



Statlig program for  
forurensningsovervåking

## Rapport 808/00

Oppdragsgiver

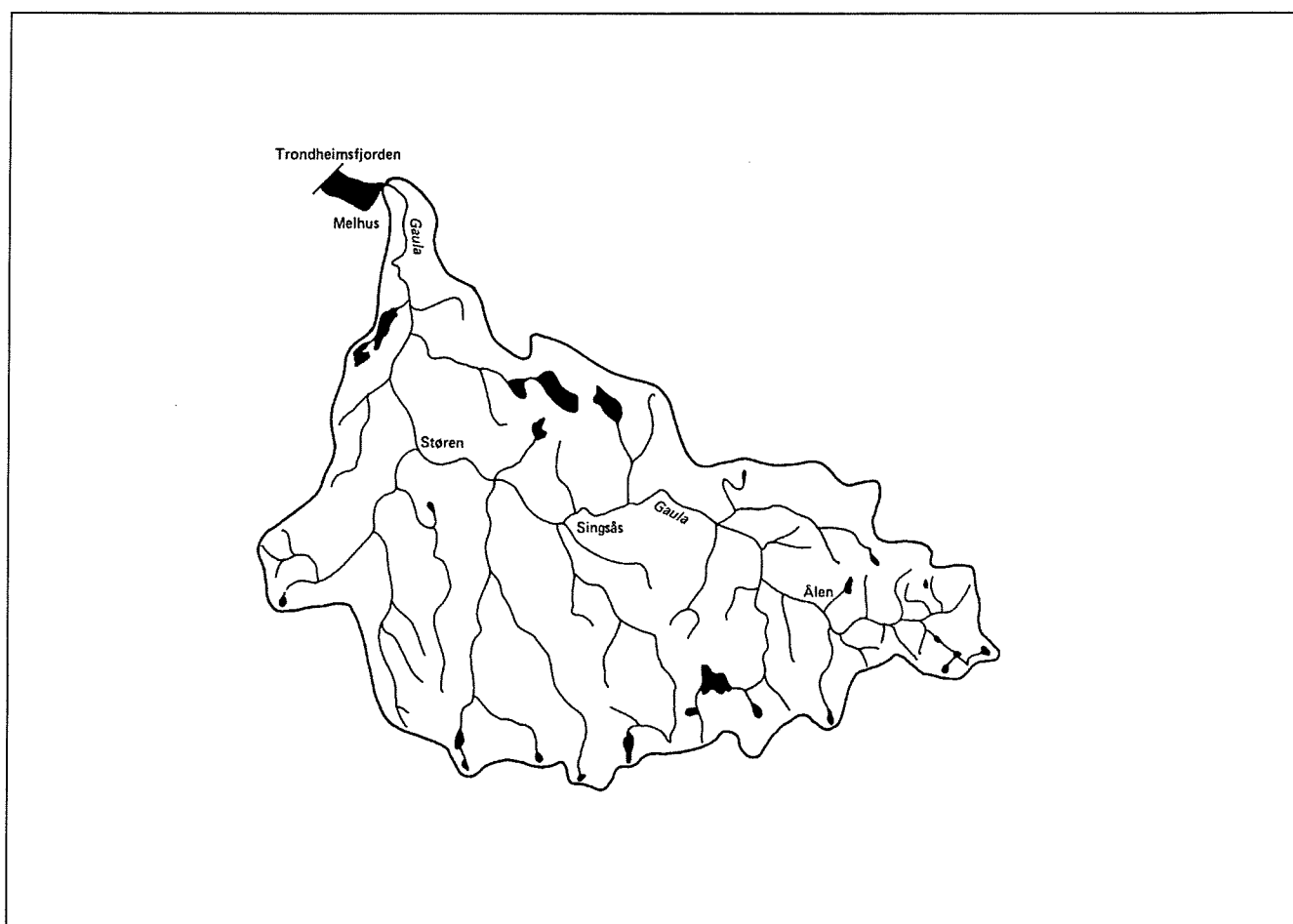
Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

NIVA

# Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag

Vannkjemiske undersøkelser  
Årsrapport for 1999



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet:

[www.niva.no](http://www.niva.no)

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

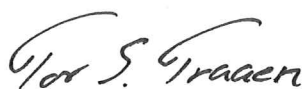
Polarmiljøsentret  
9005 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1999. (Overvåkingsrapport nr. 808/00. TA-nr. 1764/2000)	Løpenr. (for bestilling) 4257-2000	Dato 22. mai 2000
	Prosjektnr. Underr. O-90051	Sider Pris 23
Forfatter(e) Tor S. Traaen	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I 1999 ble det utført vannkjemisk og biologisk overvåking i øvre deler av Gaula for å studere effektene av forurensnings-begrensende tiltak ved Kjøli og Killingdal gruver. Årlig transport av kobber og sink ved Reitan (st. G4) er redusert fra hhv 14 og 30 tonn i 1986/87 til 1,5 og 7,2 tonn i 1999. Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon for kobber ved Reitan ble redusert fra 8,0 µg/l i 1998 til 7,4 µg/l i 1999. I perioden juni til desember 1999 var kobber-konsentrasjonene i øvre del av elva markert høyere enn i 1998. Ved stasjonen G2 økte kobber-konsentrasjonen fra 5,6 til 10,2 µg/l, ved G3 fra 7,0 til 10,1 µg/l og ved G4 fra 7,5 til 9,5 µg/l. I denne perioden økte også transportverdiene av kobber og sink fra 1998 til 1999, selv om lav årsvannføring bidro til at årstransportene av tungmetaller gikk ned.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gruveforurensning</li> <li>2. Tungmetaller</li> <li>3. Forurensningsbegrensende tiltak</li> <li>4. Overvåking</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mine pollution</li> <li>2. Heavy metals</li> <li>3. Pollution abatement</li> <li>4. Monitoring</li> </ol>
---	--



Tor S. Traaen  
Prosjektleder



Sigurd Rognerud  
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun  
Forskningsjef

**O - 9 0 0 5 1**

**OVERVÅKING AV GAULA, SØR-TRØNDELAG**

**Vannkjemiske undersøkelser**

**ÅRSRAPPORT for 1999**

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeider: Eigil Rune Iversen

Norsk Institutt for Vannforskning

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....</b>	<b>4</b>
<b>2. INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIALER OG METODER.....</b>	<b>5</b>
<b>4. VANNKJEMI OG HYDROLOGI.....</b>	<b>9</b>
4.1 HYDROLOGI .....	9
4.2 VANNKJEMI.....	10
4.2. TRANSPORTBEREGNINGER AV KOBBER OG SINK.....	16
<b>LITTERATUR.....</b>	<b>18</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>20</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 gruvas dagåpning, og fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruve. Videre ble det laget dreneringsgrøfter rundt veltene. I 1999 gikk drensledningen som førte vannet ned i gruva tett, slik at vannet rant via Grubekken til Gaula.

## Vannkjemi

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. Fra 1993 ble det også tatt prøver av Rugla.

I 1999 var vannføringsveide årsmiddelverdier ved Reitan 7,4 µg Cu/l og 37 µg Zn/l, mot h.h.v. 8,0 og 35 µg/l i 1998. Sammenlignet med 1986/87 var de vannføringsveide årsmiddelverdiene for kobber og sink redusert med hhv 88% og 75%. I 1999 var konsentrasjonene av kobber og sink i vassdraget lavere i første halvår og høyere i annet halvår sammenlignet med 1998.

