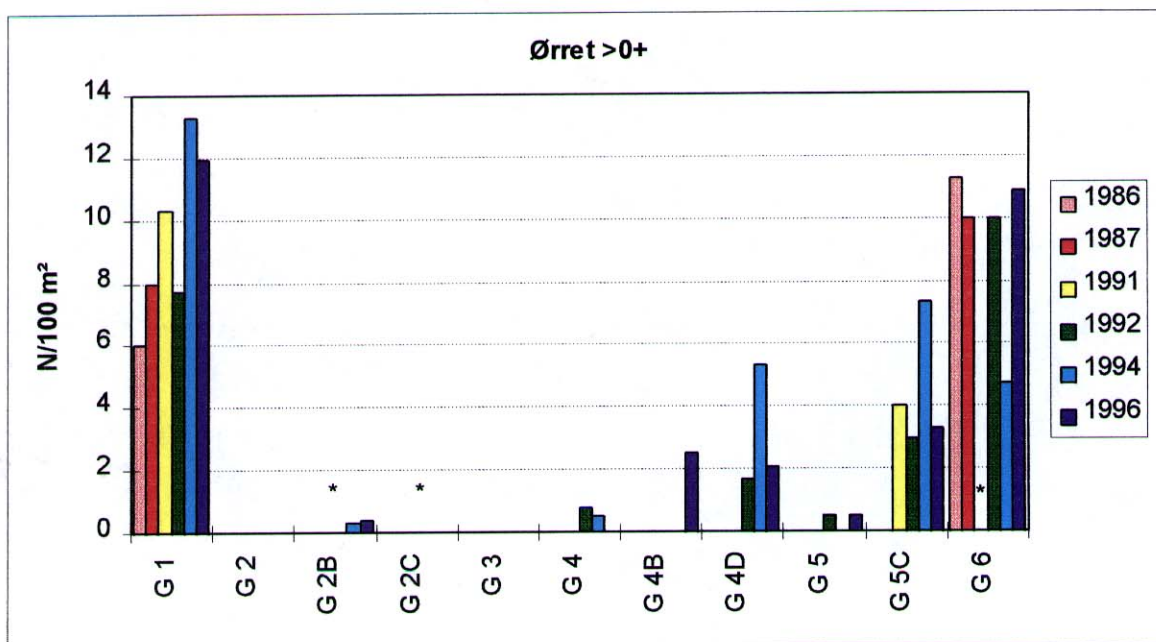
I 1986/87 ble det ikke påvist fisk på stasjonene mellom G1 og G6. Til tross for potensielt gode ungfiskhabitater og store avfiskete arealer ble det ikke funnet fisk på stasjonene G4, G4b, G4c og G5c. Først ved G6 (ca. 1 km nedstrøms Eggafossen) var det en forholdsvis lav tetthet av ørret, og bare 2 laksunger ble påvist her.

I 1991/92 viser elfiskeresultatene at ørret har begynt å reetablere bestand på deler av elvestrekningen som tidligere var tom for fisk (fig. 4.1 og 4.2). I 1991 ble det fanget ørret helt nederst på strekningen på stasjon G5c, mens det ikke ble påvist fisk lenger opp mellom G1 og G5. I 1992 var situasjonen ytterligere bedret ved at vi registrerte ørret også i området Reitan (G4) - Ålen (G5), med en tetthet på 1,7 og 3,0 ørret pr. 100 m<sup>2</sup> på henholdsvis G4d og G5c. Det ble imidlertid ikke fanget årsyngel på noen av stasjonene. Mellom stasjonene G1 og G4 ble det heller ikke i 1992 registrert fisk.

Data fra 1994 viser omtrent samme situasjon som i 1992 for stasjonene mellom G1 og G5. Det ble ikke påvist ørret på stasjon G2, G3 og G5, mens det forekom lave til middels tettheter av ørret på G4 og G4d (figur 4.2). Tetthetene var høyere på stasjon G4d og G5c enn tidligere år. På en nyopprettet stasjon nedstrøms samløp Sya (G2b) ble det funnet 1 ørret på et 300 m<sup>2</sup> stort areal.

