



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 774/99

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

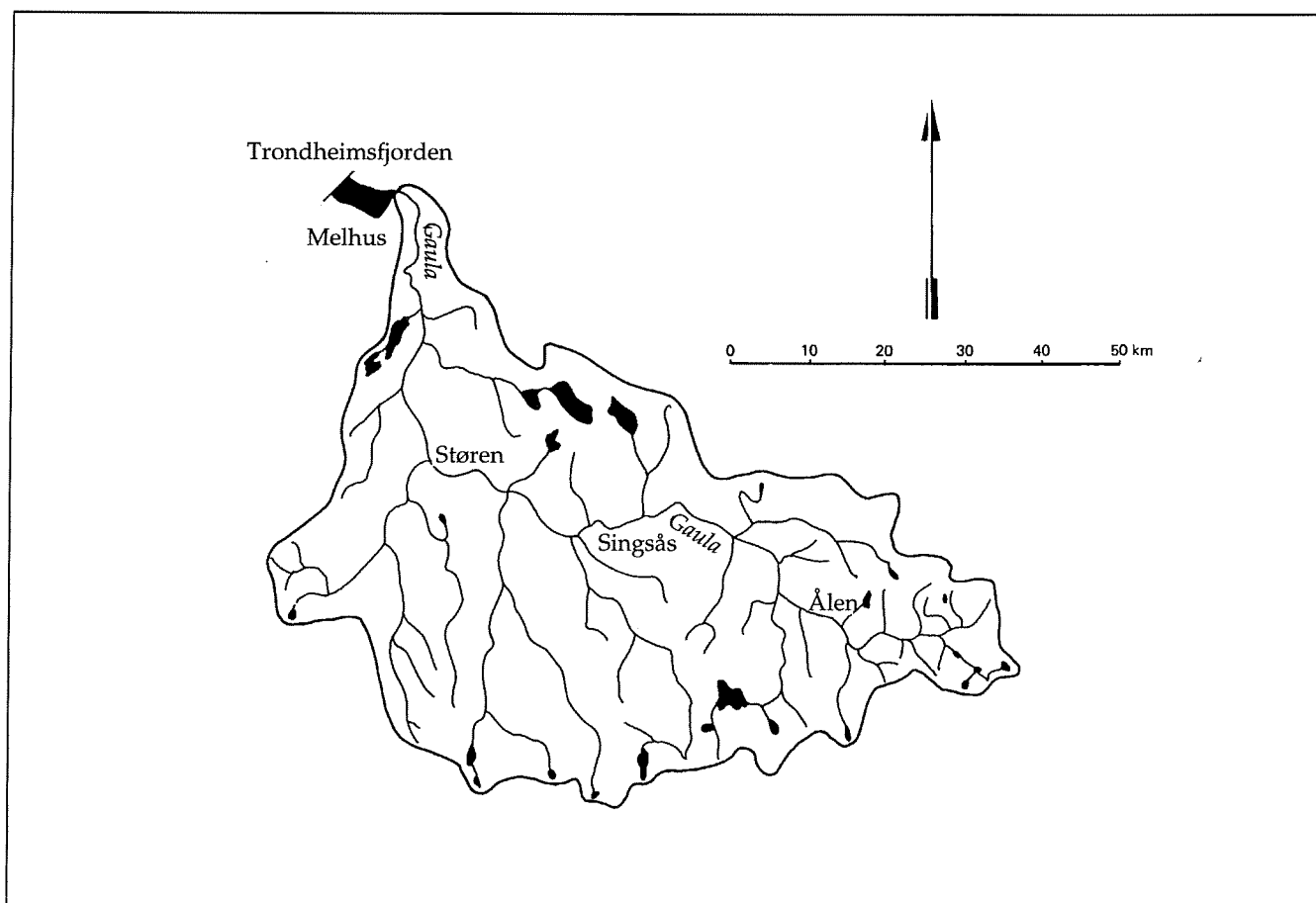
Utførende institusjoner

NIVA, LFI

Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag

Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser

Årsrapport for 1998



Hovedkontor

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

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

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

Tittel Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1998. (Overvåkingsrapport nr. 774/99. TA-nr. 1666/1999)	Løpenr. (for bestilling) 4088-99	Dato 5. mai 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-90051	Sider Pris 50
Forfatter(e) Tor S. Traaen Jo Vegar Arnekleiv Eli-Anne Lindstrøm	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

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

<p>Sammendrag</p> <p>I 1998 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 ved Reitan er redusert fra ca 14 tonn i 1986/87 til 2.0 tonn i 1998 (2.8 tonn i 1997). Vannføringsveid årsmiddel-konsentrasjon for kobber ved Reitan ble redusert fra 8.9 µg/l i 1997 til 8.0 µg/l i 1998.-Normaliseringen av begroingen nedstrøms Storbekken (G2) har fortsatt, mens begroingssamfunnet på stekningen nedstrøms innløp Grubbekken (G3) til Ålen (G5) fremdeles viser markert påvirkning av tungmetaller. Begroingssamfunnet ved Ålen ga i tillegg klare indikasjoner på overgjødning med næringssalter.- Antall registrerte arter av døgnfluer og steinfluer på elvestrekningen mellom Storbekken og Reitan økte fra 3 i 1986/87 til 15 i 1994 og til 17 arter i 1998. Både mengde og artsmangfold av bunndyr er imidlertid lavere på strekningen Storbekken-Ålen enn på referansestasjonen (G1) og nedstrøms Eggafossen (G6). - Elektrofiske i 1998 viser at forholdene i Gaula er ytterligere forbedret og at det foregår en tydelig rekolonisering av ørretbestanden på tidligere totalskadde områder. Reetableringen går imidlertid forholdsvis seint.</p>
--

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



Tor S. Traaen
Prosjektleder



Bjørn Olav Rosseland
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

O - 9 0 0 5 1

OVERVÅKING AV GAULA, SØR-TRØNDELAG

Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser

ÅRSRAPPORT 1998

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeidere: Jo Vegar Arnekleiv (LFI)
Eli-Anne Lindstrøm
Eigil Rune Iversen

Norsk Institutt for Vannforskning

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	4
2. INNLEDNING.....	6
3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI	10
3.1 VANNKJEMISKE RESULTATER..	10
3.2. TRANSPORTBEREGNINGER AV KOBBER OG SINK.	16
4. BEGROING.....	17
4.1. METODER OG MATERIALE.....	17
4.2. RESULTATER.....	17
4.3 DISKUSJON OG SAMMENDRAG.....	23
5. BUNNDYR.....	25
5.1. INNLEDNING.....	25
5.2. METODER.....	25
5.3. RESULTATER.....	26
5.4 DISKUSJON OG SAMMENFATNING.....	32
6. FISK.....	33
6.1 METODER.....	33
6.2 RESULTATER OG DISKUSJON.....	33
LITTERATUR.....	37
VEDLEGG.....	39

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 gravene 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 gruen. Videre ble det laget dreneringsgrøfter rundt veltene.

Vannkjemisk

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 1998 var vannføringsveide årsmiddelverdier ved Reitan 8.0 µg Cu/l og 35 µg Zn/l, mot h.h.v. 8.9 og 32 µg/l i 1997. Sammenlignet med 1986/87 var de vannføringsveide årsmiddelverdiene for kobber og sink redusert med hhv 87% og 76%. Generelt var konsentrasjonene av kobber og sink i vassdraget omtrent som i 1997.

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan var i 1998 2.0 tonn Cu og 8.5 tonn Zn, mot hhv 2.8 og 9.9 tonn i 1997. Reduksjonen skyldes at vannføringen gikk ned med 20% fra 1997 til 1998. 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. 86 % (80% i 1997) og sinktransporten med ca. 72 % (67% til 1997).

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. Et mulig tiltak vil være å nøytralisere bekkevannet før det når Gaula.

Begroing

Siden siste undersøkelser i 1994 har det bare skjedd små endringer i begroingsamfunnet. Artsmangfoldet på tidligere tungmetallforurensede stasjoner (G2 til G6) er fremdeles lavere enn på referansestasjonen Riasten (G1) og ved Singsås (G7), som begge har hatt klart høyere og tilnærmet uendret artsamangfoldet i hele den undersøkte periode (1986-1998). Lokalitet G2 (3 km nedstrøms Storbekken) danner et unntak i og med at artsamangfoldet har fortsatt å øke også etter 1991 og 1994, men det er fremdeles noe lavere enn på referansestasjonen. Her (G2) var dessuten det tidligere så markerte okerslammet nå nærmest forsvunnet. På den tidligere tungmetallpåvirkede strekning (G2-G6) er etableringen av organismer som ikke vokste her før tiltak mot tungmetaller

ble gjennomført (1986/87) fremdeles spredt og sporadisk. Størst forekomst har organismer som klarer seg i noe tungmetallpåvirket vann, bl.a. cyanobakterien *Chamaesiphon fuscus* og mosen *Blindia acuta*. Disse har etablert seg, tilsynelatende permanent, i områder som før var sterkt tungmetallforurenset (G2-G4). *C. fuscus*, har vært tilstede ved Ålen (G5) og Eggafossen (G6) i hele den undersøkte periode. Etter avtakende forekomst fram til 1994, så den igjen ut til å ha økt noe i 1998. Begroingssamfunnet ved Ålen ga i tillegg klare indikasjoner på overgjødning med næringssalter, en forurenningseffekt som ikke kom til syne i begroingssamfunnet da tungmetallforurensningen var på det høyeste. Samlet tilsier dette at normaliseringen på strekningen nedstrøms Storbekken (G2) har fortsatt og at tungmetaller fremdeles påvirker begroingssamfunnet nedstrøms innløp Grubekken (G3). Det kan også bety at det tar lang tid før begroingssamfunnet normaliseres fullstendig.

Bunndyr

Resultatet av bunndyrundersøkelsene viser at forholdene i øvre Gaula er betydelig forbedret i 1991/92, 1994 og 1998 som følge av gjennomførte tiltak. Det foregår en tydelig reetablering og normalisering av faunaen på tidligere totalskadete områder. Eksempelvis er antall registrerte arter av døgnfluer og steinfluer på elvestrekningen mellom Storbekken og Reitan økt fra 3 arter i 1986/87 til 15 arter i 1994 og 17 arter i 1998. Utviklingen mot en markert normalisering av bunnsfaunaen slik det ble registrert i 1994 har bare delvis fortsatt i 1998. Forandringen i mengde bunndyr og forekomsten av sensitive arter er ikke mye endret fra 1994, men med en positiv tendens i døgnfluefaunaen. På stasjonene G2 og dels G3 er artssammensetningen fortsatt karakterisert av lite individantall av registrerte arter og mangel på arter som er sensitive for tungmetallbelastning. Både mengden bunndyr og artsmangfoldet av døgnfluer, steinfluer og vårfluer er lavere på strekningen Storbekken-Ålen enn på referansestasjonen øverst og lavere enn i lakseførende del av Gaula (G6). Bunnsfaunaen i Gaula nedstrøms Eggafossen (G6) synes å være fullt restituert. Artsmangfoldet var som normalt for vassdraget og med like stor forekomst av sensitive arter her som vi finner på andre stasjoner lenger nedover Gaula.

Fisk

Det ble ved elektrofiske påvist ørret på tidligere fisketomme områder mellom Reitan og Ålen både i 1992, 1994 og 1996. Resultatene fra elektrofiske i 1998 viser at forholdene i Gaula er ytterligere forbedret og at det foregår en tydelig rekolonisering av ørretbestanden på tidligere totalskadde områder, men reetableringen går forholdsvis seint. Det er nå for første gang gjenetablert en tynn ørretbestand i Gaula i området Storbekken - Ålen. Rekolonisering skjer sannsynligvis hovedsaklig ved nedvandring av fisk fra intakte sidebekker, men både i 1996 og 1998 ble det også registrert årsyngel i øvre Gaula, noe som kan tyde på en begynnende naturlig reproduksjon av ørret. Fortsatt er det imidlertid også enkelte områder hvor det enda ikke er registrert fisk, eller kun sporadiske observasjoner. Dette gjelder særlig stasjonene G 2C, G 3 og G5. Årskene til dette, og til den generelt forholdsvis seint reetableringen av fisk, er fortsatt uklar. Det kan delvis skyldes ustabil tilgang på mat, men det er også mulig at det fortsatt kan opptre blandsoner med metallutfelling i perioder, der selv lave metallkonsentrasjoner kan være giftige.

Også tettheten av laksunger (årsyngel og eldre) har vist en klar økning på stasjon G6 (nedenfor Eggafossen) etter 1991. Tettheten av laksunger var i 1998 stor (79 laks pr. 100 m²) og er nå like stor her som på de beste lokalitetene ellers i Gaula. Det ble også i 1998 registrert laks ovenfor Eggafossen (st. G5c). I lakseførende del av Gaula er det nå sannsynligvis ikke giftvirkninger av tungmetaller på fisk lenger.

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 (Traaen m.fl.1988).

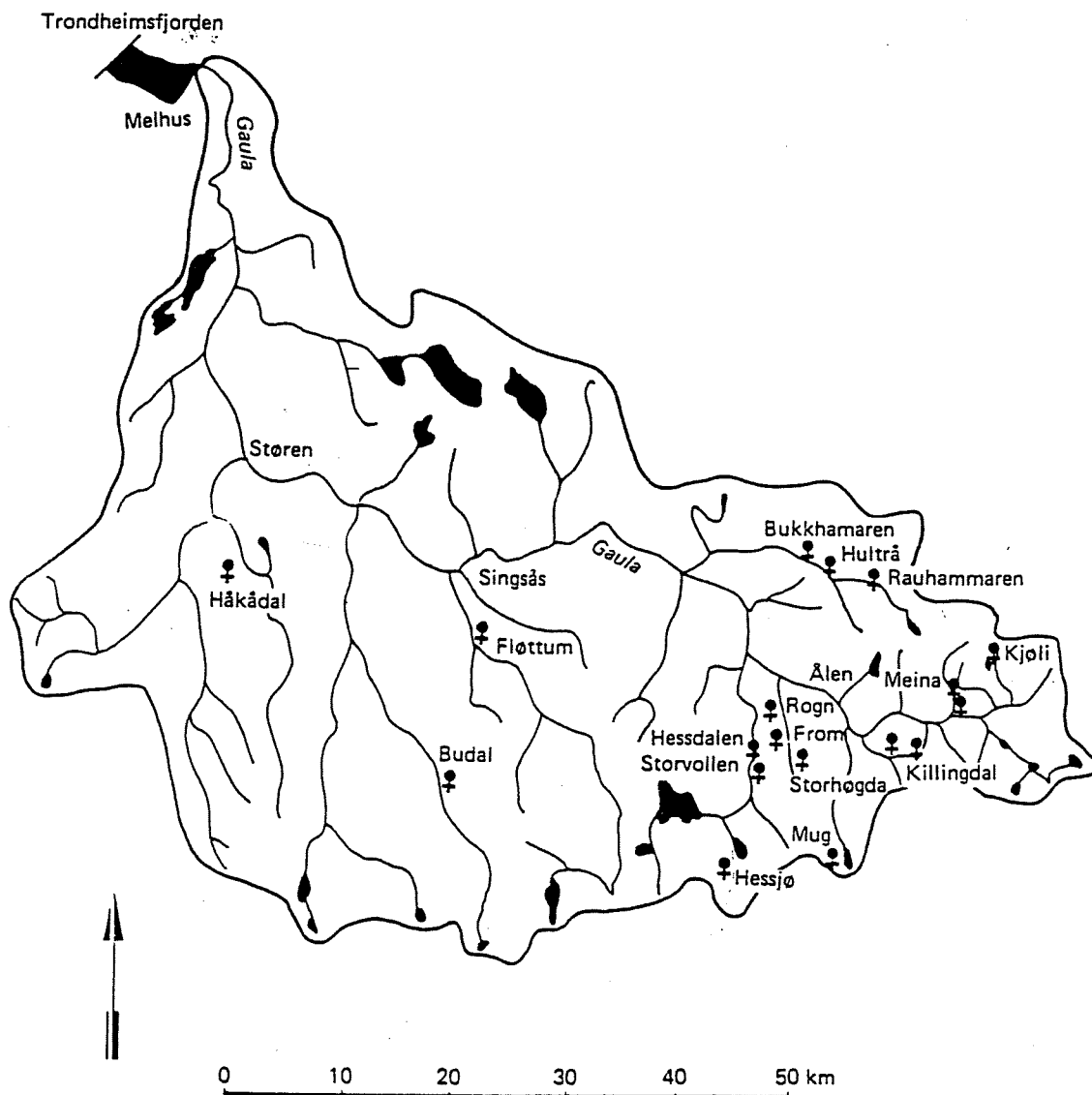
I 1989-90 ble det utført omfattende forurensningsbegrensende tiltak ved gruveområdene. Ved Kjøli ble veltene overdekket med plastduk og morenemasse for å hindre utvasking av tungmetaller. Ved Killingdal ble de mest forurensende veltene fylt ned i gruvas dagåpning. Fra midten av oktober 1990 opphørte 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 1990-98 er vist i figur 2.3.