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan var i 1999 1,5 tonn Cu og 7,2 tonn Zn, mot hhv 2,0 og 8,5 tonn i 1998. Reduksjonen skyldtes at vannføringen gikk ned med 20% fra 1998 til 1999. Til sammenlikning var transportene i 1986/87 12-16 tonn kobber og 27-33 tonn sink. Fra 1986/87 til 1998 er kobbertransporten redusert med ca. 89 % (86 % i 1998) og sinktransporten med ca. 76 % (72 % til 1998).

Undersøkelsene har vist at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av forurensningsbegrensende tiltak. Konsentrasjonene av tungmetaller er sterkt redusert, pH har økt og partikkelforurensningen av tungmetallholdig okerslam er betydelig redusert. Den forholdsvis sene reetableringen av flora og fauna tyder imidlertid på at det kan være blandsoner nedstrøms gruvebakkene hvor det kan opptre giftvirkninger ved metallkonsentrasjoner som ikke er giftige i en kjemisk likevektssituasjon. En mulig måte å få bedre kunnskap om årsak/virkning kan være å ta i bruk diffusjonsbaserte passive prøvetakere for metaller (DGT).

## 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 Kjæli 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 (Traaen m.fl.1988).

I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjæli 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. Fra midten av oktober 1990 opphørte pumping av vann fra gruva og sigevann fra området ble ledet til gruva i en drensledning. Denne ledningen tettet seg i 1999 grunnet metallutfellinger.

Hensikten med undersøkelsene er å kontrollere effektene på de økologiske forholdene i Gaula av tiltakene ved gruveområdene, samt å fremskaffe data for å vurdere nødvendigheten av supplerende tiltak. Undersøkelsene er finansiert og administrert av Statens Forurensningstilsyn, SFT.

Undersøkelsene i Gaula er samordnet med undersøkelser som NIVA utfører for Bergvesenet i gruveområdene (Iversen 1997A, Iversen 1997B, Iversen 1998).

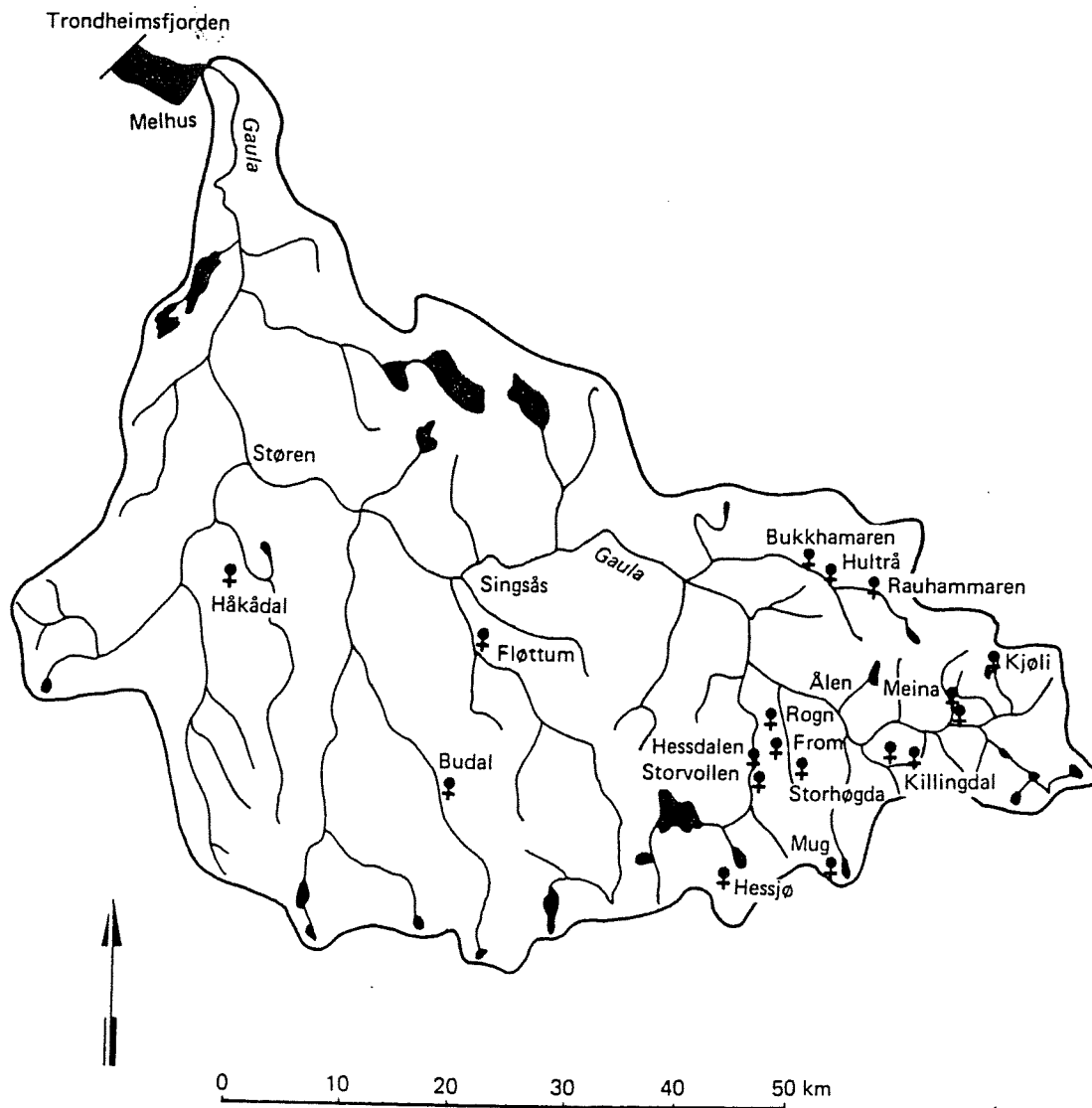
## 3. MATERIALER OG METODER

Beliggenheten av gamle gruver i Gaulas nedbørfelt er vist i figur 3.1. Figur 3.2 viser navn på de viktigste sidevassdragene. Målestasjonene for undersøkelsene i 1986/87 og 1990-99 er vist i figur 3.3.