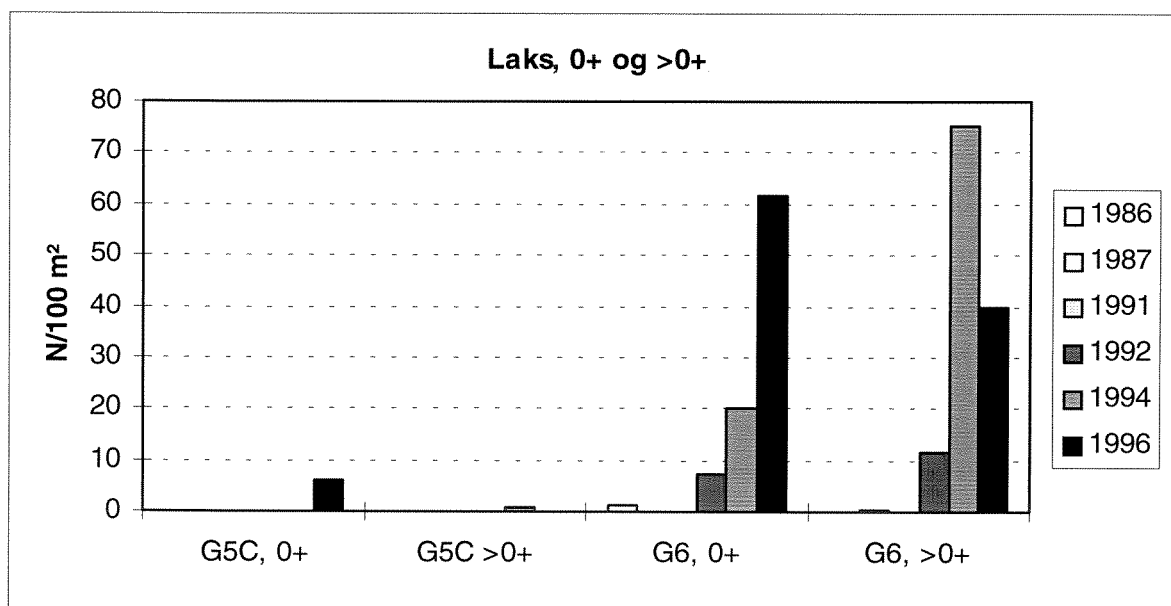


Figur 4.1 Observerte tettheter av årsyngel (0+) av ørret i øvre Gaula 1986-1996.  
\* = ikke prøvetaking i 1991.



Figur 4.2 Observerte tettheter av ørret (>0+) i øvre Gaula 1986-1996.  
\* = ikke prøvetaking i 1991.

Elfiske i 1996 viser at reetableringen av ørret fortsetter på de tidligere fisketomme områdene. Det er nå etablert en tynn bestand av ørret på hele strekningen nedstrøms Reitan (G4). Det ble observert mellom 0,5 og 3,3 ørretunger pr. 100 m<sup>2</sup> på alle stasjonene mellom G4 og G6 (fig. 4.2, vedleggstabell 4.1). For første gang ble det også registrert årsyngel av ørret på flere stasjoner (G3, G4b, G5c) i øvre deler. Tettheten av årsyngel både på G1 og G6 var spesielt høy i 1996 (fig. 4.1). Imidlertid er det fortsatt bare enkeltfisk å observere på strekningen mellom Storbekken og Reitan. På to gode elfiskestasjoner nedstrøms Sya (st. G2b og G2c) ble det bare påvist 1 ørret etter elfiske av et stort areal, til tross for at tettheten av ørret i sideelva Sya er god (vedleggstabell 4.1). Akkurat i samløpet mellom Gaula og Sya ble det fanget 3 ørret ved stikkprøver, og sannsynligvis slipper en del fisk seg ned fra sideelvene. Forekomsten av flere årsyngel i nedre del av området tyder på at det kan ha foregått vellykket reproduksjon i selve Gaula mellom Reitan og Eggafossen.