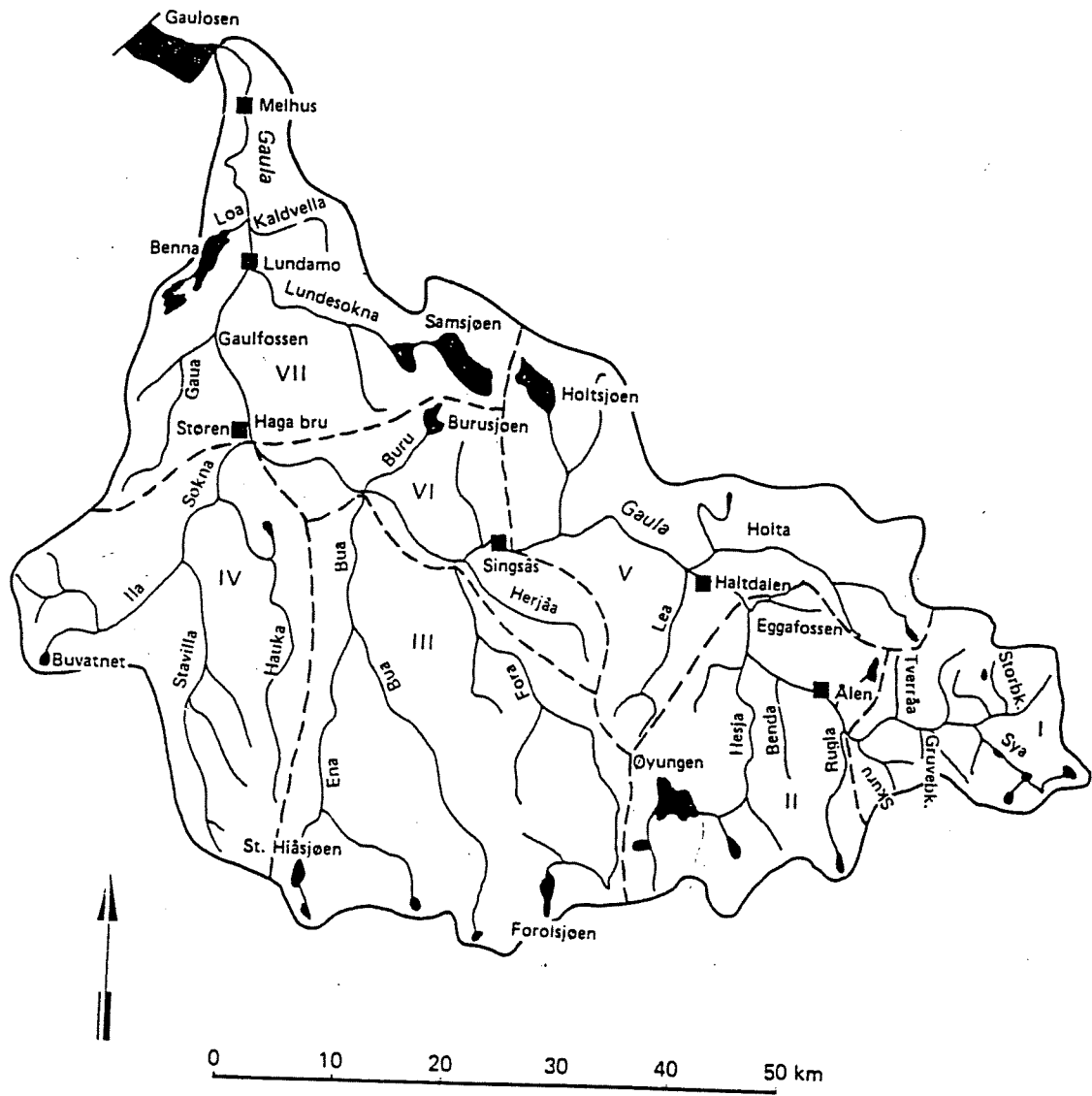
I mars 1990 ble det startet en enkel vannkjemisk overvåking ved 3 målestasjoner i øvre Gaula. Øverste stasjon, G2, ligger ca 3 km nedstrøms Storbekken fra Kjøli. Neste stasjon, G3, ligger ca 1 km nedstrøms Grubekken fra Killingdal. Stasjon G4 ligger ved Reitan, ca 2 km nedstrøms sideelva Skuru. Skuru mottar tungmetaller fra Nye Killingdal Gruver i Bjørgenåsen. I 1991-1997 ble det også tatt prøver ved stasjonene G5 (Ålen) og G6 (Eggafossen). Det ble også tatt en del stikkprøver i Skuru og Rugla (1993-1997). 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. Nye biologiske undersøkelser ble utført i 1994. I 1996 ble det utført prøvefiske. I 1998 ble det igjen bli utført biologiske undersøkelser av begroing, bunndyr og fisk.

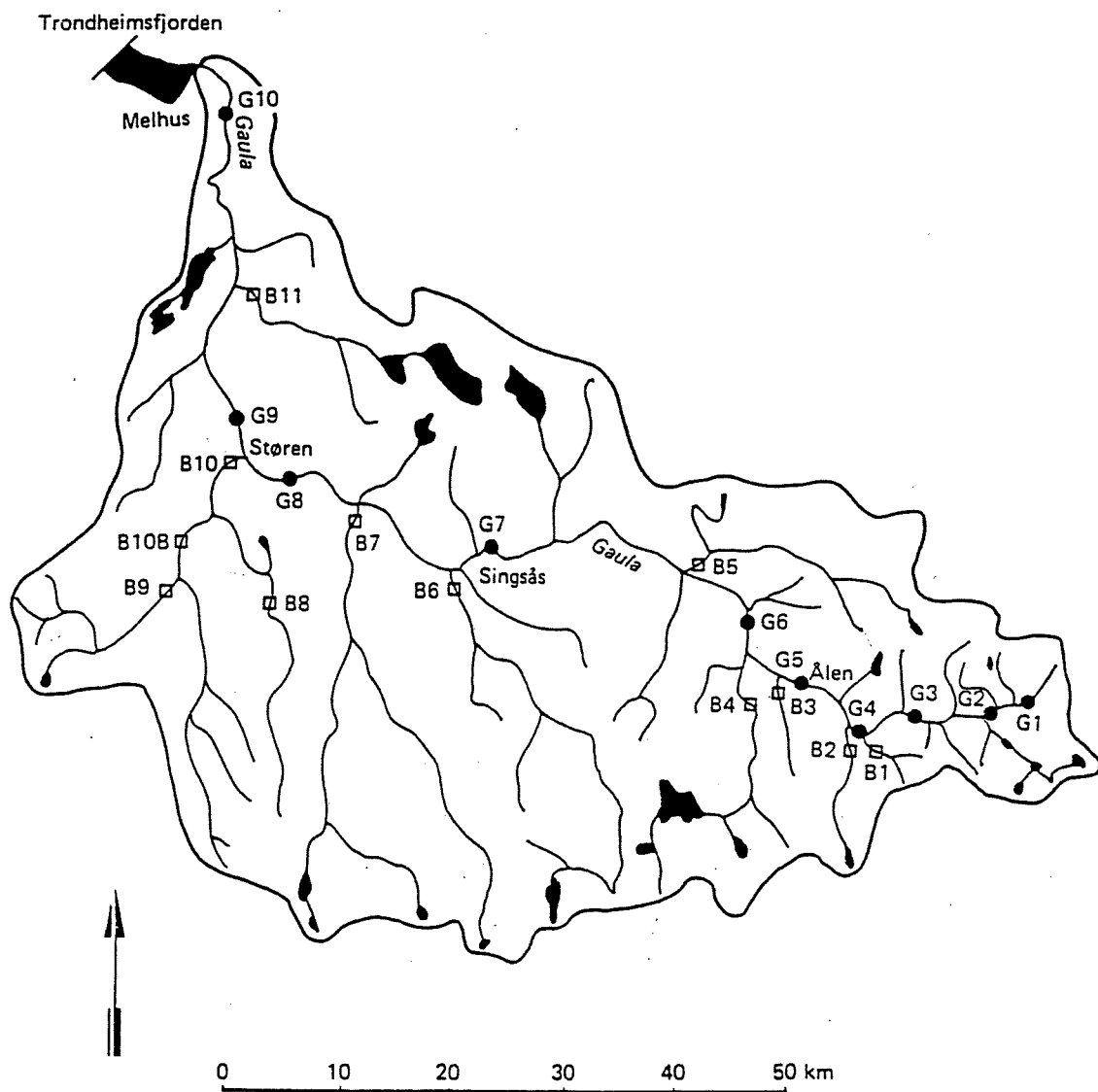
Undersøkelsene er finansiert og administrert av Statens Forurensningstilsyn, SFT.



Figur 2.1. Nedlagte gruver i Gaulas nedbørfelt.



Figur 2.2. De viktigste sidevassdragene til Gaular.



Figur 2.3. Prøvetakingstasjoner i Gaula.

I 1991-1998 ble det tatt prøver ved stasjonene G2 til G6, samt i Skuru (B1) og Rugla (B2).

3. VANNKJEMI OG HYDROLOGI

Vannføringskurve for Gaula ved Killingdal vannmerke (like oppstrøms st.G4 Reitan) i 1998 er vist i figur 3.2. På årsbasis var vannføringen 20 % lavere i 1998 enn i 1997.

I 1998 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 månedlig i perioden januar - mai, deretter hver 14. dag. På de 2 øverste stasjonene (G2 og G3) ble det tatt månedlige prøver så lenge veien var åpen (juni-oktober).

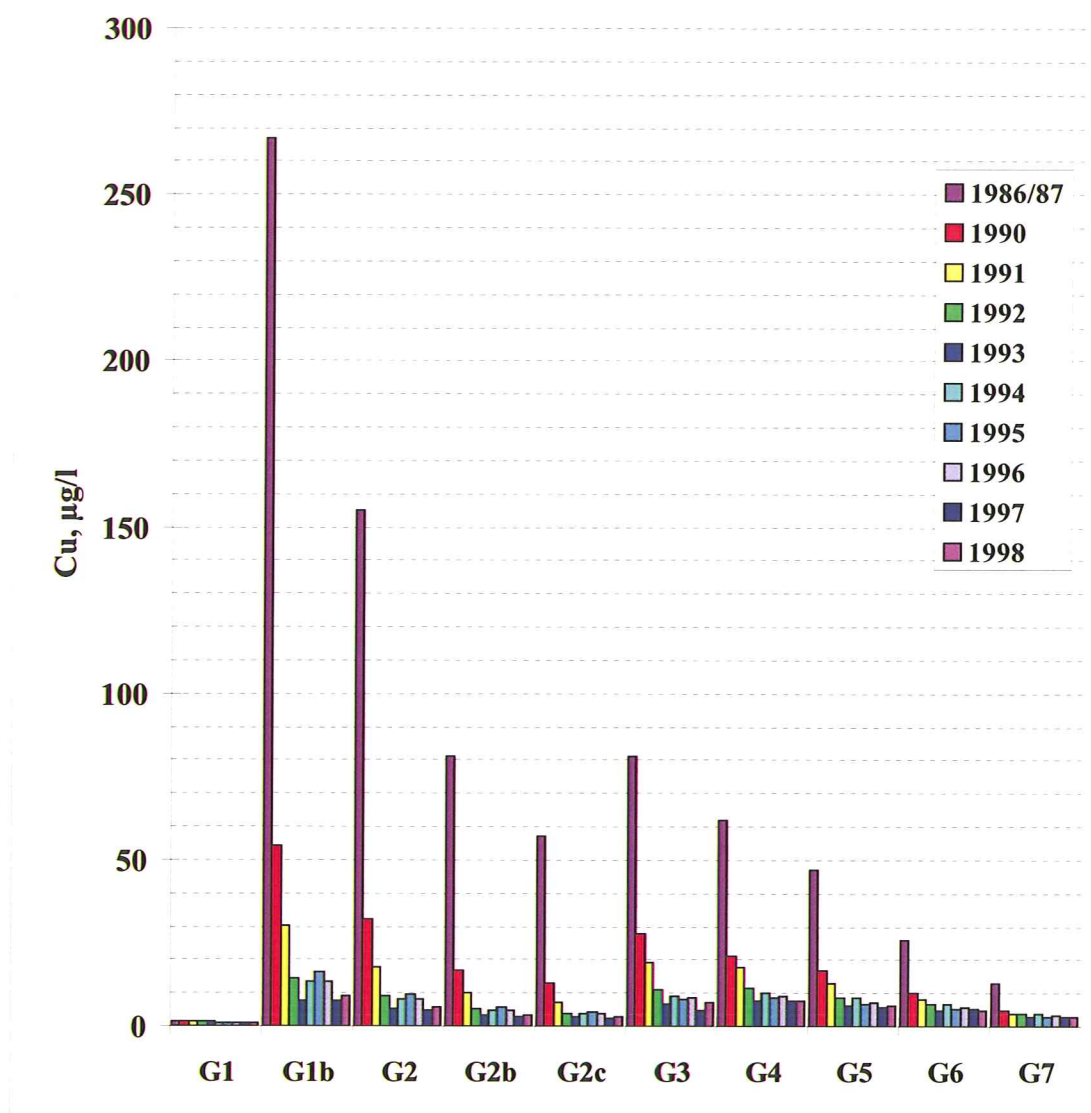
3.1 Vannkjemiske resultater.

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 vinteren 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 perioden 1994 til 1996 var det relativt små endringer i middelkonsentrasjonene. I 1997 var konsentrasjonene av tungmetaller gjennomgående de laveste siden målingene startet. Det var gjennomgående små endringer i kobberkonsentrasjonene fra 1997 til 1998.