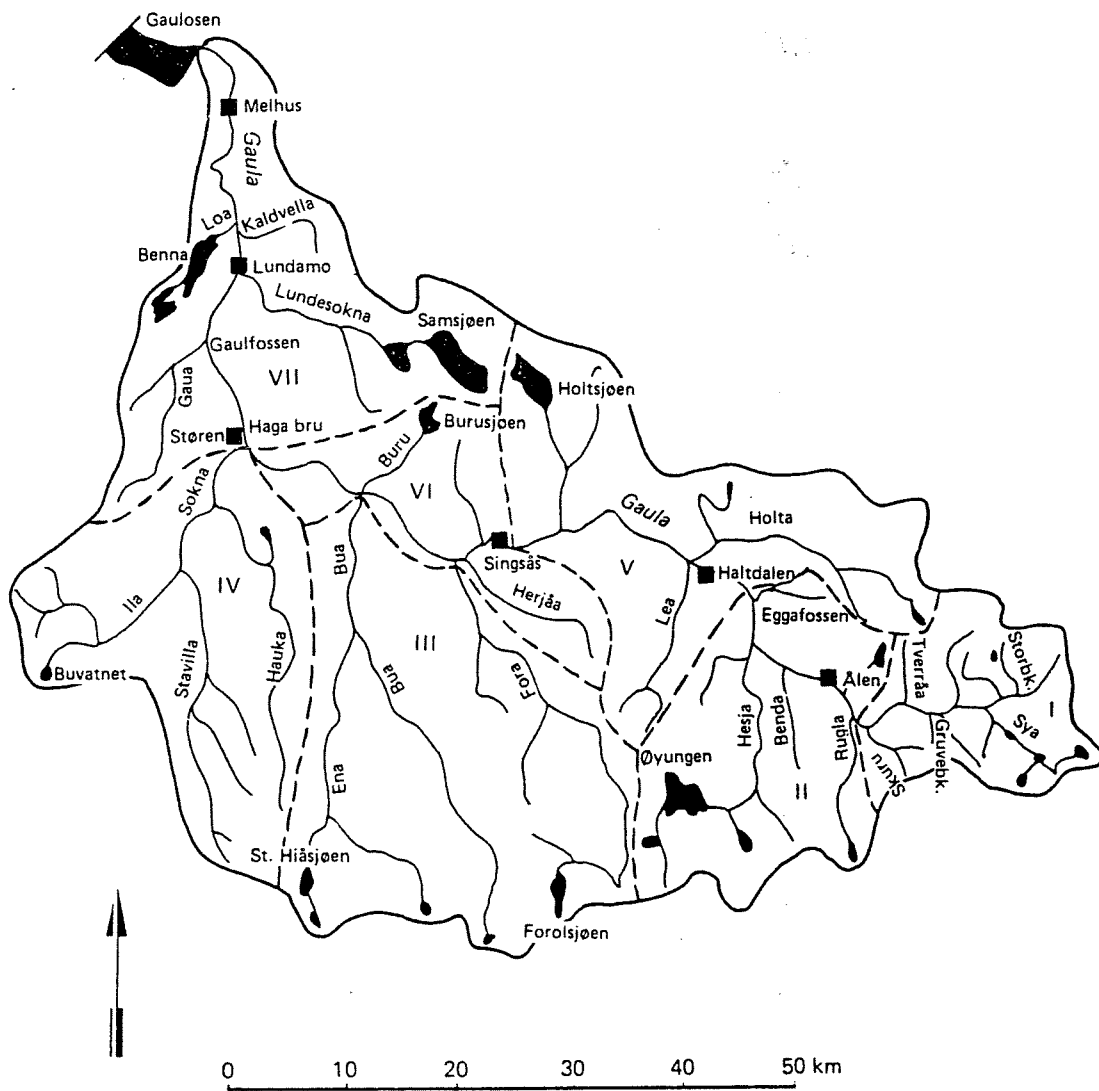
I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula (Traaen og Iversen 1991). Øverste stasjon, G2, ligger ca 3 km nedstrøms Storbekken fra Kjæli. Neste stasjon, G3, ligger ca 1 km nedstrøms Grubbekken fra Killingdal. Stasjon G4 ligger ved Reitan, ca 2 km nedstrøms sideelva Skuru. Skuru mottar tungmetaller fra Nye Killingdal Gruver i Bjørgenåsen. I 1991-1999 ble det også tatt prøver ved stasjonene G5 (Ålen) og G6 (Eggafossen). Det ble også tatt prøver i Skuru og Rugla (1993-1999) samt enkelte stikkprøver på referansestasjonen G1 (oppstøms Storbekken).

Prøvene ble analysert på følgende parametre: Kobber og sink (alle stasjonene), pH, konduktivitet, turbiditet, sulfat (G4).

I 1991 og 1992 ble det tatt prøver av begroing, bunndyr og fisk på den berørte elvestrekningen (Traaen et al. 1992, Traaen et al. 1993). Nye biologiske undersøkelser ble utført i 1994 (Traaen et al. 1995). I 1996 ble det utført prøvefiske (Traaen og Arnekleiv 1997). I 1998 ble det igjen utført biologiske undersøkelser av begroing, bunndyr og fisk (Traaen, Arnekleiv og Lindstrøm 1999). I 1999 ble det bare utført kjemiske undersøkelser.