**Figur 4.3** Observerte tettheter av laksunger (0+ og eldre) på øvre lakseførende strekning i Gaula, 1986-1996.

For første gang registrerte vi årsyngel av laks ovafor Eggafossen (st. G5c, fig. 4.3). Eggafossen er et hinder for videre lakseoppgang, men i enkelte år med passende vassføring og temperatur er det kjent at laks kan passere Eggafossen og komme opp til Eiafossen. Vi har imidlertid aldri tidligere funnet årsyngel av laks på denne strekningen. Dette vitner om at innholdet av tungmetaller i dette området ikke er til hinder for reproduksjon. Også tettheten av laksunger (årsyngel og eldre) har vist en klar økning på stasjon G6 etter 1991 (fig. 4.3). Tettheten av laksunger er nå like stor her som på andre gode lokaliteter i Gaula. I lakseførende del av Gaula er det nå sannsynligvis ikke giftvirkninger av tungmetaller på fisk lenger.

Resultatene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av utførte tiltak mot gruveforurensningen. Det foregår en tydelig rekolonisering av ørretbestanden på tidligere totalskadde områder. Det er nå en tynn ørretbestand i Gaula nedstrøms Reitan, mens fisken fortsatt har problemer med å etablere bestand i området Storbekken -Reitan. Rekolonisering skjer

sannsynligvis hovedsaklig ved nedvandring av fisk fra intakte sidebekker, men i 1996 ble det også registrert årsyngel i øvre Gaula, noe som kan tyde på en begynnende naturlig reproduksjon av ørret. Det er derfor grunn til å håpe på en ytterligere oppbygging og reetablering av ørretbestanden i årene framover. Reetableringen av fisk går imidlertid sakte, selv der hvor kobberkonsentrasjonene gjennomgående ligger rundt 5 µg Cu/l og hvor der er gode muligheter for nedvandring av fisk (eksempelvis nedstrøms Sya). Årsaken til den sene reetableringen av fisk er uklar. Den kan skyldes lav fødetilgang. Reetableringen av den øvrige elvefauna synes imidlertid også å være i framgang, men siste undersøkelse ble foretatt i 1994 (Traaen et al. 1995), og det er derfor behov for å framskaffe en ny status for tilstanden av bunndyr og begroingsorganismer i øvre del av Gaula. En annen mulig årsak til sen reetablering av fisk kan være at det fremdeles opptrer blandsoner (med metallutfellinger) der selv lave metallkonsentrasjoner kan være giftige.



## LITTERATUR

- Arnekleiv, J.V., L'Abèe-Lund, J.H. & Koksvik, J.I. 1989. Forsknings- og regeransevassdrag Gaula. Biologi og habitatutnyttelse til laks og ørret i Gaula. - NTNF. MVU- rapport nr. B62:1- 53.
- Iversen, E.R. 1992: Måling av avrenning fra Kjøløi Gruve. Resultater 1991. Notat. O-81071. NIVA, 4. mai 1992.
- Iversen, E.R. 1993 I: Målinger av avrenning fra Killingdal gruve. Resultater 1992. Notat.O-91181. NIVA, 16.mars 1993.
- Iversen, E.R. 1993 II: Målinger av avrenning fra Kjøløi gruve. Resultater 1992. Notat.O-81071. NIVA, 15.mars 1993.
- Iversen, E.R. 1997: Kjøløi gruve. Avrenning 1995 -1996. NIVA-rapport 3598-97.
- SFT 1989: Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Hovedredaktør: Hans Holtan, NIVA. SFT-rapport TA - 630.
- Traaen, T.S. 1994: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1993. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 568/94.
- Traaen, T.S., J.V. Arnekleiv, T. Bongard, M. Grande, E.-A. Lindstrøm og L. Lingsten 1988: Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986-1987.-Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 337/88.
- Traaen, T.S. og E.R. Iversen 1991: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1990. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 459/91.
- Traaen, T.S., M. Grande, E.R. Iversen, E.-A. Lindstrøm, J.V. Arnekleiv og L. Størseth 1992: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1991. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 492/92.
- Traaen, T.S., M. Grande, E.R. Iversen, E.-A. Lindstrøm, J.V. Arnekleiv og L. Størseth 1993: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1992. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 530/93.
- Traaen, T.S 1995: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1993. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 568/94.
- Traaen, T.S., J.V. Arnekleiv, E.R. Iversen og E.-A. Lindstrøm 1995: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1994. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 609/95.
- Traaen, T.S 1996: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1995. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 669/96. NIVA-rapport 3520-96.