Variasjoner i konsentrasjonene for kobber og sink fra stasjon G4 (Reitan) for årene 1991 -1998 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, 22 µg/l i 1995, I 1996 46.5 µg/l i 1996 og 26 µg/l i 1997. I 1998 var maksimumsverdien av kobber 16.3 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 1998 på 38 µg Cu/l (78 µg/l i 1997) (Figur 3.4). Dette viser at utvasking fra kontaminerte overflater i Bjørgåsen kan gi høy episodisk forurensning nedover i vassdraget, spesielt i begynnelsen av teleløsningen. 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. 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



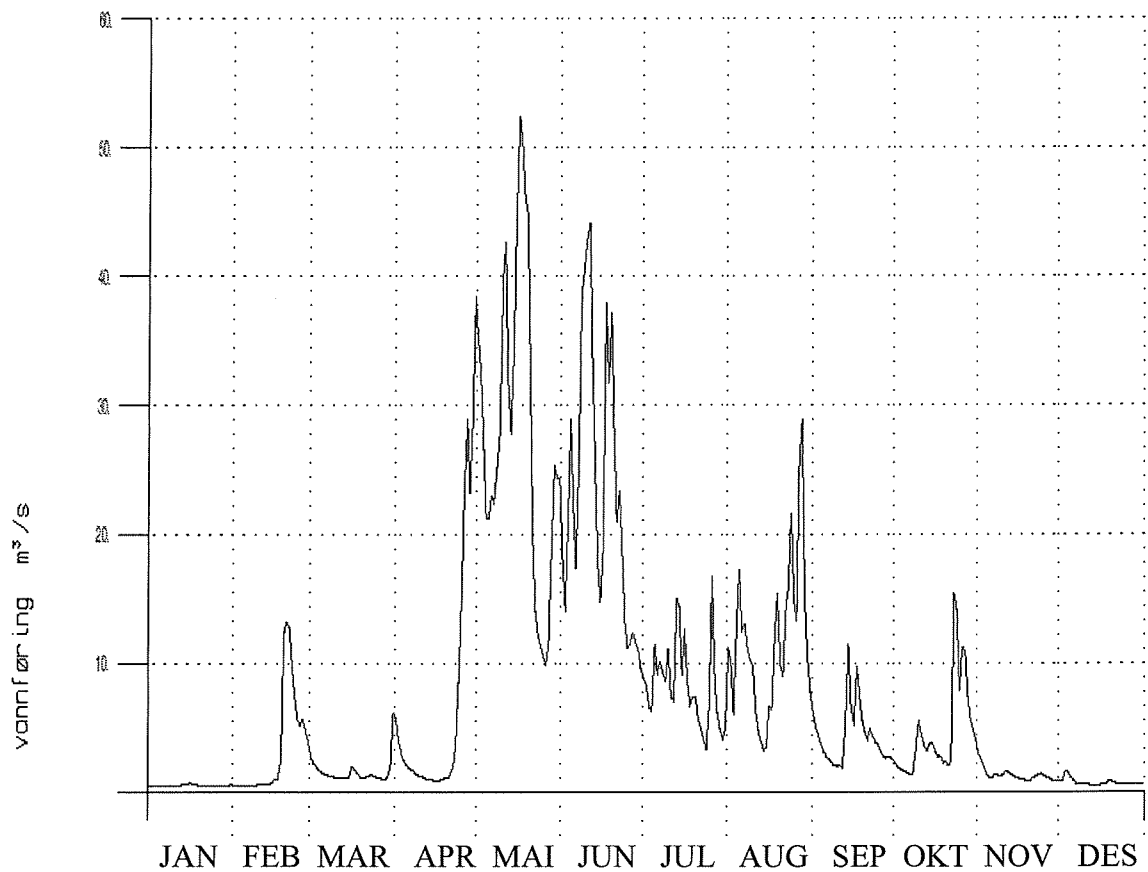
Figur 3.1. Middelverdier av kobberkonsentrasjoner i øvre deler av Gaula for perioden juni t.o.m. desember i 1986/87 og 1990 - 1998.

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

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

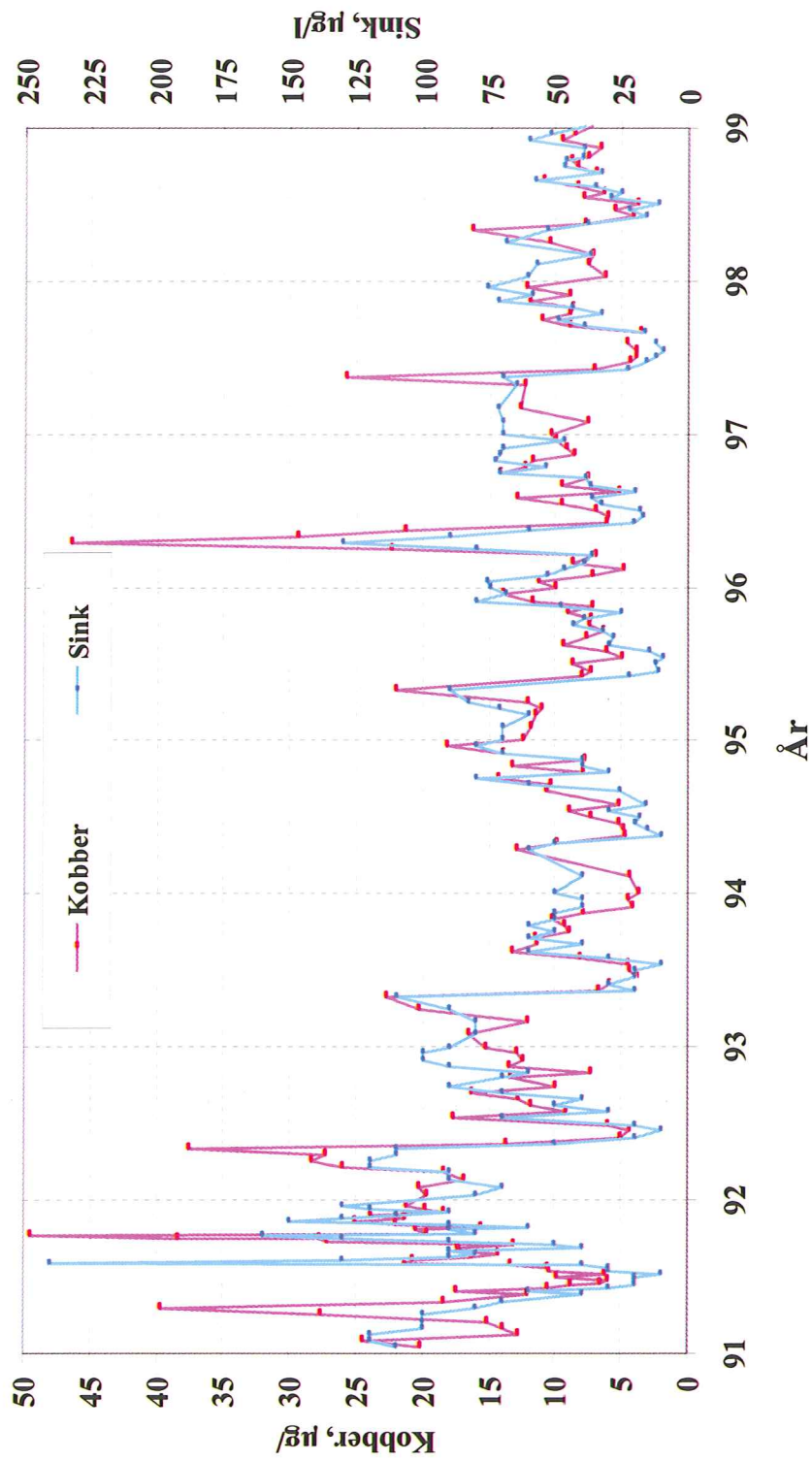
G3: nedstrøms Grubbekken. G4: Reitan. G5: Ålen. G6: Eggafossen. G7: Singsås.

Konsentrasjoner på steder uten målinger er beregnet ut fra teoretisk fortykning fra stasjoner med målte verdier. Dette gjelder stasjonene G1b, G2b og G2c (alle årene), st. G5 og G6 i 1990, og st.G7 i 1990-98.



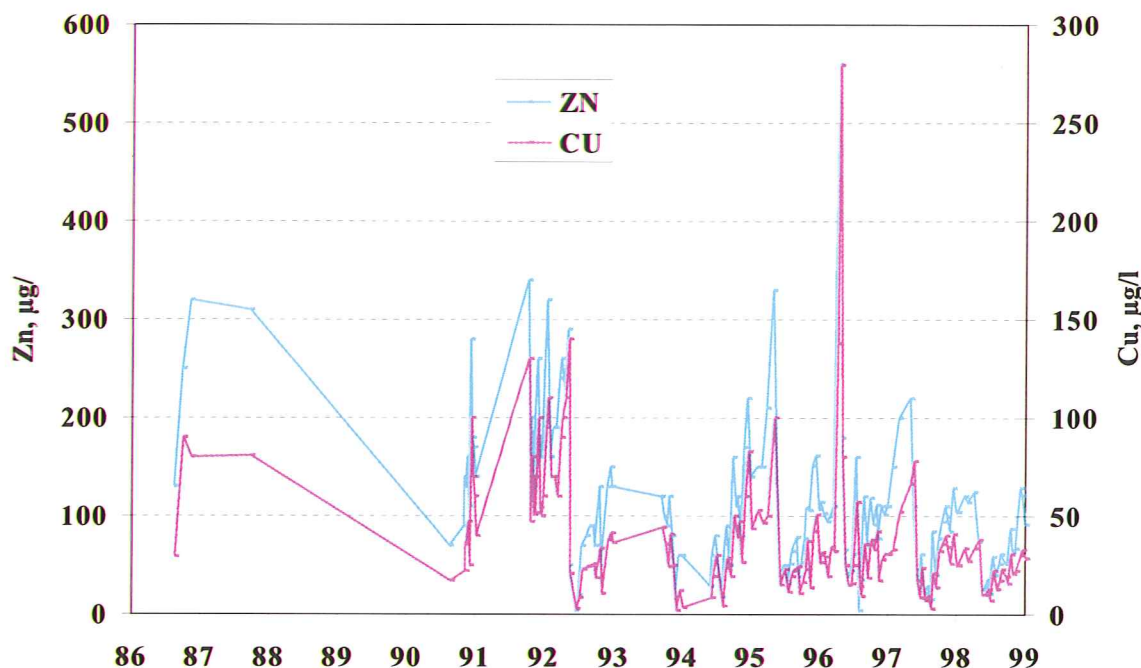
Figur 3.2. Vannføringskurve for Gaula ved Reitan (Killingsdal vannmerke) i 1998. Data og figur fra NVE, Region Midt-Norge.

Kobber og sink ved Reitan, G4



Figur 3.3. Konsentrasjoner av kobber og sink i Gaula ved Reitan for årene 1991 - 1998.

Kobber og sink i Skuru



Figur 3.4. Kobber-og sinkkonsentrasjoner i Skuru (stasjon B1), 1990 - 1998.

Stikkprøver fra Rugla, som får avrenning fra den nedlagte Mug-gruva, viste kobberverdier i 1998 fra 3 til 17 µg/l, tilnærmet uendret fra 1997. Kobberkonsentrasjonene i Rugla var i 1998 gjennomgående lik konsentrasjonene ved Reitan i hovedvassdraget. Rugla bidrar derfor ikke til fortynning av kobberforurensningen i hovedvassdraget, og kan i episoder øke konsentrasjonen i Gaula.

Tabell 3.1 viser en beregning av de enkelte kildenes bidrag til kobberkonsentrasjonen ved Reitan (st. G4) i 1986/87 og 1990-98. Beregningene er basert på middelveier for perioden juni-desember og teoretisk fortynning fra ovenforliggende stasjoner ut fra nedbørfeltens størrelse.

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

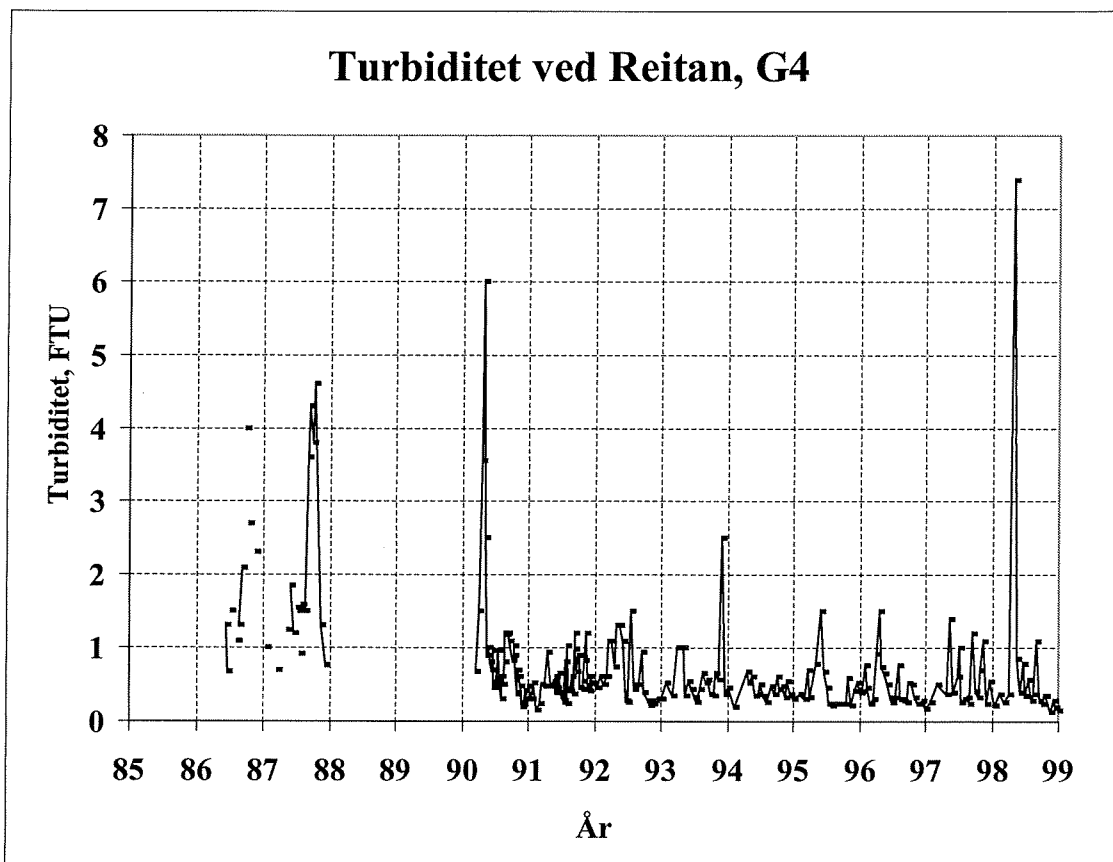
Beregningene er basert på middelveier for perioden juni t.o.m. desember.

Utslippskilde / År	Kobber, µg/l ved G4									
	1986/87	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Kjøli via Storbekken	39	8	4	1,9	0,9	1,8	2,2	1,8	1,0	1,2
Killingdal via Grubekken	16	10	8	4,7	2,7	3,3	1,6	2,6	1,4	2,5
Killingdal via Skuru	7	5	7	2,4	2,3	3,4	2,4	2,7	2,3	2,1
Samlet bidrag fra gravene	62	23	19	9,0	5,9	8,5	6,2	7,1	4,7	5,8
Bakgrunn	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
Beregnet konsentrasjon, G4	64	25	21	10,5	7,4	9,7	7,4	8,1	5,7	6,8
Målt konsentrasjon, G4	62	21	18	11,7	7,5	9,9	8,4	8,9	7,5	7,5

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 1998 tyder på at Kjæli gruver (Storbekken) bidro med 21% av kobberforurensningen ved Reitan (uforandret fra 1997), mens gamle Killingdal (Grubekken) bidro med 43 % (30 % i 1997) og nye Killingdal (Skuru) med 36 % (49 % i 1996).