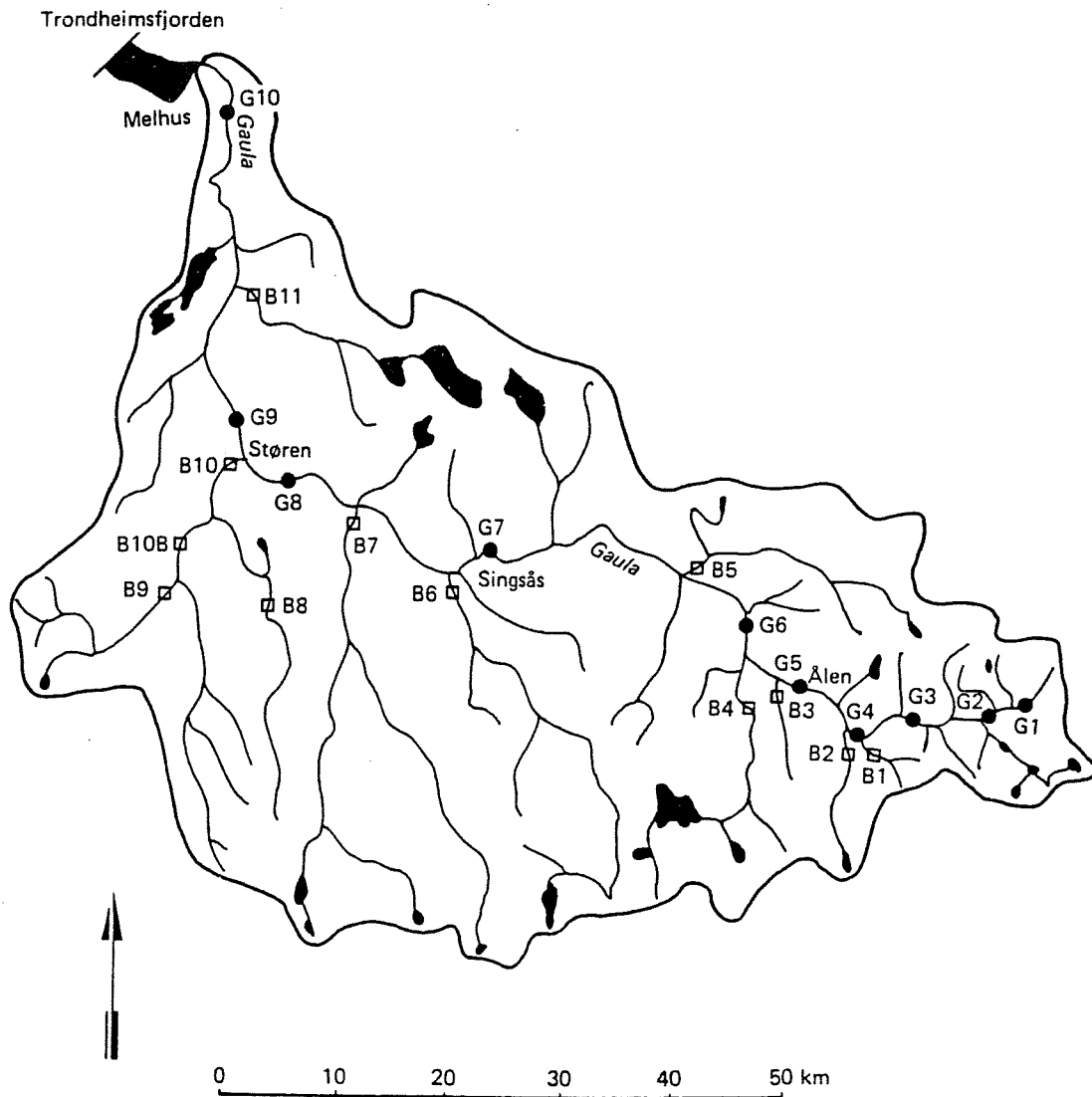


**Figur 2.1. Nedlagte gruver i Gaulas nedbørfelt.**



**Figur 2.2. De viktigste sidevassdragene til Gaular.**





**Figur 2.3. Prøvetakingstasjoner i Gaula.**

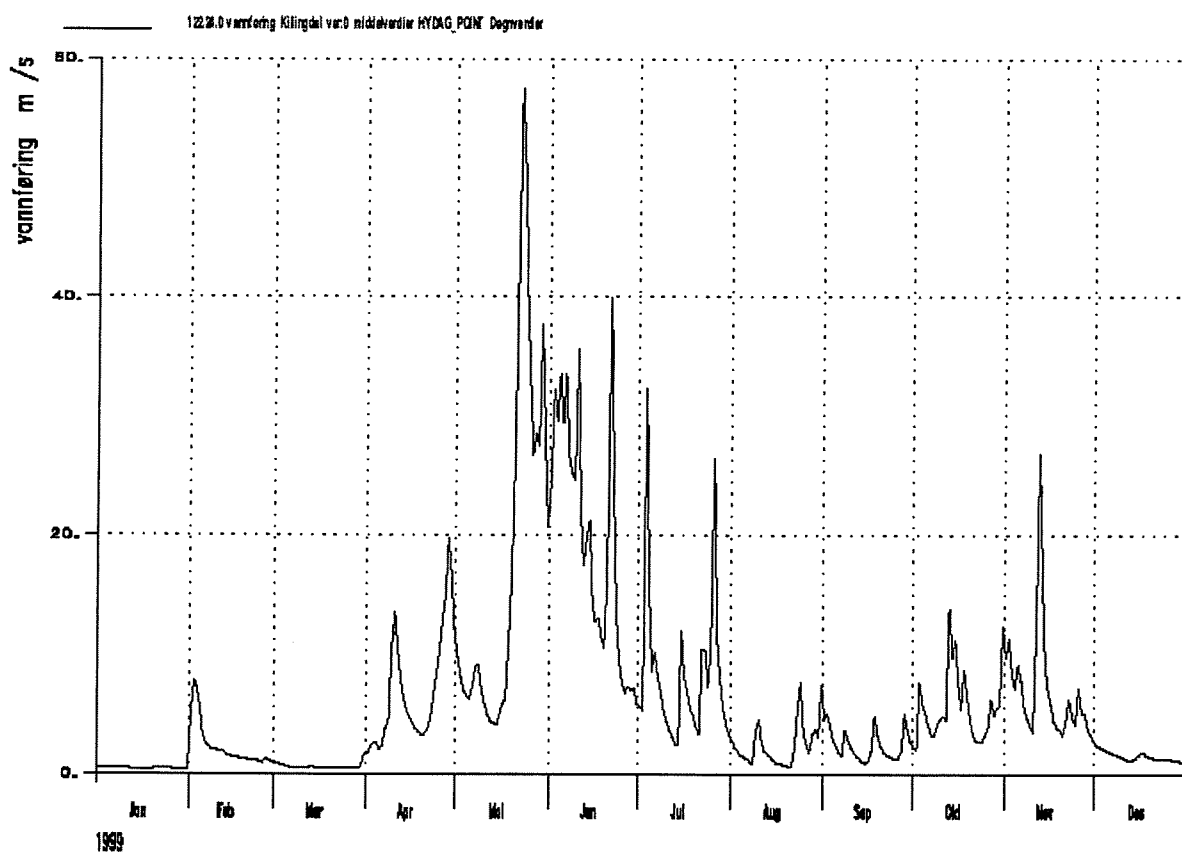
**I 1991-1999 ble det tatt prøver ved stasjonene G2 til G6, samt i Skuru (B1) og Rugla (B2).**

## 4. VANNKJEMI OG HYDROLOGI

### 4.1 Hydrologi

Vannføringskurve for Gaula ved Killingdal vannmerke (like oppstrøms st.G4 Reitan) i 1999 er vist i figur 4.1. Verdiene er beregnet ut fra data fra Eggafossen vannmerke etter at 2 års målinger viste en god samvariasjon mellom de 2 målestasjonene.

Midlere årsverdi i 1999 var  $6,25 \text{ m}^3/\text{s}$ , mot  $7,83 \text{ m}^3/\text{s}$  i 1998. Midlere årsverdi for de siste 11 årene er  $7,09 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vannføringskurven befester Gaula som en typisk flomelv med hyppige og raske variasjoner i vannføringen. Dette kan medføre betydelige variasjoner over kort tid i vannkjemiske variable.



**Figur 4.1. Vannføringskurve for Gaula ved Reitan (Killingdal vannmerke) i 1999. Data og figur fra NVE, Region Midt-Norge.**

## 4.2 Vannkjemi.

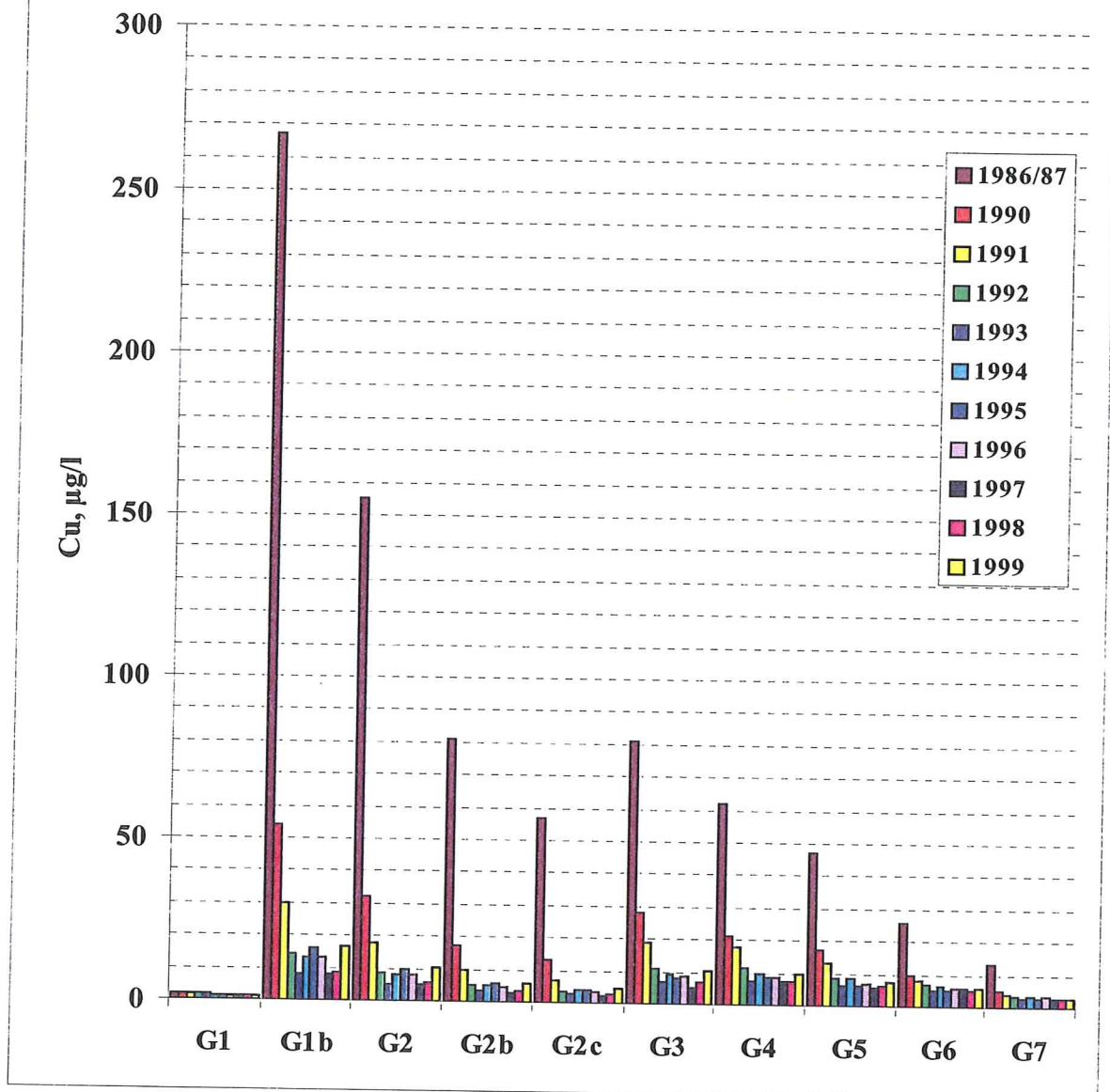
I 1999 ble det analysert for pH, konduktivitet, turbiditet, kobber, sink og sulfat på stasjon G4 (hovedstasjonen ved Reitan). For stasjonene G2, G3, G5 og G6, samt i Skuru og Rugla ble bare kobber og sink analysert. Prøver fra G4 til G6, samt Skuru og Rugla ble tatt 2 ganger pr. måned. På de 2 øverste stasjonene (G2 og G3) ble det tatt månedlige prøver så lenge veien var åpen (juni-november).