## VEDLEGG

	side
Vannkjemiske analyser	
Stasjon G1 og G2	25
Stasjon G3	26
Stasjon G4	27
Stasjon G5 og G6	28
Stasjon B1 og B2	29
Prøvefiske (vedleggstabell 4.1)	30

## Vannkjemiske analyser i Gaula, 1996.

### Stasjon G1, oppstrøms Storbekken, 1996.

Dato	Cu	Zn
	µg/l	µg/l
615	0.9	1.0
630	0.9	0.9
730	1.2	1.2
830	1.1	0.9
928	0.8	0.9
1030	1.0	2.1

### Stasjon G2, Grønlivollen, 3km nedstrøms Storbekken, 1996.

Dato	pH	Kond.	Turb.	Sulfat	Cu	Zn
		mS/m	FTU	mg/l	µg/l	µg/l
115	7.26	4.99	0.32	4.7	4.0	1.9
130	7.12	5.50	0.29	5.6	3.2	1.4
215	7.15	6.08	0.40	8.7	2.2	5.8
229	6.91	6.70	0.19	8.8	3.6	1.5
315	7.08	6.10	0.52	7.5	4.2	3.7
331	6.85	6.59	0.19	7.5	3.07	8.0
415	6.73	6.81	0.34	5.9	10.1	9.4
430	6.67	5.45	0.46	4.0	8.6	5.0
515	6.78	5.71	0.35	3.6	5.7	1.3
530	6.58	3.44	0.56	2.7	8.4	2.7
615	6.69	1.46	0.55	1.5	6.2	6.7
630	6.83	1.92	0.48	1.6	6.9	1.1
715	7.08	2.43	0.28	2.8	10.0	2.5
730	7.22	4.53	0.31	3.6	12.0	1.9
815	7.32	3.80	0.23	5.4	8.1	1.3
830	7.26	4.22	0.16	4.2	9.2	1.9
915	7.15	3.79	0.11	4.5	11.2	1.7
928	7.22	3.86	0.13	3.3	6.8	1.7
1015	7.02	3.06	0.15	3.0	7.9	2.8
1030	7.07	3.50	0.10	3.9	8.8	2.1
1115	7.07	4.49	0.17	3.8	5.3	7.2
1130	7.08	4.98	0.08	4.3	4.3	9.0