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 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 1998 var den gjennomsnittlige turbiditeten 0,78 (0.55 FTU i 1997). Økningen fra 1997 til 1998 skyldes en høy registrert verdi (7.4 FTU) under begynnelsen av vårflommen. Fra juni og ut året var gjennomsnittsverdien 0.4 FTU. Vannet har da et klart utseende. Også elvas pH har økt fra gjennomsnittlig ca. 6.8 i 1986/87 til ca. 7.0 i 1998. 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 1998.

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 - 1998 (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 1990-1998 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 - 1998.

Periode	Kobber tonn / år	Sink tonn / år	Sulfat tonn / år	Vannføring 10 ⁶ m ³ / 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

Årlig transport av kobber og sink ved Reitan ble redusert med hhv 29% og 14% fra 1997 til 1998, mens sulfattransporten ble redusert med 20%. 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 og 8,0 µg/l i 1998. Som vanlig var de høye Cu-konsentrasjonene tidlig på våren som hevet årsgjennomsnittet (Jfr. Figur 3.3). Fra juni 1998 og ut året var vannføringsveiet middelkonsentrasjon av kobber 6.6 µg/l (6.4 i 1997).

Hvis man legger til grunn den prosentvise fordelingen mellom kildene som ble beregnet i kapittel 3.1 og trekker fra en beregnet bakgrunnstransport i 1998 på ca 0,25 tonn fra transportverdien for kobber ved Reitan i 1998 (tabell 3.2), blir bidraget fra Kjøli i 1998 ca 0,36 tonn (0,53 tonn i 1997) og fra gamle og nye Killingdal gruver hhv. 0,75 tonn (0,74 tonn i 1997) og 0,63 tonn (1,20 tonn i 1997). 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 gamle Killingdal (via Grubbekken) i 1998 (0.75 tonn) er imidlertid i god overensstemmelse med målinger oppe ved gruveområdet (Iversen pers. med.) som viste en årlig kobbertransport på 0.78 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. Generelt var det liten endring i konsentrasjonene av kobber og sink fra 1997 til 1998.

4. BEGROING

4.1. Metoder og materiale

Begroingsprøver ble samlet ved en befaring i vassdraget 13-14. august 1998, på stasjonene G1 til G7. Etter en lang periode med tørt og varmt vær, var vannstanden lav og prøvetakingsforholdene gode.

Metodikk for innsamling og bearbeiding av begroing er beskrevet tidligere (Traaen et al. 1988). I hovedsak gjøres en kvalitativ kartlegging av begroingssamfunnet: alger, moser og heterotrofe organismer. I felt vurderes hvor stor prosentdel av elveleiet i prøvetakingsområdet som er dekket av de ulike organismer. De makroskopisk synlige organismene prøvetas og bringes til laboratoriet der materialet analyseres i lupe/mikroskop. Organismene identifiseres så langt mulig og mengden angis. Det tas separate prøver av mikrosammfunnet, vesentlig kiselalger, som bl.a. prepareres bl.a. for opptelling av kiselalgeskall.

4.2. Resultater

Resultatene av begroingsundersøkelsene er vist i vedlegg, der vedlegg 4.1 viser begroingens arts-sammensetning og mengdemessige forekomst og vedlegg 4.2 prosentvis forekomst av kiselalger i kiselalgeprøvene.

Generelt inntrykk av begroingen i 1998

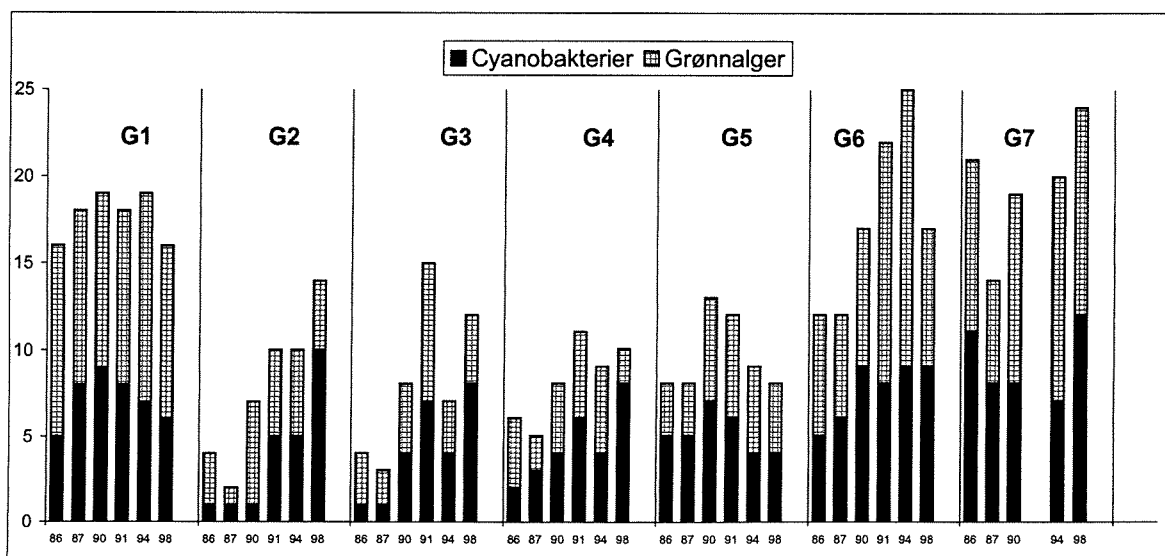
På referansestasjonen oppstrøms Storbekken (G1) så begroingen ut som tidligere. Den var variert og hadde frisk farge. Fra 3 km nedstrøms Storbekken (G2) til innløp av Grubbekken (G3) så forholdene ut til å være ytterligere bedret siden 1994. Okerslammet var forsvunnet og vanlige begroingsorganismer var etablert. Nedstrøms Grubbekken (G3) var det, som i 1994, et betydelig slambelegg i de deler av elveleiet som har stabilt substrat i lengere perioder. Som tidligere var det liten begroing ved Reitan (G4). Det brunsvarte algebelegget på stasjonen ved Ålen (G5), som dekket store deler av elveleiet i 1986/87, før reduksjon av tungmetallutslippet hadde noe større forekomst i 1998 enn i 1994. Fra Eggafossen (G6) ned til Singsås (G7) var begroingen tilsynelatende lite endret siden 1994.

Artsmangfold

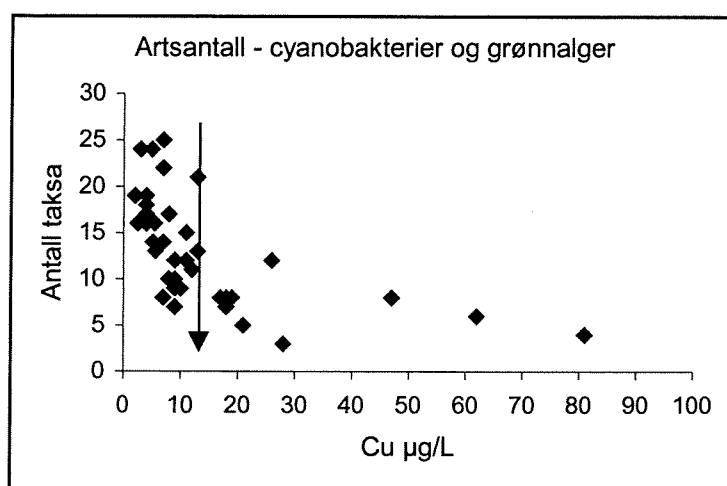
Figur 4.1. viser antall taksa (arter og grupper av arter) av cyanobakterier (kalt blågrønnalger i tidligere rapporter) og grønnalger i august/september i perioden 1986 til 1998. Fordi cyanobakterier og grønnalger er grundigst bearbeidet er bare disse framstilt i figuren. På referansestasjonen (G1) har arts mangfoldet vært tilnærmet uendret i hele undersøkelsesperioden, mellom 16 og 19. På stasjonen nedstrøms Kjøli (G2) så økningen i arts mangfold ut til å ha fortsatt siden 1994. Her ble det registrert til sammen 13 taksa i 1998 mot 10 i 1994. Før tiltak ble satt i verk for å hindre avrenning fra Kjøli gruver ble det registrert i gjennomsnitt 3 taksa av cyanobakterier og grønnalger på denne stasjonen. Observasjonene i 1998 tilsier at det ikke har vært en tilsvarende økning i arts mangfoldet på stasjonene nedstrøms i vassdraget: nedstrøms Grubbekken (G3), Reitan (G4), Ålen (G5) og Eggafossen (G6). Her har arts mangfoldet vært tilnærmet uendret siden undersøkelsene i 1990-90 da det ble registrert en markert forbedring som følge av de forurensningsbegrensende tiltak i 1989-90.

Ved Singsås (G7) er det ikke registrert noen økning i mangfoldet siden undersøkelsene startet i 1986. Selv om mangfoldet har variert en del ved Singsås (G7), fra 15 til 24, har de senere års variasjoner (1990-1998) trolig ligget innenfor rammen av det naturlige.

Figur 4.1 viser artsantall som funksjon av kobberkonsentrasjonen i vannet. Data fra hele perioden 1986-1998 er med, bortsett fra de høyeste verdiene, over $100 \mu\text{g L}^{-1}$. Da er artsmangfoldet under enhver omstendighet lavt. Figuren viser *markert* nedgang i mangfoldet når kobberinnholdet overstiger $10\text{-}12 \mu\text{g L}^{-1}$ (markert med pil i figuren). Siden 1991 har kobberkonsentrasjonen sjelden vært over dette nivået, og alle data fra 1998 ligger til venstre for pilen. Det er derfor sannsynlig at det må være andre årsaker til at mangfoldet på stasjonene G3, G4 og G5 (og muligens G6) ikke har fortsatt å øke til samme nivå som på referansestasjonen Riasten (G1) eller ved Singsås (G7) etter 1991.



Figur 4.1. Artsmangfold (antall taksa) av cyanobakterier og grønnalger i Gaula i august/september, 1986 til 1998.



Figur 4.2. Artsmangfold (antall taksa) av cyanobakterier og grønnalger som funksjon av kobber. Pilen viser konsentrasjonsområdet der mangfoldet avtar markert. Gaula 1986-1998.

Forekomst av noen begroingsorganismer i perioden 1986 til 1998

I tabell 4.1 er noen begroingsorganismer gruppert etter forekomst i Gaula i 1986/87 - før tiltak mot tungmetallforurensningen ble satt i verk. Utbredelsen av tre av disse er også framstilt i figur 4.3.

- Gruppe 1 1986/87: bare oppstrøms innløp Storbekken - ved Riasten (G1)
1998: 4 av totalt 6 arter har etablert seg lenger ned i vassdraget, men bare sporadisk
- Gruppe 2 1986/87: øverst og nederst i vassdraget, men ikke i områder med betydelig tungmetall forurensning (G2, G3, G4)
1998: 4 av totalt 6 arter har etablert seg i dette området (G2, G3, G4)
- Gruppe 3 1986/87: hoveutbredelse i områder med sterk/moderat tungmetallforurensning (G2, G3, G4, G5)
1998: 1 av 2 arter ser ut til å ha forsvunnet fra den undersøkte elvestrekning, den andre har fått mindre utbredelse
- Gruppe 4 1986/87: bare i nedre deler fra og med områder med moderat tungmetallpåvirkning (G5, G6, G7)
1998: det ser ikke ut til å ha skjedd noen omfattende etablering av arter innen denne gruppen lenger opp i vassdraget
- Gruppe 5 1986/87: bare nederst i vassdraget, fra lite påvirkede områder (G6, G7)
1998: heller ikke for denne gruppen har det skjedd noen omfattende etablering lenger opp i vassdraget
- "nye" 1986/87: disse begroingsorganismer ble ikke observert i 1986/87
1998: 3 av 4 arter opptrer nå sporadisk i hele vassdraget.

Samlet tilsier dette at de fleste begroingsorganismer som ikke var tilstede i Gaula på den sterkt tunnetallpåvirkede strekningen (G2 til G5), har etablert seg etter at forurensningsbegrensende tiltak ble satt i verk. De fleste opptrer imidlertid spredt og sporadisk. Det kan skyldes at tilstanden fremdeles er ustabil og på en eller annen måte preget av forurensning. Forekomsten av organismer som preget den forurensede strekningen er betydelig redusert.

Figur 4.3 (*øverst*) viser forekomst av cyanobakterien *Chamaesiphon fuscus* i perioden 1986-1998. Fra å danne et massivt brunsvart belegg på alle større stein ved Ålen (G5) i 1986/87 ble forekomsten gradvis redusert fram til 1994, da den bare dannet små brunsvarte flekker på steinene her. I 1998 så den igjen ut til å ha økt noe i mengde og dekket ca 15 % av alle større stein. At *C. fuscus* har såvidt stor forekomst ved Ålen (G5) kan tyde på at tilførslene av tungmetaller fremdeles er så store at de påvirker begroingssamfunnet. Etter 1990 har *C. fuscus* etablert seg på alle påvirkede stasjoner oppstrøms Ålen (G2, G3, G4).