Kjemiske analyseresultater er gitt i vedlegget.

Figur 4.2 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 prøvedekning på øvre stasjonene. På vinteren og våren er disse stasjonene vanskelig tilgjengelige. 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 4.2 at konsentrasjonene av kobber fra 1986/87 til 1998 har vist en markert avtagende trend. I 1997 og 1998 var konsentrasjonene av tungmetaller gjennomgående de laveste siden målingene startet. I 1999 var imidlertid konsentrasjonene av kobber markert høyere enn i 1998, spesielt på de øverste stasjonene.

Variasjoner i konsentrasjonene for kobber og sink fra stasjon G4 (Reitan) for årene 1991 -1999 er vist i figur 4.3. 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 maksimumkonsentrasjonene 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, 22 µg/l i 1995, 46.5 µg/l i 1996, 26 µg/l i 1997 og 16,3 µg/l i 1998. I 1999 var maksimumsverdien av kobber 16.0 µg/l, den laveste årlige maksimumsverdien siden målingene startet. Maksimumsverdiene synes hovedsakelig å være forårsaket av svært høye kobberkonsentrasjoner i Skuru, med en maksimumsverdi i 1999 på 60 µg Cu/l (38 µg/l i 1998) (figur 4.4). Dette viser at utvasking fra kontaminerte overflater i Bjergåsen kan gi høy episodisk forurensning nedover i vassdraget, spesielt i begynnelsen av teleløsningen. Årsaken er trolig at forvitningsprodukter 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. Om våren må man derfor forvente store variasjoner i analyseresultatene i ulike år. Uregistrerte, kortvarige episoder kan være medvirkende til den forholdsvis sene rekoloniseringen av flora og fauna i Gaula.

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



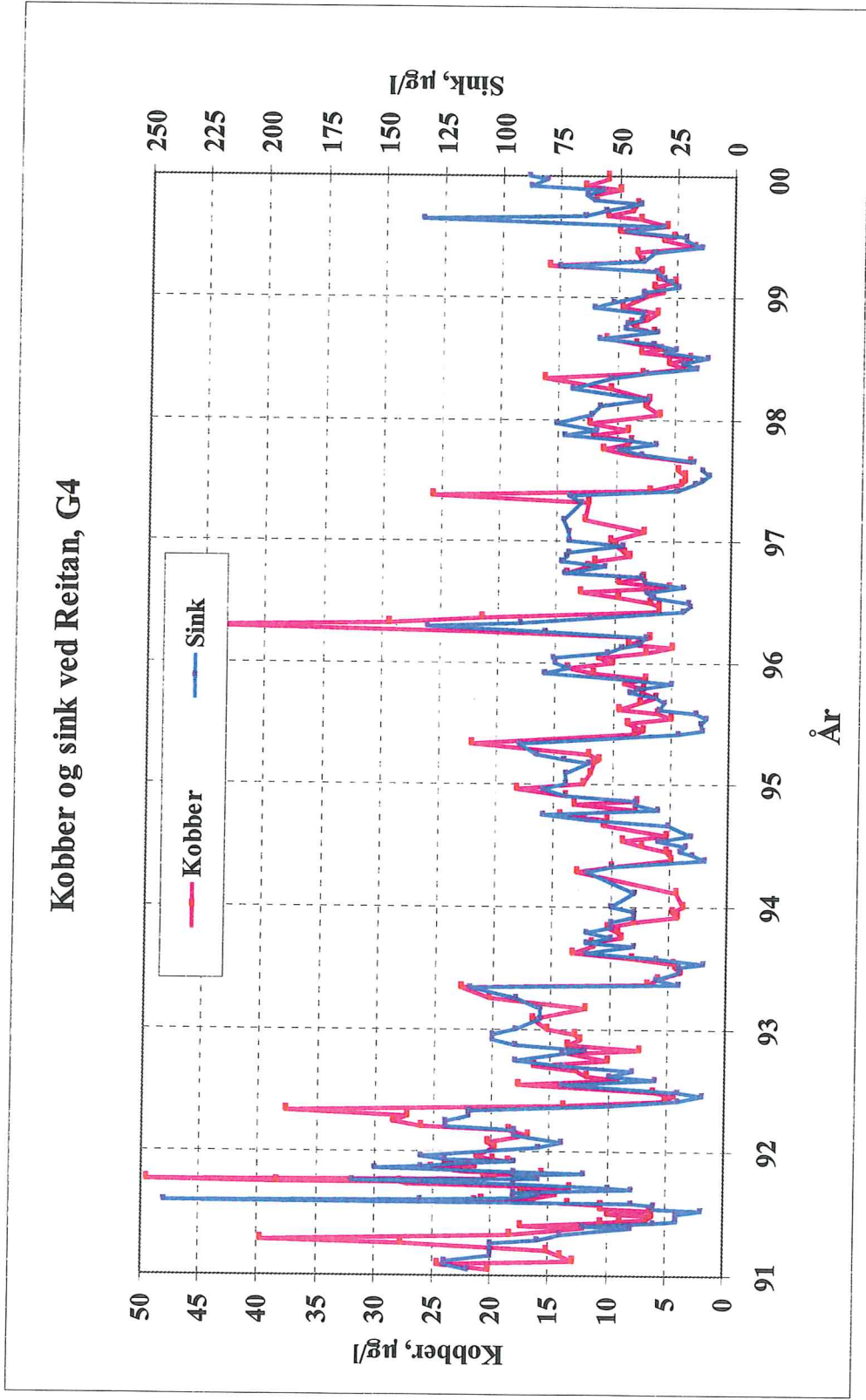
**Figur 4.2. Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i øvre deler av Gaula for perioden juni t.o.m. desember i 1986/87 og 1990 - 1999.**