**Stasjon G3, nedstrøms Grubekken, 1996.**

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	
115	7.09	3.93	0.37	4.2	9.8		108
130	7.00	4.23	0.26	3.9	6.0		70
215	6.96	4.03	0.74	3.9	2.9		47
229	6.90	3.98	0.45	3.5	6.6		36
315	6.95	4.11	1.20	3.6	5.7		38
331	6.82	4.60	0.23	3.9	6.1		100
415	6.77	4.75	0.31	4.2	5.4		80
430	6.63	3.95	0.59	5.3	20.6		140
515	7.19	4.51	0.33	3.3	10.6		64
530	7.66	3.34	0.75	2.2	6.6		24
615	6.65	1.33	0.32	1.3	5.1		15
630	6.84	1.56	0.35	1.5	6.8		20
715	7.48	2.80	0.29	2.8	8.8		38
730	7.09	2.37	0.30	2.0	5.8		18
815	7.16	2.93	0.40	2.8	4.9		22
830	7.19	3.31	0.17	2.9	6.5		31
915	6.95	3.79	0.11	4.5	8.0		45
928	6.99	2.97	0.27	3.2	10.2		65
1015	6.84	2.67	0.60	3.9	17.1		108
1030	6.94	2.95	0.27	3.6	12.6		78
1115	6.99	3.35	0.22	3.5	10.1		85
1130	6.91	3.86	0.15	3.9	9.6		90
1215	6.89	3.73	0.17	4.0	11.0		114

**Stasjon G4, Reitan, 1996.**

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	
115	7.53	5.32	0.42	5.2	11.3		76
130	7.42	5.20	0.76	4.5	7.2		53
215	7.38	4.92	0.45	4.4	4.9		47
229	7.35	5.15	0.25	4.4	8.8		39
315	7.45	5.15	0.30	4.3	7.0		36
331	7.22	6.96	0.92	7.1	22.4		80
415	6.90	6.49	1.50	7.9	46.5		130
430	6.68	4.28	0.75	5.0	29.4		90
515	7.03	4.01	0.65	3.9	21.4		60
530	6.75	1.93	0.51	1.5	6.2		20
615	6.74	1.60	0.32	1.5	6.1		17
630			0.27	1.9	7.0		18
715	7.14	2.59	0.32	2.6	9.6		33
730	6.93	2.18	0.77	1.9	13.0		36
815	7.41	3.58	0.30	3.0	5.3		20
830	7.29	5.04	0.17	3.1	9.6		37
915	7.05	3.15	0.16	3.1	7.6		39
928	7.04	3.45	0.32	3.6	14.2		71
1015	7.01	3.01	0.31	3.4	12.4		54
1030	7.15	3.65	0.20	4.0	11.8		73
1115	7.22	4.09	0.14	4.0	8.7		71
1130	7.31	4.72	0.15	4.4	9.2		70
1215	7.12	3.91	0.17	4.0	10.0		47
1230	7.22	4.31	0.11	4.3	10.4		70

**Stasjon G5, Ålen, 1996.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
115i	7.4i	54
130i	4.7i	42
215i	2.8i	30
229i	4.2i	21
315i	4.5i	23
331i	6.2i	40
415i	15.8i	40
430i	15.6i	40
515i	19.4i	43
530i	5.8i	14
615i	7.0i	17
630i	6.7i	13
715i	7.3i	22
730i	10.0i	28
815i	5.4i	18
830i	8.5i	26
915i	6.4i	27
928i	14.6i	56
1015i	9.4i	38
1030i	8.3i	44
1115i	7.1i	47
1130i	6.2i	50
1215i	7.0i	32
1230i	6.0i	40

**Stasjon G6, Eggafossen, 1996.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
115i	4.8i	23
130i	5.2i	27
215i	3.2i	18
-	-	-
-	-	-
331i	8.26i	30
415i	7.62i	20
430i	13.4i	30
515i	13.3i	29
530i	5.1i	12
615i	5.2i	11
630i	5.2i	8
715i	5.6i	16
730i	9.1i	25
815i	5.1i	12
830i	6.2i	17
915i	4.7i	19
928i	9.9i	35
1015i	7.2i	25
1030i	5.9i	24
1115i	6.7i	35
1130i	5.3i	40
1215i	6.2i	21
1230i	5.2i	45