Figur 4.3 (*midten*) viser forekomst av grønnalgen *Microspora amoena*. Fra å være begrenset til nederste stasjon ved Singsås (G7) i 1986/87, har *M. amoena* etablert seg og opptrer nå jevnlig opp til Ålen (G5). Foreløpig er den ikke observert i vassdragets øvre deler. *M. amoena* får ofte stor

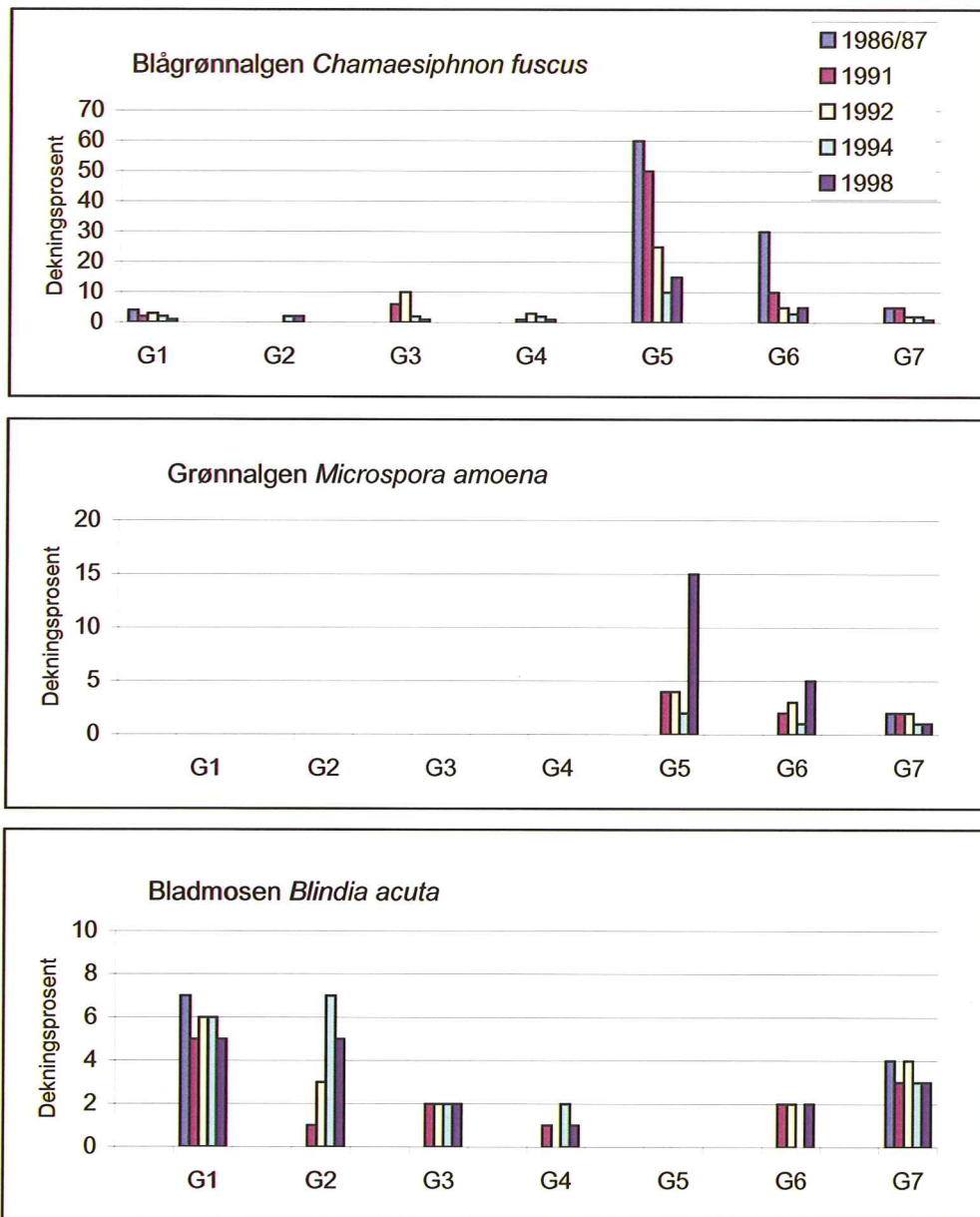
forekomst i vassdrag som har høyt næringssaltinnhold. At den hadde stor forekomst ved Ålen (G5) i 1998 kan derfor bety at denne lokaliteten er noe belastet med næringsstoffer.

Figur 4.3 (*nederst*) viser forekomst av mosen *Blindia acuta*. I 1986/86 ble den bare observert på referansestasjonen (G1) og nederst ved Singsås (G7). Fra og med 1990 hadde den etablert seg på alle stasjoner unntatt Ålen (G5). *B. acuta* er ømfintlig for generell forurensning, det er trolig grunnen til at den ikke vokser nedstrøms Ålen. Ved Storbekken (G2) har den etter hvert fått stor forekomst og er, som i 1991 og 1994 (Traaen m. fl. 1995), begroingens mest markerte og lett synlige begroingsorganisme. Observasjoner i Orkla kan tyde på at *B. acuta* trives i vann med noe høye konsentrasjoner av kobber og muligens også sink (Grande & Romstad 1996).

Tabell 4.1 Noen begroingsorganismer i Gaula - gruppert etter utbredelse i 1986/87, før tiltak mot tungmetallforurensning

Gruppe	Organisme	1986 - 1987							1991 - 1992							1994							1998						
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
1	<i>Calothrix ramenskii</i>	x							x		x					x								x					
	<i>Calothrix gypsophila</i>	x					x		x							x								x					
	<i>Rivularia biasoletiana</i>	x							x							x								x					
	<i>Schizothrix lacustris</i>	x					x		x		x					x		x						x		x			
	<i>Draparnaldia glomerata</i>	x							x							x								x					
	<i>Didymosphenia geminata</i>	x							x							x								x					
2	<i>Chamaesiphon fuscus</i>	x				x			x		x				x		x						x		x				
	<i>Zygnema b</i>	x				x			x						x								x						
	<i>Clastidium setigerum</i>	x				x			x						x								x						
	<i>Mougeotia d/e</i>	x				x			x						x								x						
	<i>Bulbochaete</i>	x							x						x								x						
	<i>Blindia acuta</i>	x							x		x				x		x						x		x				
3	<i>Ulothrix subtilis</i>		x	x		x																							
	<i>Mougeotia a (6-12u)</i>	x	x		x	x	x		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
4	<i>Microspora palustris m. v. mi</i>					x	x	x			x	x	x	x															
	<i>Chamaesiphon confervicola</i>					x	x	x																					
	<i>Phormidium cf. autumnale</i>					x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	x	x	x			x				
5	<i>Stigonema mamillosum</i>						x																						
	<i>Cyanhanon mirabile</i>																												
	<i>Coleodesmium sagarmatae</i>																												
	<i>Microspora amoena</i>					x																							
	<i>Schizochlamys gelatinosa</i>							x																					
"nye"																													
	<i>Scytonematopsis starmachii</i>																												
	<i>Homoeothrix janthina</i>																												
	<i>Ulothrix zonata</i>																												
	<i>Vaucheria sp.</i>																												

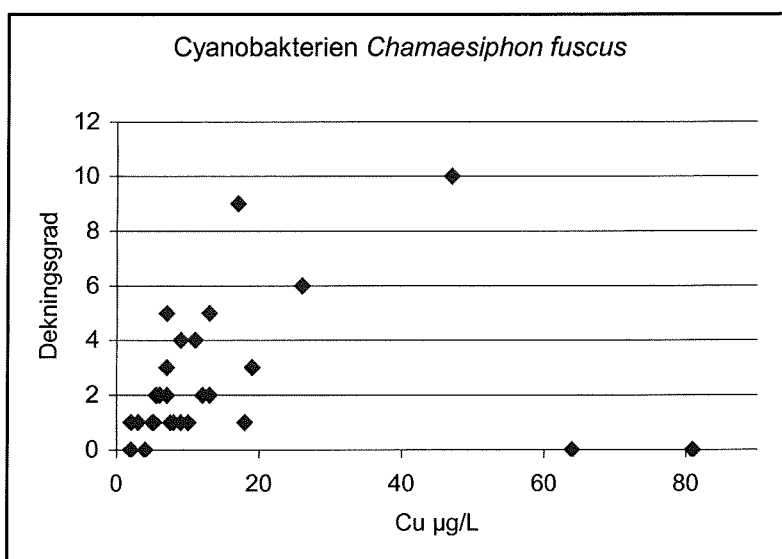
Forklaring til gruppeinndeling, se tekst: "Forekomst av noen begroingsorganismer i perioden 1986-1998"



Figur 4.3. Dekningsprosent av tre begroingsorganismer i Gaula fra 1986 til 1998.

Mengdemessig forekomst av cyanobakterien C. fuscus.

På grunnlag av NIVA's observasjoner i Gaula og Orkla (Grande og Romstad 1996) ser *C. fuscus* ut til å trives i moderat tungmetallforurensede vassdrag og er da i stand til å utvikle unormalt store bestander. Den forsvinner imidlertid når kobberkonsentrasjonen går over en viss verdi. I figur 4.4 er forekomst av *C. fuscus* framstilt som funksjon av kobberinnholdet i Gaula i perioden 1986-1998. Figuren viser at *C. fuscus* øker i mengde allerede ved ganske lave konsentrasjoner av kobber, fra 7-10 $\mu\text{g L}^{-1}$, inntil en øvre grense på 50-60 $\mu\text{g L}^{-1}$ der den forsvinner. Dette betyr at med de nivåer av kobber som var i deler av Gaula i 1998, med maksimumsverdier i området 10-16 $\mu\text{g L}^{-1}$, var det mulighet for unormalt store bestander av *C. fuscus*. Undersøkelser i andre vassdrag kan tyde på at denne effekten kan forsterkes dersom sinkinnholdet også er høyt (Hylland m. fl. 1998).



Figur 4.4. Forekomst av cyanobakterien *Chamaesiphon fuscus* som funksjon av kobber. Gaula 1986 til 1998.

4.3 Diskusjon og sammendrag

Referansestasjonen nedstrøms Riasten (G1)

Begroingsfunnet ga samme visuelle inntrykk og bestod i hovedsak av de samme arter som tidligere. Variasjoner i artsmangfold, artssammensetning og mengde fra år til år ligger etter alt å dømme innenfor den naturlige variasjonsbredden. Begroingsfunnet tilsier en nøytral, lite forurensningepåvirket vannkvalitet.

Strekningen Storbekken til 3 km nedstrøms (G2)

På denne strekningen var det tidligere så påfallende røde okerslammet nesten borte og elveløpet så tilnærmet normalt ut. Økningen i begroings mangfold hadde dessuten fortsatt siden 1994 og forurensningeømfintlige organismer som cyanobakteriene *Rivularia biasolettiana* og *Schizothrix lacustris* hadde etablert seg. Arsmangfoldet var imidlertid fremdeles noe lavere enn på referansestasjonen (G1) og i nedre deler av vassdraget ved Eggafossen (G6) og Singsås (G7), se figur 4.1. Om dette skyldes episodiske tilførsler av kobber, rester av forurensninger i elveleiet eller en treghet i etablering av enkelte organismer er vanskelig å si.

Strekningen nedstrøms Grubbekken (G3) til Reitan (G4)

Ved befaringen i august 1998 ble det observert okerslam rett nedstrøms innløp av selve Grubbekken. På stasjonen nedstrøms Grubbekken (G3), var dette mindre påfallende, men også her ble det registrert et slamelegg på større stein. På strekningen fra Grubbekken til Reitan så det ikke ut til å ha vært noen økning i artsmangfoldet siden 1991. Det var fremdeles klart lavere enn på referansestasjonen (G1) og i vassdragets nedre deler (G6 og G7). Organismer som klarer seg ved lave/moderate tilførsler av kobber og sink, som cyanobakterien *Chamaesiphon fuscus*, grønnalgen *Zygnema* b og mosen *Blindia acuta* hadde dessuten markert forekomst ved Grubbekken (G3) og Reitan (G4). Det er derfor trolig at det ikke har skjedd en tilsvarende bedring av vannkvaliteten her etter 1991-94 som på strekningen mellom Storbekken og Grubbekken (G2).

Nedstrøms Ålen (G5)

Et brunsvart belegg av cyanobakterien *Chamaesiphon fuscus* preget denne lokaliteten da undersøkelsene startet i 1986. Dette avtok i mengde fram til 1994, men hadde på nytt økt noe i 1998, figur 4.3. Artsmangfoldet på denne stasjonen så heller ikke ut til å ha økt siden 1986/87, figur 4.1. Disse forhold tilsier at denne del av Gaula fremdeles er noe belastet med tungmetaller i perioder. Fravær av organismer som ikke tåler generell forurensning, men som vokser andre steder i vassdraget, bl.a. cyanobakteriene *Calothrix gypsophila* og *Stigonema mamillosum* og grønnalgen *Bulbochaete* sp., samt mosen *Blindia acuta* tilsier dessuten noe generell forurensningsbelastning. Markert forekomst av forurensningetolerante organismer som grønnalgen *Microspora amoena* og mosen *Hygrohypnum ochraceum* forsterker dette inntrykket. Bakterier som lever av lett nedbrytbart organisk materiale ble også observert. At gulgrønnalgen *Vaucheria*, som hadde stor forekomst i 1994, ikke ble registrert i 1998 er trolig et uttrykk for de noe ustabile forhold som fremdels preger denne del av vassdraget.

Strekningen Eggafossen (G6) til Singsås (G7)

Denne elvestrekningen så ut til å være lite påvirket av tungmetaller og generelle forurensninger. Det ble bare registrert få endringer siden 1994. Artsmangfoldet var omtrent som på referansestasjonen ved Riasten (G1), se figur 4.1, og flere forurensningeømfintlige arter vokste på begge lokaliteter.

5. BUNNDYR

5.1. Innledning

Undersøkelser av bunndyr kan i likhet med andre biologiske parametre gi informasjon om forholdene i vassdragene. Siden faunaen er avhengig av vassdraget som levested over et lengre tidsrom, vil studier av bunndyrsamfunnets oppbygging og artsmangfold gi informasjon om leveforholdene over tid.

I Gaula er bunndyr brukt i vannkvalitetsovervåkingen i 1986/87, 1991/92 og 1994 (Traaen et al. 1988, 1993, 1995). Det ble foreslått en bunndyrovervåking annet hvert år i Gaula for å følge utviklingen i bunndyrbestandene og reetableringen av livet i elva etter at tiltak ble gjennomført for å begrense tungmetalltilførslene. Det ble utført bunndyrundersøkelser igjen i 1998, fire år etter forrige undersøkelse. Flere undersøkelser har videre vist at særlig døgnfluer kan være gode indikatororganismer ved gruveforurensninger (jfr. Rehfeldt & Söchtig 1991, Clements et al. 1990, Aanes 1980, Arnekleiv & Størset 1984). Døgnfluer har arter med ulik toleranse for tungmetaller, men er også brukt som indikatororganismer ved forurensning, og gruveavrenning vil i de fleste tilfelle også gi en lokal forurensningseffekt (jfr. Raddum & Fjellheim 1984, Fjellheim & Raddum 1990). For å bruke bunndyr som indikatorer på forurensning bør organismene artsbestemmes siden selv arter innen samme slekt kan vise ulik toleranse overfor samme forurensning (Resh & Unzicker 1975). For Gaula er det lagt vekt på døgnfluer, steinfluer og vårfluer siden disse er svært vanlig i reint, rennende vann og har arter med antatt lave toleransegrenser for metallforurensning.

Her i landet er det foretatt flere undersøkelser på bunndyr i tilknytning til gruveforurensning. Nedenfor et utslipp, der giftvirkningen gradvis avtar, vil artene komme tilbake (rekolonisere) i forhold til deres toleranse. Foruten i Gaula, er undersøkelser som omhandler arter og avrenning fra gruver foretatt i Folla (Aanes 1980, jfr. også Grande 1991) og Skorovassdraget (Grøndalselva) (Lien m.fl. 1983, Grande m.fl. 1985).

Siste bunndyrundersøkelse i Gaula i 1994 viste en tydelig rekolonisering av bunndyr på tidligere totalskadede områder mellom Storbekken og Ålen. Både mengden bunndyr og artsmangfoldet var imidlertid fortsatt langt lavere enn på referansestasjonen og det en finner i rene elver i regionen. Undersøkelsen i 1998 har som målsetting å vurdere den videre reetableringen av elvefaunaen etter gjennomførte tiltak. Det er også mulig at den relativt seint reetableringen av ørret i øvre Gaula kan ha sammenheng med mangel på næringsdyr på deler av elvestrekningen.

5.2. Metoder

Til innsamling av bunndyr ble sparkemetoden benyttet (Hynes 1961, Brittain og Saltveit 1984). Det ble benyttet en håv med sider 25 cm og maskevidde 0,5 mm. Innsamlingen ble tatt på tid, vanligvis 5 min. pr. prøve (R-5), men i 1998 ble det tatt to prøver, hver på ett minutt (R-1). Stasjonene for innsamling av bunndyr er i hovedsak felles med stasjonene for fysisk-kjemiske prøver, begroingsprøver og elfiske og er vist i figur 2.3. I tillegg er det tatt bunndyrprøver fra noen supplerende stasjoner som også er felles med elfiskestasjonene: G2c, G4b, G4c. Med unntak av G2c, ble disse stasjonene også undersøkt i 1986/87, før iverksettelsen av tiltak. Innsamlingen ble foretatt 15.-16. juni og 11.-12. august 1998.