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

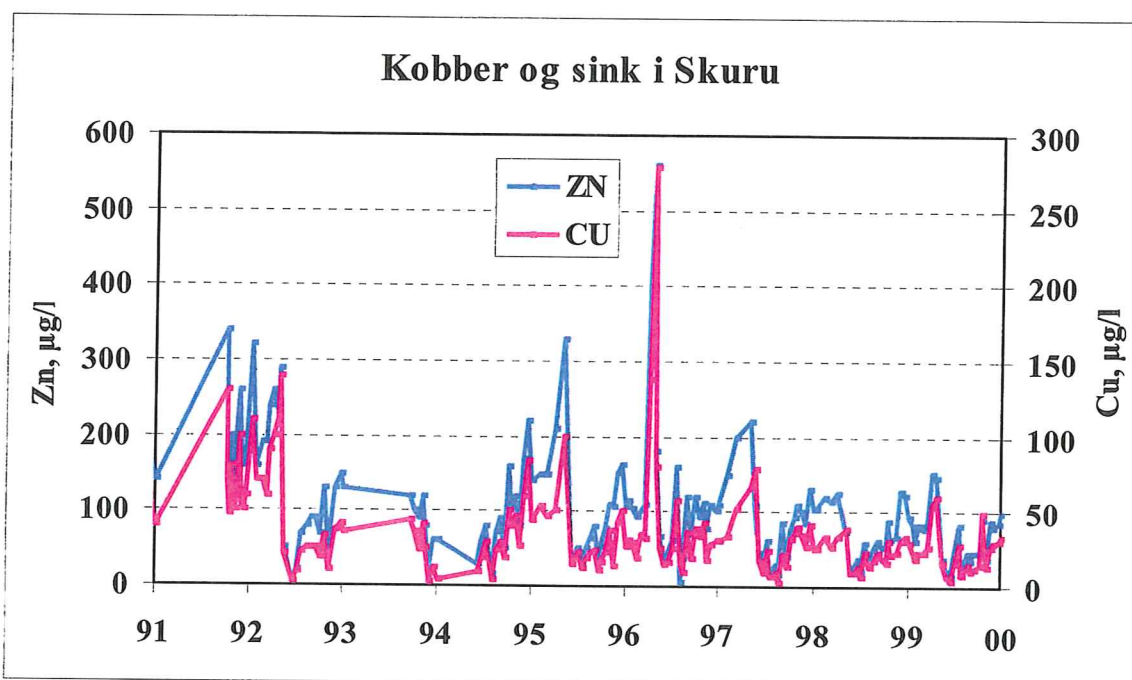
G2: 3 km nedstrøms Storbekken. G2b: Nedstrøms Sya. G2c: oppstrøms Gruvbekken.

G3: nedstrøms Gruvbekken. 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 1990-99.

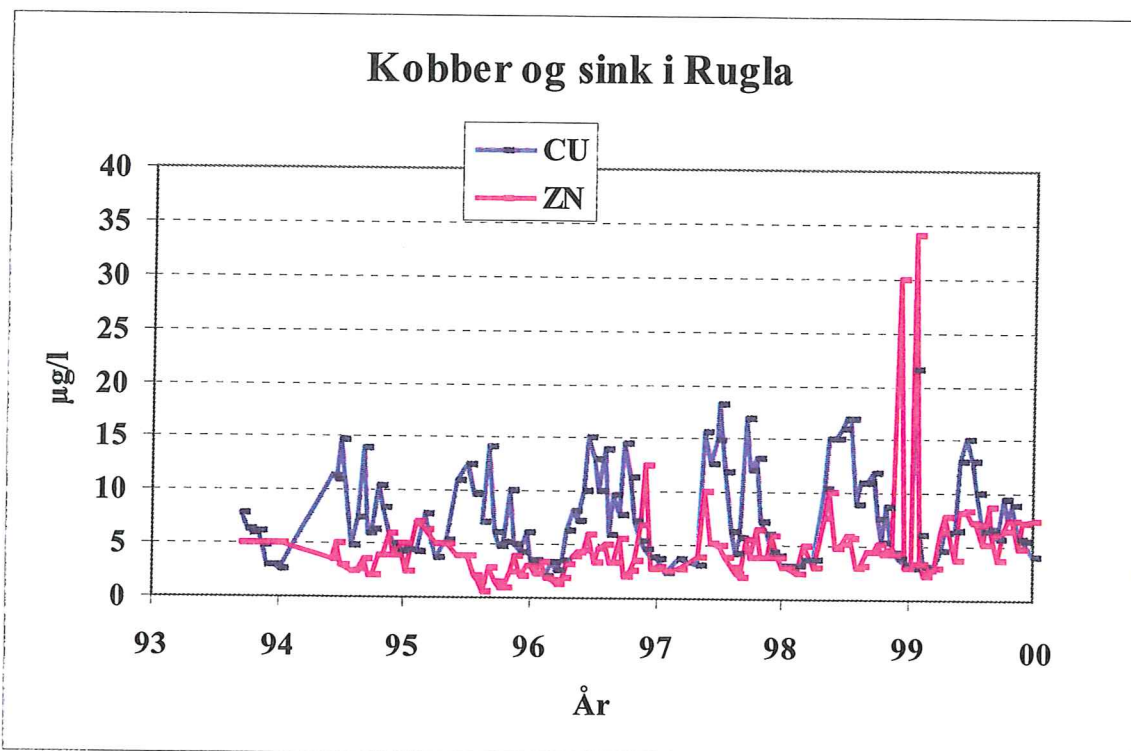


Figur 4.3 Konsentrasjoner av kobber og sink i Gaula ved Reitan for årene 1991 – 1999.



**Figur 4.4. Kobber-og sinkkonsentrasjoner i Skuru (stasjon B1), 1991 - 1999.**

Rugla (st.B2) som får avrenning fra den nedlagte Mug-gruva, hadde i 1999 årsmiddelverdier for kobber og sink på hhv 7,6 og 7,1 µg/l mot 9,6 og 6,1 µg/l i 1998. Det er store variasjoner i konsentrasjonene (Fig.4.5). Kobberverdiene er som regel lavest på etterm vinteren og høyest om sommeren og høsten. Sinkverdiene synes å variere mer tilfeldig. Kobber-konsentrasjonene i Rugla var i 1999 gjennomgående lik konsentrasjonene ved Reitan i hovedvassdraget. Rugla bidrar derfor ikke til fortykning av kobberforurensningen i hovedvassdraget, og kan i episoder øke konsentrasjonen i Gaula.



Figur 4.5. Kobber-og sinkkonsentrasjoner i Rugla (stasjon B2), 1993 - 1999.

Tabell 4.1 viser en beregning av de enkelte kildenes bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4) i 1986/87 og 1990-99. Beregningene er basert på middelverdier for perioden juni-desember og teoretisk fortykning fra ovenforliggende stasjoner ut fra nedbørfeltenes størrelse.

Tabell 4.1. Beregning av ulike kilders bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4). Beregningene er basert på middelverdier for perioden juni t.o.m. desember.