**Stasjon B1, Skuru, 1996.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
115	31.1	115
130	29.2	103
215	19.0	94
229	34.4	100
315	32.5	110
331	138.0	410
415	279.0	560
430	80.0	180
515	25.0	66
530	14.8	38
615	16.0	44
630	25.0	62
715	57.0	160
730	29.0	85
815	9.3	36
830	36.0	120
915	18.7	69
928	38.2	119
1015	33.0	92
1030	42.5	112
1115	17.2	77
1130	28.0	110
1215	31.0	102
1230	31.0	110

**Stasjon B2, Rugla, 1996.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
115	3.5	2.3
130	3.4	3.3
215	2.1	1.9
229	3.4	1.6
315	2.6	1.3
331	3.5	1.9
415	6.3	3.2
430	8.1	4.0
515	7.2	4.2
530	10.1	4.4
615	15.0	5.9
630	13.0	3.3
715	10.0	4.7
730	14.0	5.0
815	6.0	3.4
830	9.6	3.3
915	7.9	5.6
928	14.5	2.0
1015	11.3	2.6
1030	7.3	3.5
1115	5.4	6.9
1130	4.6	12.5
1215	3.9	2.7
1230	3.7	2.9

Tabell 4.1. Resultater av elfiske i øvre del av Gaula i 1986/87, 1991/92, 1994 og 1996.

År	St.	Dato	Areal m <sup>2</sup>	Ant. omganger fisket	Tot. ant. fisk	Antall fanget				Observert tetthet pr. 100 m <sup>2</sup>	
						Ørret		Laks		Ørret ≥1+	Laks ≥1+
1986	G1	24.09.	150	3	9		9			6,0	
	G2	"	300	1	0						
	G3	"	150	1	0						
	G4	"	200	1	0						
	G4b	"	-	1	0						
	G4d	"	300	1	0						
	G5	25.09.	350	1	0						
	G5c	"	200	1	0						
	G6	"	150	3	38	19	17	2	0	11,3	0,0
G7	"	125	3	33	4	7	13	9	5,6	7,2	
1987	G1	11.08.	100	1	10	2	8			8,0	
	G4	"	100	1	0						
	G4d	"	150	1	0						
	G5	"	200	1	0						
	G5c	"	320	1	0						
	G6	"	200	1	43	22	20	0	1	10,0	0,5
1991	G1	06.08.	400	1	45	4	51			10,3	
	G4	"	100	1	0						
	G5	"	100	1	0						
	G5b	"	80	1	1		1			1,3	
	G5c	"	100	1	5	1	4			4,0	
1992	G1	14.09.	350	1	38	11	27			7,7	
	G2	"	80	1	0						
	G3	"	100	1	0						
	G4	"	150	1	1		1			0,75	
	G4d	15.09.	300	1	5		5			1,7	
	G5	"	400	1	1		2			0,5	
	G5c	"	100	1	3		3			3,0	
	G6	"	140	1	48	8	14	10	16	10,0	11,4
1994	G1	15.09.	180	3	25	1	24			13,3	
	G2	"	200	1	0						
	G2b	"	300	1	1		1			0,3	
	G3	"	100	1	0						
	G4	"	200	1	1		1			0,5	
	G4d	14.09.	150	1	9	1	8			5,3	
	G5	"	200	1	0						
	G5c	"	150	1	12		11		1	7,3	0,6
	G6	"	85	3	85	2	4	17	64	4,7	75,3
1996	G1	21.08.	84	3	41	31	10			11,9	
	G2	"	240	1	0						
	G2B	"	240	1	1		1			0,4	
	G2C	"	300	1	0						
	G3	"	400	1	1	1				0,25	
	G4	"	300	1	0						
	G4B	20.08.	240	1	10	4	6			2,5	
	G4D	"	345	1	7	0	7			2,0	
	G5	"	210	1	1		1			0,5	
	G5C	"	120	1	13	2	4	7		3,3	
	G6	"	128	3	183	39	14	79	51	10,9	39,8
	Sya	21.08.	200	1	17	5	11			5,5	



---

**NIVA** 

**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3691-97

ISBN 82-577-3256-7