5.3. Resultater

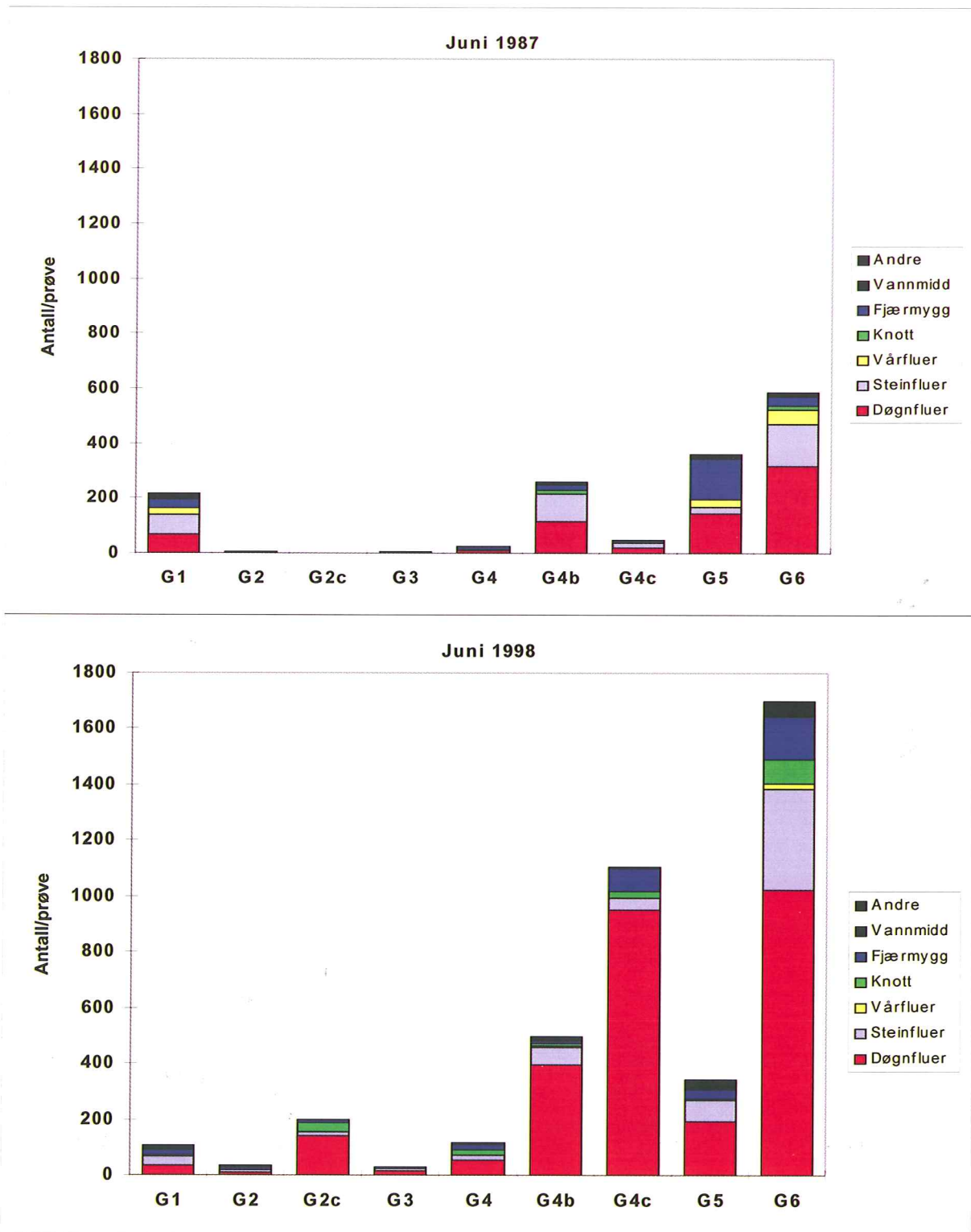
5.3.1. Bunndyrsammensetning og mengde

Figur 5.1 - 5.2 viser bunnfauasammensetningen på åtte stasjoner i øvre Gaula i 1986/87 (før gjennomførte tiltak) og i 1998. Detaljer om faunasammensetningen og relative mengder er gitt i vedleggstabellene 5.1 og 5.2. Rekoloniseringen av bunndyr i øvre Gaula fortsetter, men både mengder og mangfold ligger fortsatt jevnt over lavere enn på referansestasjonen og i lakseførende del av elva.

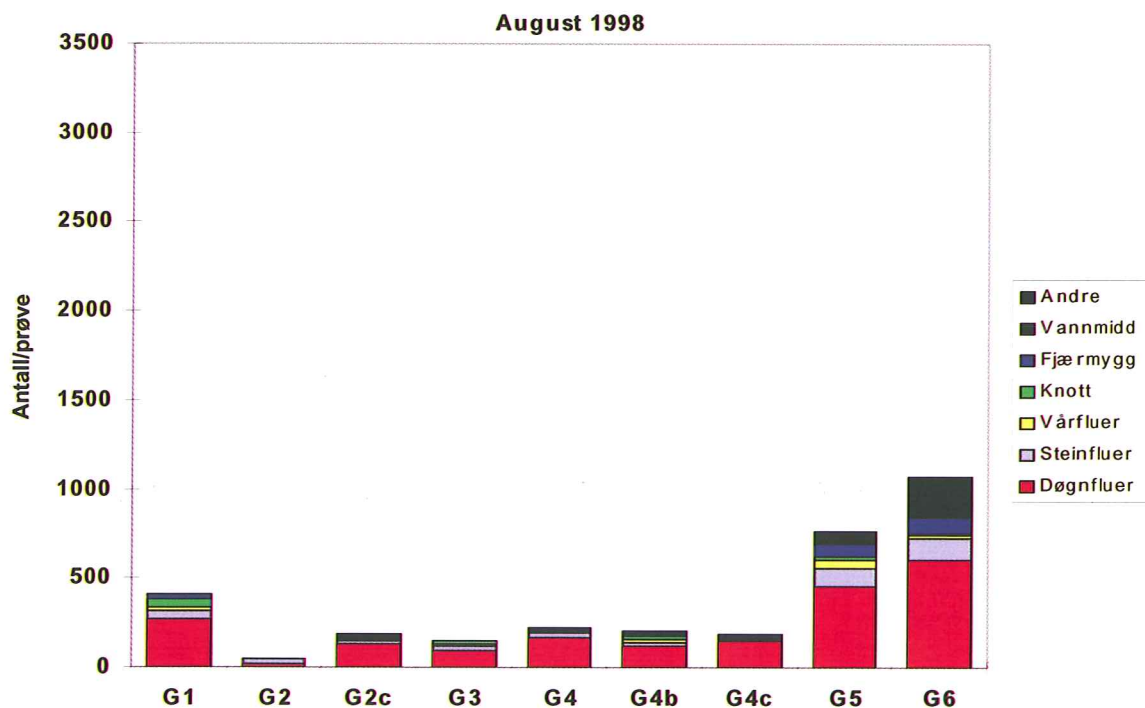
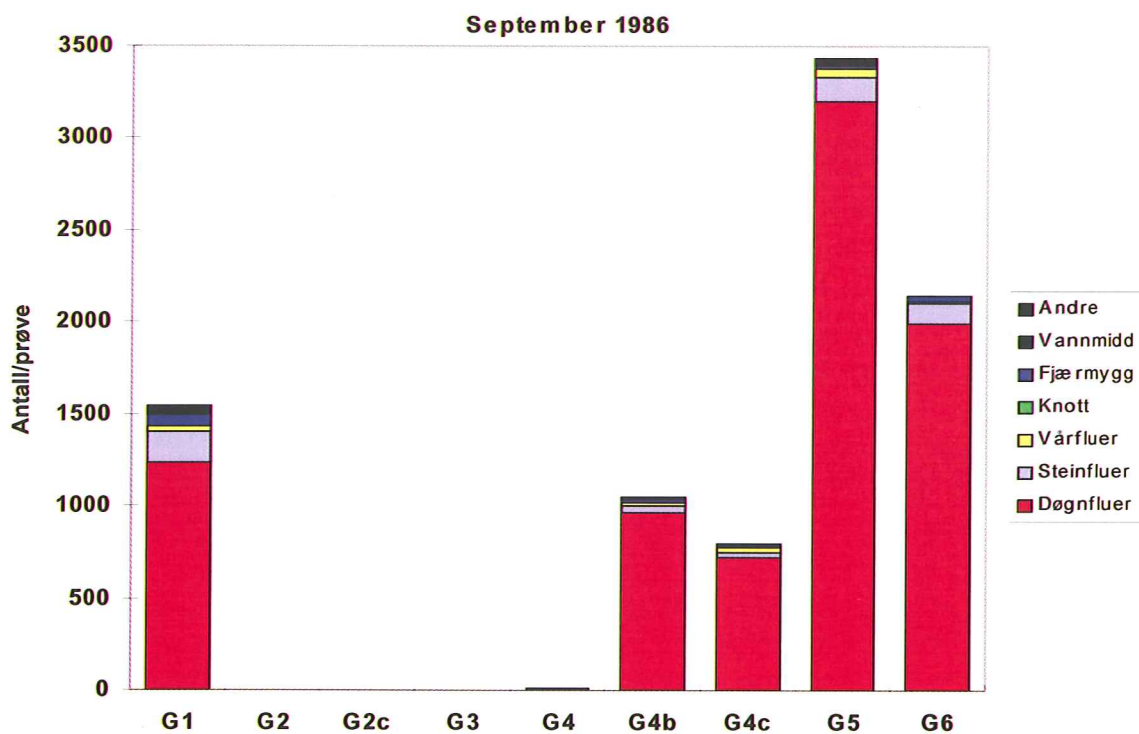
På referansesatsjonen (G1) ovafor gruveforurensningen i Gaula, var det stor likhet i faunasammensetningen mellom de ulike årene, med døgnfluer, steinfluer, vårfluer og fjærmygg som de dominerende insektordene. Knottlarver kom inn i betydelig antall i enkelte perioder, bl.a i august 1998. Det var overraskende små bunndyrmengder i prøvene fra juni 1998, men artsmangfoldet var stort (jfr. artsomtalen). Forøvrig var både faunasammensetningen og relative bunndyrmengder slik en kan forvente i klarvannselver ellers i regionen.

Resultatene fra 1998 viser en fortsatt normalisering av faunaen mellom Storbekken og Ålen, men endringene fra siste prøvetaking i 1994 er små. Prøvene fra 1987 viste at det bare var en restfauna av enkeltindivider bunndyr på denne strekningen, mens prøvene fra 1998 viser gjennomsnittlig 328 individer pr. prøve for juni og 167 individer pr. prøve for august, og 5-9 dyregrupper tilstede. Det er imidlertid store forskjeller i relative mengder og faunasammensetning mellom lokalitetene. Stasjonene G2 og G3 som ligger nedstrøms henholdsvis Storbekken og Grubbekken, hadde i juni en tydelig forenklet sammensetning og lave bunndyrmengder (fig.5.1). Flere dyregrupper var representert med bare enkeltindivider. Den mellomliggende stasjonen (G2c) hadde en mer normalisert fauna med et betydelig antall døgnfluer og knottlarver. Fra Reitan, nedstrøms samløp Rugla (G4b) og nedover øker bunndyrmengdene og antall registrerte grupper. En tydelig rekolonisering ble også sett på denne strekningen i 1987, og har høyst sannsynlig sammenheng med tilførsel av drivfauna fra bl.a Rugla som er ei relativt næringsrik elv med høye bunndyrtettheter og stort artsmangfold (Traaen m.fl. 1988), selv om elva i perioder har kobberkonsentrasjoner rundt 15 µg/l. Sammenlignet med 1994 viser imidlertid ikke sparkeprøvene store forbedringer i faunasammensetning og bunndyrmengder fra 1994 på strekningen Storbekken - Ålen.

Prøvene fra august 1998 (fig. 5.2) viser at de vanlige bunndyrgruppene nå er tilstede på de fleste av stasjonene, og de relative bunndyrmengdene lå, med unntak av stasjon G2, på samme nivå, men lavere enn på referansestasjonen og lavere enn nedstrøms Ålen (G5 og G6). Stasjon G2 har også på høsten en forenklet faunasammensetning og lave bunndyrmengder. August-prøvene var dominert av døgnfluellarver, dernest forekom steinfluer, vårfluer, knott og fjærmygg i betydelig antall på stasjonene mellom Storbekken og Ålen. På stasjon G5 og G6 som hadde betydelig større bunndyrmengder, forekom i tillegg vannmidd i større antall. Sammenlignet med 1994 viser heller ikke høstprøvene store endringer i faunasammensetningen i 1998.



Figur 5.1 Faunasammensetning og relative bunndyrmengder i sparkeprøver fra øvre Gaula i juni 1987 og 1998.