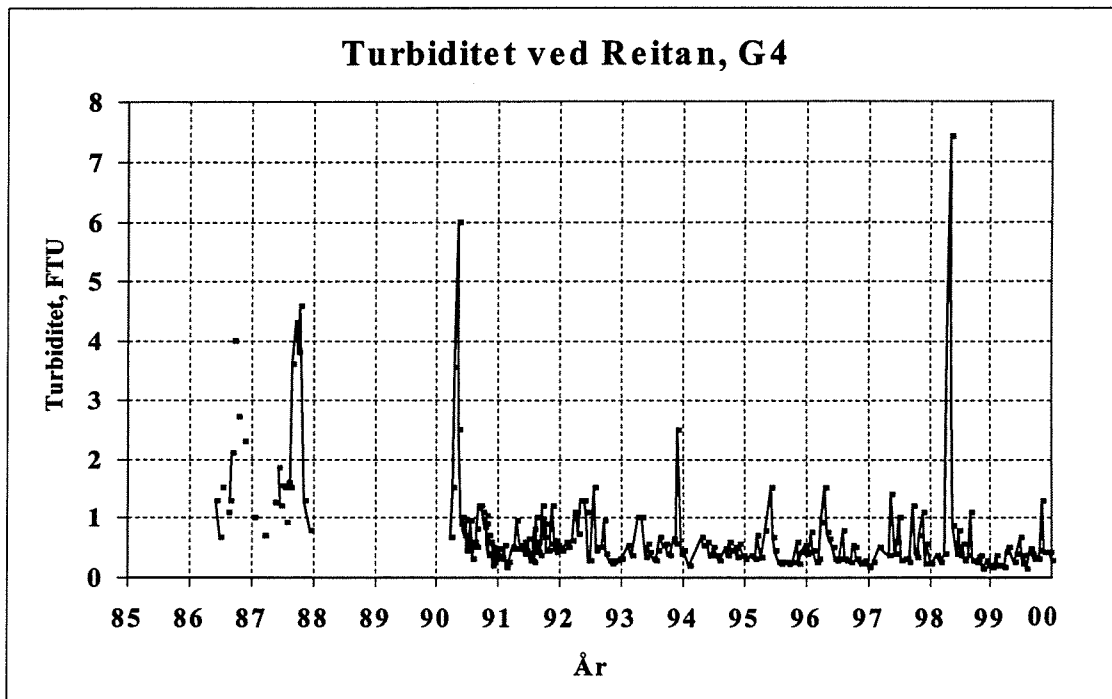
Kobber, µg/l til G4											
Utslippskilde / År	86/87	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Kjøli via Storbekken	39	8	4	1,9	0,9	1,8	2,2	1,8	1,0	1,2	2,3
Killingdal via Gruvbekken	16	10	8	4,7	2,7	3,3	1,6	2,6	1,4	2,5	3,0
Killingdal via Skuru	7	5	7	2,4	2,3	3,4	2,4	2,7	2,3	2,1	2,1
Samlet bidrag fra gruvene	62	23	19	9,0	5,9	8,5	6,2	7,1	4,7	5,8	7,4
Bakgrunn	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Beregnet konsentrasjon G4	63,5	24,5	20,5	10,5	7,4	9,7	7,4	8,1	5,7	6,8	8,4
Målt konsentrasjon, G4	62	21	18	11,7	7,5	9,9	8,4	8,9	7,5	7,5	9,5

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 1999 tyder på at Kjøli gruver (Storbekken) bidro med 31% av kobberforurensningen ved Reitan (21 % i 1998), mens gamle Killingdal (Gruvbekken) bidro med 41 % (43 % i 1998) og nye Killingdal (Skuru) med 28 % (36 % i 1998).

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 konsentrasjonene

i elva og ikke transportverdier eller prosentvise reduksjoner som er avgjørende for giftvirkningen på vannboende organismer.

I tillegg til reduksjonene av tungmetaller har vannkvaliteten bedret seg markert med hensyn på partikkelinnhold. Før 1991 var turbiditeten ved G4 vanligvis over 1 FTU og ofte rundt 4 til 5 (Figur 4.6). Dette innebærer at vannet vanligvis var tydelig grumset av tungmetallholdig okerslam. Fra 1991 har turbiditeten bare unntaksvis vært høyere enn 1. I 1999 var den gjennomsnittlige turbiditeten 0,38 (0.78 FTU i 1998). Vannet har da et klart utseende. Også elvas pH har økt fra gjennomsnittlig ca. 6.8 i 1986/87 til ca. 7.1 i 1999. Selv om surheten ikke var noe stort problem i Gaula før tiltakene, kan pH-økningen ha medvirket til økt avgifting av tungmetallene.



Figur 4.6 Turbiditet i Gaula ved Reitan i periodene 1986-88 og 1990-1999.



## 4.2. Transportberegninger av kobber og sink.

Transportverdier for kobber, sink og sulfat er beregnet på årsbasis fra juni 1986 til mai 1987, og for årene 1987 og 1990 - 1999 (tabell 4.2). 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 1990-1998 er estimert 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 4.2. Årlige transportverdier av kobber, sink og sulfat ved Reitan (St.G4) for årene 1986 - 1999.

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
1997	2,8	9,9	598	310
1998	2,0	8,5	492	247
1999	1,5	7,2	429	197

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan ble redusert med hhv 25% og 15% fra 1998 til 1999, mens sulfattransporten ble redusert med 13 %. Hovedårsaken til nedgangen i transportverdiene var at vannføringen gikk ned med 20%. 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, 11,4 µg/l i 1996, 8,9 µg/l i 1997, 8,0 µg/l i 1998 og 7,4 i 1999. Fra juni 1999 og ut året var vannføringsveiet middelkonsentrasjon av kobber 8,2 µg/l (6,6 i 1998). Økningen fra 1998 til 1999 har sammenheng med at drensvannet fra veltene Killingdal ikke lenger ble ført tilbake til gruva. Det ble også registrert økte konsentrasjoner nedstrøms Storbekken fra Kjøli.

Hvis man legger til grunn den prosentvise fordelingen mellom kildene som ble beregnet i kapittel 4.1 og trekker fra en beregnet bakgrunnstransport i 1999 på ca 0,20 tonn fra transportverdien for kobber ved Reitan i 1999 (tabell 4.2), blir bidraget fra Kjøli i 1999 ca 0,39 tonn (0,36 tonn i 1998) og fra gamle og nye Killingdal gruver hhv. 0,51 tonn (0,75 tonn i 1998) og 0,36 tonn (0,63 tonn i 1998). De beregnede bidragene fra de ulike kildene varierer betydelig fra år til år. Dette har trolig sammenheng med lokale nedbørmengder og temperaturforhold under snøsmeltingen. Det forhold at forurensningstilførslene kan være utpreget episodiske, bidrar også til usikkerhet i transportverdiene. Beregningen av kobbertransporten fra gamle Killingdal (via Grubekken) i 1999 (0,51 tonn) var betydelig lavere enn målinger oppe ved gruveområdet (Iversen pers. med.) som viste en årlig kobbertransport på hele 5 tonn. Prøvetakingene ved gruveområdene ble foretatt på dager da

det også var prøvetaking i Gaula. Det er derfor ikke lett å forklare at det ikke ble registrert høyere metallkonsentrasjoner og transportverdier i Gaula da de målte transportverdiene fra gruveområdet var på sitt høyeste (mai/juni). Utfelling og sedimentering av kobber kan ha bidratt til lavere transport nedstrøms. Tidligere års målinger har imidlertid vist svært god overensstemmelse mellom transportmålinger ved gruveområdene og i hovedvassdraget. En sannsynlig forklaring er at transporten fra veltene har vært ekstremt episodisk slik at støbelastningen ikke har blitt oppfanget av prøvetakingen i elva. Høy episodisitet kan ha medført at de beregnede transportverdiene basert på tidsveiging av konsentrasjoner kan ha blitt for høye ved gruveområdene og for lave i Gaula. Det bør vurderes å ta i bruk diffusjonsbaserte passive prøvetakere av typen DGT (Diffusion Gradient in Thin films). Disse kan eksponeres i elva i dager opp til uker og virker som et dosimeter for den ioniske (toksiske) fraksjonen av totalkonsentrasjonen. Foreløpig er det liten erfaring med disse prøvetakerne, men de kan forhåpentligvis gi en supplerende forklaringsvariabel for biologiske virkninger av tungmetaller.