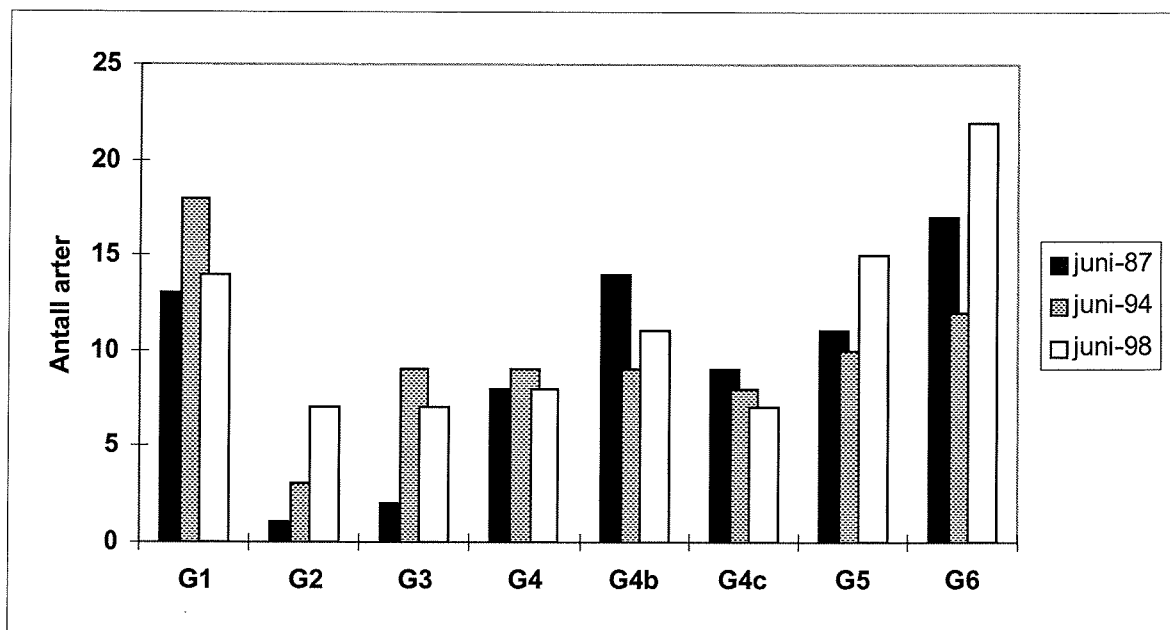


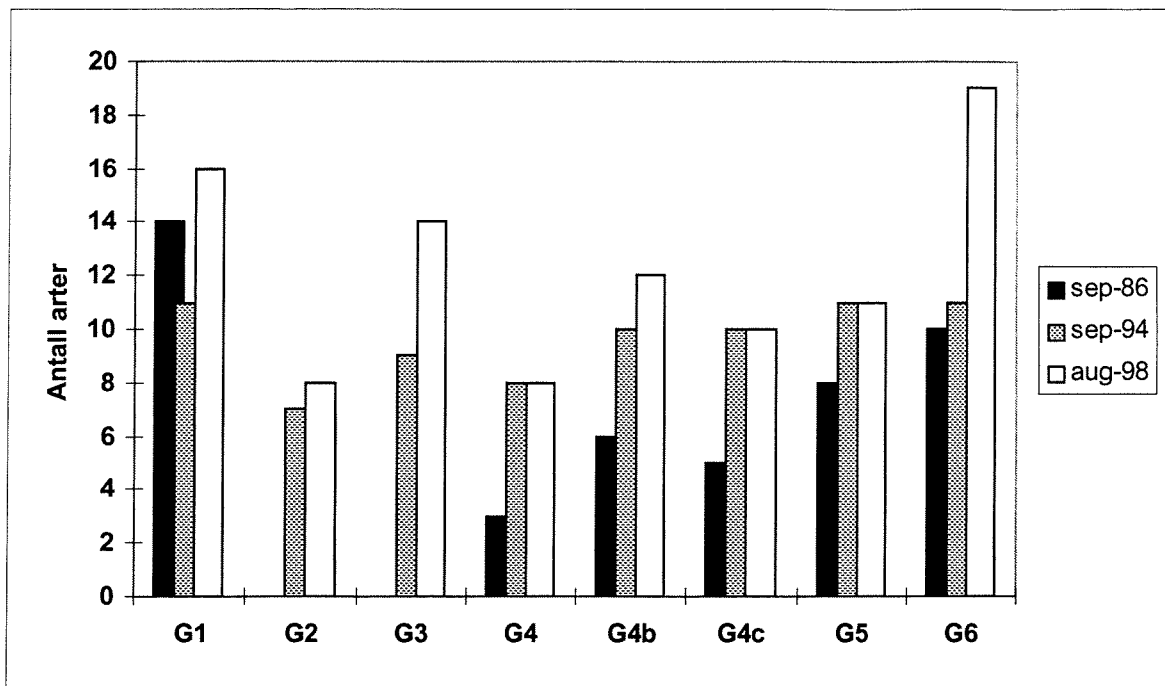
Figur 5.2 Faunasammensetning og relative bunndyrmengder i sparkeprøver fra øvre Gaula på høsten i 1986 og 1998.

5.3.2 Artsmangfold

Artssammensetningen er analysert for de dominerende gruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer. Artssammensetningen av larver innen disse gruppene vil skifte med årstidene avhengig av artenes livssyklus. Prøvetakingen er forsøkt gjort til samme tid hvert år, men på grunn av varierende vannføringsforhold i Gaula har prøvetidspunktet blitt forskjøvet enkelte år. Prøvene fra juni er som regel tatt i første halvdel av måneden, så også i 1998, mens høstprøvene i 1998 ble tatt i midten av august, om lag en måned tidligere enn i andre år. Dette har medført at vi har fått med noen sommerarter, mens enkelte høstarter kan ha vært for små til å bli med i prøven eller for små til sikker artsbestemmelse.

Antallet registrerte arter på de ulike stasjonene i utvalgte år er vist i figur 5.3, mens artssammensetningen i 1998 er vist i detalj i vedleggstabellene 5.3 og 5.4. Resultatene viser en klar reetablering av arter innen alle tre gruppene (døgn-, stein- og vårfluer) på stasjonene mellom Storbekken og Ålen fra 1986/87 til 1994 og 1998. I juniprøvene ble det registrert 7-11 arter på stasjonene mellom Storbekken og Ålen (G2-G4c), mens det på referansestasjonen var 14 arter i prøvene. Antallet registrerte arter var omlag det samme som i 1994 med unntak av stasjon G2. Her var det en økning i artsantallet fra 3 i 1994 til 7 i 1998 (fig. 5.3). Også på stasjon G5 og G6 var det en økning i registrerte arter fra 1994 til 1998. Artssammensetningen i augustprøvene var noe forskjellig fra tidligere års prøver tatt i september, men antallet registrerte arter var på samme nivå eller noe høyere på strekningen Storbekken-Ålen i 1998 enn i 1994. Antall registrerte arter varierte mellom 8 og 14 på strekningen, mens det på referansestasjonen ble registrert 16 arter og på stasjon G6 19 arter.





Figur 5.3 Antall arter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer registrert i sparkeprøver fra øvre Gaula i juni og august-september i 1986/87, 1994 og 1998.

Døgnfluer (Ephemeroptera)

Vedleggstabellene 5.3-5.4 viser at det i 1986/87 bare ble påvist enkeltindivider av døgn- og steinfluer på stasjonene G2-G4, og disse antas i stor grad å skyldes driv fra sidebekker. Prøvene fra 1994 og 1998 viser at døgnfluearten *Baetis rhodani* nå har etablert bestand i betydelig antall på disse stasjonene med en tydelig økning i antall på de to stasjonene nedstrøms Rugla (G4b og G4c), mens mengden er lavere igjen på stasjon G5. Prøver fra 1991 og 1994 viser at denne arten var den første til å rekolonisere elvestrekningen etter de gjennomførte tiltakene. Juniprøvene i 1998 viser at også arten *Ameletus inopinatus* nå forekommer i lavt antall på alle stasjonene. Arten *Ephemerella aurivillii*/sp. forekommer i lavt antall på flere stasjoner på strekningen både i juni og august, noe som viser klare tegn på reetablering og en ytterligere bedring fra 1994. Mens *B. rhodani* er regnet som en tolerant art m.h.t tungmetallforurensning, er *E. aurivillii* sensitiv (jf. Rehfeldt & Söchtig 1991).

Augustprøvene viser forøvrig betydelig forekomst av de to «nye» artene *Baetis fuscatus/scambus* og *Baetis subalpinus* på hele strekningen G1-G6. Dette kan delvis skyldes at artene på grunn av livssyklus ikke finnes med larver i elva i september og dermed ikke ble påvist tidligere. På grunn av det høye tungmetallinnholdet ville de imidlertid neppe ha overlevd her før tiltakene ble gjennomført, og fortsatt lavt antall av begge artene på stasjon G2 tyder på at disse også har rekolonisert elvestrekningen de siste årene. Artene *Heptagenia dalecarlica* og *Baetis muticus* forekommer vanlig på G1 og G6 i 1998, men er fortsatt nesten fraværende på hele den

mellomliggende strekningen. Slekten *Heptagenia* har vist seg å være meget sensitiv overfor tungmetaller (Clements et al. 1988, Rehfeldt & Söchtig 1991) og manglende reetablering tyder på at det fortsatt forekommer for høye tungmetallverdier til at døgnfluefaunaen kan restitueres fullt ut.

Steinfluer (Plecoptera)

Steinfluene har jevnt over en høyere toleranse for tungmetaller enn de fleste døgnfluartene, og mange av artene forekommer i relativt lavt antall. Undersøkelsen viser likevel en klar reetablering av steinfluer på de øverste stasjonene G2-G4, hvor denne dyregruppen nesten ikke ble registrert i 1986/87. I 1998 ble det registrert en rekke arter i lavt antall i prøvene fra strekningen Storbekken-Ålen (tabell 5.4). Arten *Diura nanseni* som forekommer vanlig i de fleste elvene i regionen, var tallrik på alle stasjonene på hele strekningen i august, mens arter av slekta *Isoperla* forekom fåtallig på G1 og G6 med bare enkeltindivider observert på et fåtall andre stasjoner i juni. *D. nanseni* og *Isoperla* sp. er regnet som sensitive arter for ulike typer forurensning, mens arter innen slektene *Nemoura* og *Amphinemura* er regnet som mer tolerante. Dette gir seg imidlertid ikke klare utslag i reetableringen av steinfluer i øvre Gaula, kanskje med unntak av *Isoperla*, som fortsatt synes å ha problemer med å etablere seg på de øverste stasjonene. *Amphinemoura borealis* som var tallrik på hele den øvre strekningen (G1-G4) i 1992/94 forekom bare i lavt antall på G1-G4 i 1998, men kom tallrikt inn i prøvene fra G4b og nedover. Søsterarten *Amphinemura sulcicollis* ble derimot kun registrert på stasjon G6 i 1998, men fantes fåtallig i øvre deler i 1992. *Brachyptera risi*, som er svak i konkurransen med mange arter, forekom jevnt, men fåtallig fra stasjon G2c og nedover, mens *Leuctra fusca* var vanlig på stasjonene nedstrøms Rugla. Andre steinfluearter forekom sporadisk på lokalitetene i 1998. Sammenlignet med artssammensetningen i 1994 er det ikke registrert noen klar økning i artsmangfoldet og reetableringen av steinfluer i øvre Gaula i 1998. Høyest antall arter er registrert på G1 og G6, men steinfluefaunaen er likevel i full reetablering på de mellomliggende lokalitetene. Stasjon G2 hadde det laveste artsmangfoldet av steinfluer.

Vårfluer (Trichoptera)

Vårfluematerialet er relativt spinkelt i det mange arter forekommer med enkeltindivider i prøvene. Det kan derfor være stor grad av tilfeldighet om en art blir registrert eller ikke. Ut fra foreliggende materiale viser ikke artssammensetningen på de ulike stasjonene tilsvarende reetablering som for døgn- og steinfluer, men det kan skyldes naturlig fåtallig forekomst av mange av artene. Derimot var den vanlig forekommende arten *Rhyacophila nubila* tallrik på referansestasjonen G1 alle år, men forekom ikke, eller bare sporadisk, på stasjonene G2 og G3 i 1986/87, 1991 og 1992. I høstprøvene i 1994 ble den imidlertid registrert fåtallig på disse stasjonene og tallrikt på G4 og G5, mens augustprøvene i 1998 viser vanlig forekomst av arten på alle stasjonene og tallrik forekomst på G5. Også arten *Polycentropus flavomaculatus* har vist en klar reetablering på strekningen Storbekken-Ålen i 1994 og 1998. Det ble ellers både i 1994 og 1998 påvist enkeltindivider av flere arter spredt på stasjonene G2-G5 uten at en kan peke på noen klar reetablering av spesifikke arter i området. På G1 ble det bare registrert 2 vårfluearter i hver av periodene i 1998, mens artsantallet på de andre stasjonene ned til G5 varierte mellom 0 og 4. På G6 ble det i begge periodene registrert 6 vårfluearter.

5.4 Diskusjon og sammenfatning

Resultatet av bunndyrundersøkelsene viser at forholdene i øvre Gaula er betydelig forbedret i 1991/92, 1994 og 1998 som følge av gjennomførte tiltak. Det foregår en tydelig reetablering og normalisering av faunaen på tidligere totalskadete områder. Eksempelvis er antall registrerte arter av døgnfluer og steinfluer på elvestrekningen mellom Storbekken og Reitan økt fra 3 arter i 1986/87 til 15 arter i 1994 og 17 arter i 1998. Utviklingen mot en markert normalisering av bunnfaunaen slik det ble registrert i 1994 har bare delvis fortsatt i 1998. Forandringen i mengde bunndyr og forekomsten av sensitive arter er ikke mye endret fra 1994, men med en positiv tendens i døgnfluefaunaen. På stasjonene G2 og dels G3 er artssammensetningen fortsatt karakterisert av lite individantall av registrerte arter og mangel på arter som er sensitive for tungmetallbelastning. Både mengden bunndyr og artsmangfoldet av døgnfluer, steinfluer og vårfluer er lavere på strekningen Storbekken-Ålen enn på referansestasjonen øverst og lavere enn i lakseførende del av Gaula (G6). Bunnfaunaen i Gaula nedstrøms Eggafossen (G6) synes å være fullt restituert. Artsmangfoldet var som normalt for vassdraget og med like stor forekomst av sensitive arter her som vi finner på andre stasjoner lenger nedover Gaula (jf. Arnekleiv 1999).

Vi har tidligere sammenholdt artsantallet av døgnfluer, steinfluer og vårfluer med kobberkonsentrasjonene i vannet på de enkelte stasjonene og vist at det er god korrelasjon mellom antall arter og kobberkonsentrasjonen i vannet og mellom individantallet og kobberkonsentrasjonen (Arnekleiv & Størset 1995). Prøvene fra 1998 viser samme tendens, men ikke så klar sammenheng for juniprøvene.

Faunaen i en slik reetableringsfase som vi har mellom Storbekken og Ålen vil være ustabil, hvor enkeltarter i perioder kan komme og forsvinne. Selv om middelveidien for kobber skulle ligge under toleransegrensen for de fleste artene, kan plutselige og kortvarige topper i tungmetallkonsentrasjonene være dødelig for mange arter. Fiskeundersøkelsen i 1986-87 tydet på at det i perioder kan forekomme blandsoner nedstrøms de sure gruvebekkene hvor toksisiteten av metaller øker (Traaen m.fl. 1988). Særlig på stasjon G2 (nedstrøms Storbekken) og dels G3 (nedstrøms Grubebekken) er det fortsatt en enklere fauna enn på de øvrige stasjonene. En må derfor forvente at kobberkonsentrasjonene må ytterligere ned og at det fortsatt tar tid før meget sensitive arter som *Heptagenia dalecarlica* skal kunne reetablere en bestand i området Storbekken-Ålen. Clements et al. (1988, 1990) fant ved eksperimentelle forsøk betydelig reduksjon i både artsantall og individtetthet selv ved kobberkonsentrasjoner ned mot 9 ug/l. Toksisiteten av kobber er imidlertid svært avhengig av hvilken form metallet forekommer i.

6. FISK

6.1 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 60 og 200 m². 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 at tiltak for å begrense gruveforurensningen ble gjennomført i 1990, ble de samme stasjoner i øvre Gaula elfisket i 1991/92, 1994 og 1996 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 1998. I tillegg til hovedstasjonene G1-G6, ble det i 1996 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 5B - nedstrøms samløp Benda, ovafor Eiafossen

G 5C - Ovafor Eggafossen ved Åsplassen

Noen av tilleggsstasjonene ble også elfisket i 1986/87.