## LITTERATUR

- Iversen, E.R. 1997A: Kjøli gruve. Avrenning 1995 -1996. NIVA-rapport 3598-97.
- Iversen, E.R. 1997B: Killingdal gruver. Avrenning fra velte. Resultater fra målingene i årene 1992 - 1996. NIVA-rapport LNR 3655-97.
- Iversen, E.R. 1998: Killingdal gruve. Avrenning fra Bjergåsen. NIVA-rapport LNR 3862-98.
- Traaen, T.S., Arnekleiv, J.V., Bongard, T., Grande, M., Lindstrøm, E.-A. & Lingsten, L. 1988. Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986-1987. - Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 337/88: 1- 96.
- 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 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, 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.
- Traaen, T.S og J.V.Arnekleiv 1997: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1996. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 699/97. NIVA-rapport 3691-97.
- Traaen, T.S 1998: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske undersøkelser. Årsrapport for 1997. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 739/98. NIVA-rapport 3911-98.
- Traaen, T.S., J.V. Arnekleiv og E.-A. Lindstrøm 1999: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1998. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT-rapport 774/99. NIVA-rapport 4088-99.

### *Annen Litteratur om Gaula*

- Arnekleiv, J.V. 1988. Bunndyrundersøkelser i Gaula 1987. I S.J. Saltveit m.fl. 1988: Forsknings- og referansevassdrag (FORSKREF). Årsrapport for 1987. MVU-rapport nr. B46- Oslo 1988.
- Arnekleiv, J.V. 1999. Bunndyr i anadrome vassdrag - Gaula. I Å. Brabrand (red.): Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak - Flom og biologisk miljø. NVE HYDRA-rapport (i trykk).
- Arnekleiv, J.V., L'Abée-Lund, J.H. & Koksvik, J.I. 1989. Forsknings- og referansevassdrag Gaula. Biologi og habitatutnyttelse til laks og ørret i Gaula. - NTNf. MVU- rapport nr. B62:1- 53.

Arnekleiv, J.V. & Størset, L. 1995. Downstream effects of mine drainage on benthos and fish in a Norwegian river: a comparison of the situation before and after river rehabilitation. *J. Geochem. Expl.* 52: 35-43.

Iversen, E.R. 1992: Måling av avrenning fra Kjøli 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 Kjøli gruve. Resultater 1992. Notat.O-81071. NIVA, 15.mars 1993.

Kannick, H. (red.) 1999: Gaulavassdraget - forskningsaktiviteter. NVE Dokument nr. 7, 1999.

## VEDLEGG

	<i>side</i>
Vedlegg 3. Vannkjemiske analyser	
3.1 Stasjon G2, G3 og G4	21
3.2 Stasjon G5, G6	22
3.3 B1 og B2	23

### Vedlegg 3. Vannkjemiske analyser i Gaula, 1999.

#### Vedlegg 3.1

##### Stasjon G2, Grønlivollen, 1999.

##### Stasjon G3, nedstr. Gruvbekken, 1999.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
630	8,8	12
730	5,2	4,4
829	18	5,1
1004	11	1,9
1030	8,8	4,4
1129	9,1	5

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
529	3,3	13
630	6,4	32
730	6,7	43
829	13	76
1004	12	60
1030	15	82
1129	14	130

##### Stasjon G4, Reitan, 1999.

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
104	7,36	5,11	0,16	4,1	7,4	39
116	7,44	5,16	0,2	4	6,1	39
129	6,72	2,18	0,36	1,5	7	24
215	7,27	3,74	0,19	2,7	5,1	27
227	7,41	4,57	0,19	3,5	6,6	30
315	7,25	4,96	0,16	3,9	6,3	34
331	7,28	5,15	0,43	5,1	16	75
415	6,86	3,28	0,5	2,4	8	39
515	7,16	3,16	0,24	2,4	8,5	35
529	7,09	1,4	0,4	1	3,5	14
615	6,48	1,38	0,67	1,4	6,2	21
630	6,79	1,64	0,22	1,6	5,2	21
715	7,36	3,19	0,37	2,9	10	47
730	6,97	3,88	0,15	2,7	5,9	31
816	6,98	3,48	0,48	2,6	8,2	134
829	7,2	3,31	0,38	3,2	11	65
915	7,17	3,77	0,31	3,1	8,9	56
1004	7,06	2,72	0,31	2,3	8,4	41
1015	7,17	3,15	0,44	3,1	12	61
1030	6,81	2,35	1,3	2,5	12	64
1115	7,08	3,16	0,41	3,2	10	57
1129	7,16	3,69	0,43	4,5	13	88
1215	7,22	4,41	0,43	4,1	11	81
1228	7,22	4,69	0,27	4,6	11	89

Vedlegg 3.2

**Stasjon G5, Ålen, 1999.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
104	4,6	32
116	4,2	27
129	6	16
215	4,1	19
227	3,8	19
315	3,7	23
331	9,8	50
415	6,6	23
515	7	19
529	4,1	12
615	3,4	11
630	5,4	18
715	7,1	30
730	5	16
816	6,4	39
829	7,7	41
915	6,7	35
1004	11	48
1015	9,7	52
1030	7,1	31
1115	8,1	43
1129	17	68
1215	6,1	49
1228	6,5	50

**Stasjon G6, Eggafossen, 1999.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
104	4,8	19
116	4,7	24
129	5,4	14
215	4,4	16
227	4,8	18
315	4,7	17
331	8,3	25
415	6,6	28
515	6,1	16
529	3,3	13
615	3,7	11
630	4,3	13
715	4,7	17
730	4,1	12
816	5	24
829	5,9	25
915	6	26
1004	7,9	31
1015	6,8	31
1030	6,1	26
1115	5,1	27
1129	8	39
1215	5,5	31
1228	4,7	30

Vedlegg 3.3

**Stasjon B1, Skuru, 1999.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
104	28,9	92
116	23,2	81
129	18	61
215	22	83
227	22	77
315	27	87
331	54	151
415	60	145
515	16	38
529	6,9	21
615	4,1	16
630	16	50
715	28	81
725	8	20
816	15	45
829	11	34
915	12	46
1004	14	45
1015	49	89
1030	13	38
1115	26	88
1129	29	80
1215	30	86
1228	33	98

**Stasjon B2, Rugla, 1999.**

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
104	3	3,4
116	21,5	34
129	6,2	3,4
215	3,1	2,3
227	3	2,8
315	2,9	2,9
331	4,7	6,4
415	6,4	7,9
515	6,5	3,7
529	13	8,2
615	15	8,3
630	13	7,3
715	10	7
730	6,6	5,3
816	6,7	8,7
829	6,6	6,2
915	5,8	3,7
1004	9,4	6,6
1015	7,4	7,5
1030	8,9	7,4
1115	5,7	4,8
1129	5,6	7,3
1228	4,1	7,5