6.2 Resultater og diskusjon

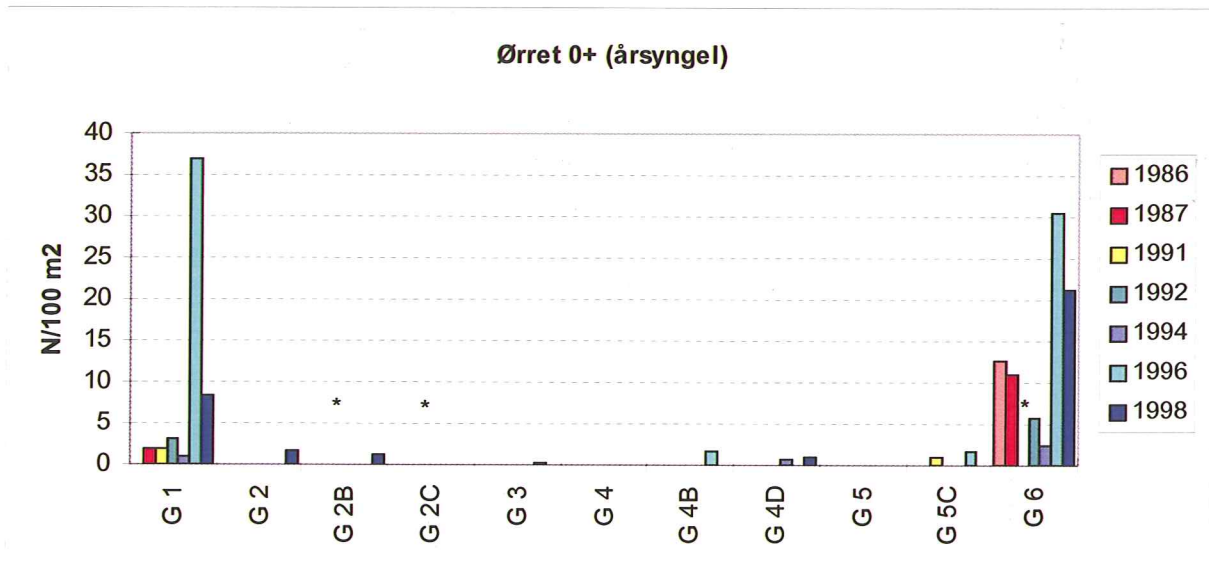
Resultatet av elfiske er framstilt samlet for alle alle år i figur 6.1-6.3, mens tallene fra de enkelte stasjoner og datoer er gitt i vedleggstabell 6.1. Figur 6.1 og 6.2 viser observerte tettheter av ørret, mens forekomsten av laksunger på den lakseførende strekning (St. G5c og G6) er vist i figur 6.3.

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. Manglende fiskebestander ovafor Eggafossen ble satt i sammenheng med det høye tungmetallinnholdet i vatnet.

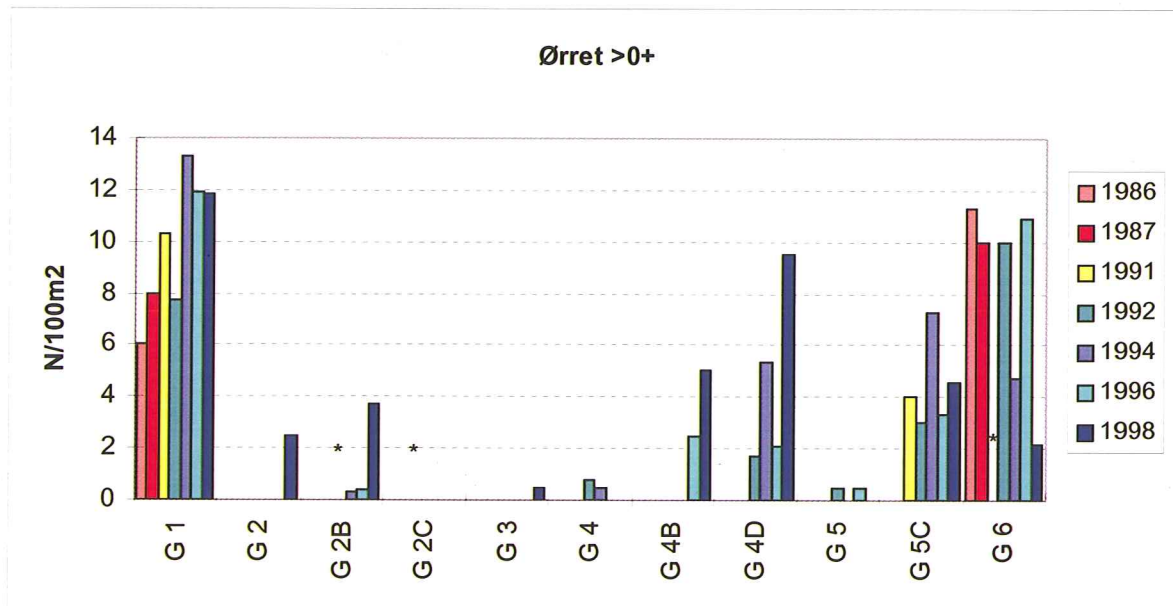
I 1991/92 viste elfiskeresultatene at ørret hadde begynt å reetablere bestand på deler av elvestrekningen som tidligere var tom for fisk. I 1991 ble det fanget ørret helt nederst på strekningen på stasjon G5c, mens det ikke ble påvist fisk lenger opp mellom G1 og G5. I 1992 var situasjonen ytterligere bedret ved at vi registrerte ørret også i området Reitan (G4) - Ålen (G5). 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 6.2). På en nyopprettet stasjon nedstrøms samløp Sya (G2b) ble det funnet 1 ørret på et 300 m² stort areal. Elfiske i 1996 viste at reetableringen av ørret fortsatte på de tidligere fisketomme områdene og at det var etablert en tynn bestand av ørret på hele strekningen nedstrøms Reitan (G4).



Figur 6.1 Observerte tettheter av årsyngel (0+) av ørret i øvre Gaula 1986-1998.
* = ikke prøve 1991.



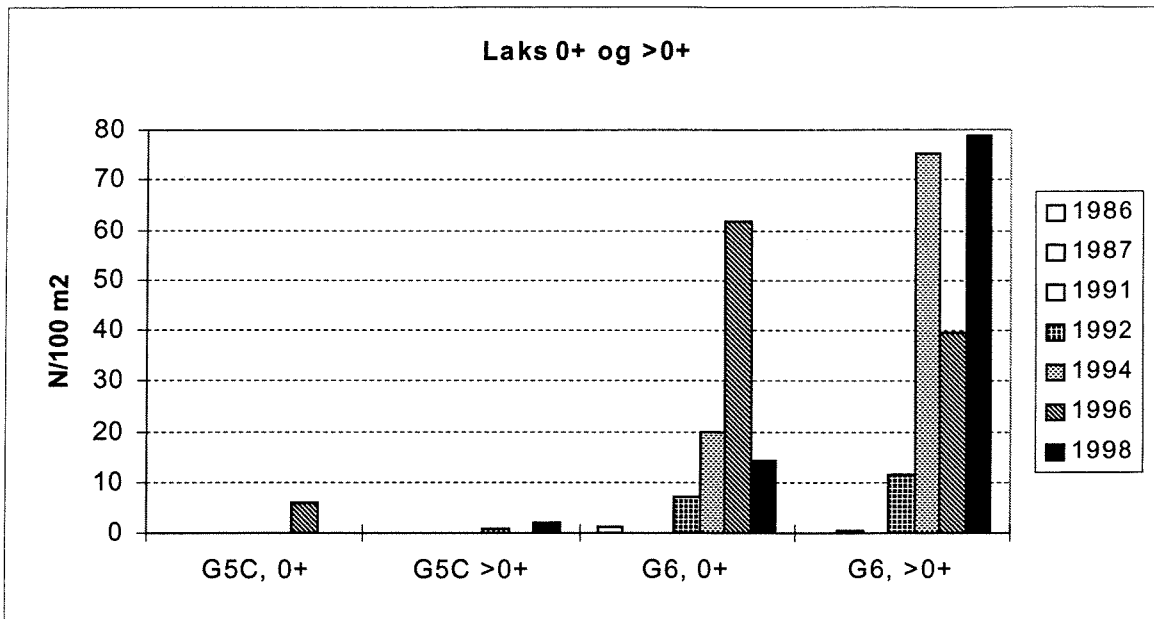
Figur 6.2 Observerte tettheter av ørret (>0+) i øvre Gaula 1986-1998.
*= ikke prøve 1991

I 1996 ble det for første gang 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. 6.1). Imidlertid ble det fortsatt bare observert enkeltfisk på strekningen mellom Storbekken og Reitan, og på 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 var god.

Resultatene fra 1998 viser at rekoloniseringen av ørret på de tidligere totalskadde elvestrekningene forstetter, men reetableringen går overraskende sakte. I 1998 fant vi årsyngel på tre stasjoner mellom Storbekken fra Kjøli og Ålen (st. G2, G2B, G4D, fig. 6.1). Dette kan bety at ørret nå reproducerer naturlig på denne strekningen, men det kan også være et resultat av nedvandring fra intakte sidebekker. At årsyngel fantes i lav tetthet på flere stasjoner indikerer at denne årsklassen ihvertfall er i stand til å overleve på disse stedene nå. Det er ellers kjent at den nyklekte plommeseekkyngelen er det mest utsatte stadium hos laksefisk med hensyn til overlevelse ved tungmetallbelastning. Mengden årsyngel var betydelig lavere i 1998 enn i 1996 på referansestasjonen (G1) og på G6, men på nivå eller høyere enn tidligere år. Sammenligning av tettheter av årsyngel mellom år er imidlertid forbundet med store usikkerheter, både på grunn av lav fangsteffektivitet på så små fisk, og fordi yngelen sprer seg lite den første sommeren (Bohlin 1984, Bohlin et al. 1989).

Eldre ørretunger (>0+) forekom i 1998 i større tettheter enn tidligere år på samtlige stasjoner mellom Storbekken og Ålen (fig. 6.2), noe som indikerer en fortsatt bedring av forholdene på denne strekningen. Spesielt på stasjonene G2, G2B, G4B og G4D var det bra med ørret, med mellom 2,5 og 9,5 pr. 100 m². Foruten på referansestasjonen G1 ble det i september påvist gytemoden ørret på stasjonene G4B, G4D og G5D. Fortsatt er det imidlertid svært tynt med ørret på stasjonene G3 og G4, og på stasjon G2C som ligger oppstrøms Gruvebekken og sideelva Menna, er det hittil ikke funnet ørret til tross for at habitatet skulle være meget gunstig.

Resultatet viser forøvrig omtrent samme tetthet av ørret på referansestasjonen som tidligere år (fig. 6.2), mens tettheten på st. G6, øverst i lakseførende del var lav i 1998. Dette kan imidlertid skyldes en sterk konkurranse fra laksunger som forekom i stor tetthet. Figur 6.3 viser beregna tettheter av laksunger etter tre omgangers elfiske på de to stasjonene rett oppstrøms og nedstrøms Eggafossen. Tettheten av eldre laksunger var det høyeste vi har målt på st. G6, med 79 individer pr. 100 m². Dette er like store tettheter som det en finner på de beste områdene ellers i Gaula. På stasjon G5C (Åsplassen) ble det også i 1998 registrert en lav tetthet av laksunger. Stasjonen ligger ovafor Eggafossen som normalt er et hinder for videre laksoppgang, men enkelte år med passende vannføring og temperatur er det kjent at laks kan passere fossen. Det er imidlertid år om annet satt ut laksyngel ovafor Eggafossen og i sideelva Hesja. Det er ikke mulig å si om den fisken vi fanga er utsatt fisk eller villfisk, men funn av laks tre år på rad her indikerer at tungmetallbelastningen i hvertfall ikke er dødelig for laks her lenger. De gode tetthetene av laksunger på stasjon G6 både i 1994, 1996 og 1998 indikerer snarere at det i lakseførende del av Gaula sannsynligvis ikke er giftvirkninger av tungmetaller på fisk lenger.



Figur 6.3 Observerte tettheter av laksunger (0+ og eldre) på øvre lakseførende strekning i Gaula, 1986-1998.

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 for første gang gjenetablert en tynn ørretbestand i Gaula i området Storbekken - Ålen. Rekolonisering skjer sannsynligvis hovedsaklig ved nedvandring av fisk fra intakte sidebekker, men både i 1996 og 1998 ble det også registrert årsyngel i øvre Gaula, noe som kan tyde på en begynnende naturlig reproduksjon av ørret. Fortsatt er det imidlertid også enkelte områder hvor det enda ikke er registrert fisk, eller kun sporadiske observasjoner. Dette gjelder særlig stasjonene G 2C, G 3 og G5. Årskene til dette, og til den generelt forholdsvis seine reetableringen av fisk, er fortsatt uklar. Det kan delvis skyldes liten tilgang på mat. Bunndyrundersøkelsene (jfr. kap. 5) viste en variert faunasammensetning, men fortsatt lavere mengder på stasjonene mellom Storbekken og Ålen enn på referansestasjonen og st. G6. Det kan være at dette næringstilbudet ikke er stabilt nok til å gi nok næring gjennom hele sesongen, men trolig er også andre faktorer viktige for reetableringen av fisk. Det er mulig at det fortsatt kan opptre blandsoner med metallutfellinger i perioder, der selv lave metallkonsentrasjoner kan være giftige. På stasjon 5 som ligger rett nedstrøms Ålen tettsted har det hele tida vært kraftig alge- og mosebegrøing, men dette er sannsynligvis ikke hovedårsaken til at fisk ikke har reetablert fast bestand her enda.

LITTERATUR

Aanes, K.J. 1980. A preliminary report from a study on the environmental impact of pyrite mining and dressing in a mountain stream in Norway, pp. 419-442 in: J.F. Flanagan and K.E Marshall (eds.). *Advances in Ephemeroptera biology. Proceedings of the Third Int. Conf. Ephemeroptera.* Plenum Press, New York, 552 pp.

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'Abèe-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.

Bohlin, T. 1984. Kvantitativt elfiske etter lax och öring - synpunkter och rekommendationer. Inf. Sötvattenlaboratoriet, Drottningholm, nr. 4: 1-33.

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.

Brittain, J.E. & Saltveit, S.J. 1984. Bunndyr, s 191-200 i K. Vennerød (red.). *Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi.* Norsk Limnologforening. Universitetsforlaget 1984.

Clements, W.H., Cherry, D.S. & Cairns, J. Jr. 1988. Structural alterations in aquatic insect communities exposed to copper in Laboratory streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 7: 715-722.

Clements, W.H., Cherry, D.S. & Cairns, J.Jr. 1990. Macroinvertebrate Community Responses to Copper in Laboratory and Field Experimental Streams. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 19: 361-365.

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: biological monitoring of streams and lakes. *Science of the Total Environment* 96: 57-66.

Grande, M. 1991. Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger. NIVA-rapport, O-89103, 1-136.

Grande, M., Iversen, E.R. & Bildeng, R. 1985. Kontrollundersøkelser 1984, Elkem AS - Skorovass Gruber. NIVA-rapport O-62042: 1-53.

Grande, M., & Romstad, R. 1996. Tiltaksorientert overvåking i Orkla 1995. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT. Rap.nr. 670/96. 53 sider.

Hylland, K., Arnesen, R.T., Bakke, T., Bakketun, Å., Bækken, T., Iversen, E., Lindstrøm, E-A., Tobiesen, A., Aanes, K.J. 1998. Sink i ferskvann - kjemi, tilførsler og biologiske effekter. Norsk institutt for vannforskning, NIVA, rap.nr. 3801-97. 70 sider.

Hynes, H.B.N. 1961. The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arch. Hydrobiol.* 57: 344-388.

Iversen, E.R. 1992: Måling av avrenning fra Kjæli Grube. 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.
- Iversen, E.R. 1997: Kjøli gruve. Avrenning 1995 -1996. NIVA-rapport 3598-97.
- Lien, L., Brittain, J.E., Gulbrandsen, T.R., Johanson, C, Løvik, J.E., Mjelde, m. & Sahlquist, E.Ø. 1983. Namsenvassdraget. Basisundersøkelsen 1981-1982. SFT/NIVA-rapport O-80002-19: 1-151.
- Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen 22: 1973-80.
- Rehfeldt, G. & Söchtig, W. 1991. Heavy Metal accumulation by *Baetis rhodani* and Macrobenthic Community Structure in Running Waters of the N'Harz Mountains (Lower Saxony/FRG). Entomol. Gener. 16 (1): 31-37.
- Resh, V.H. & Unzicker, J.D. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. J. Wat. Poll. Control. Fred. 47: 9-19.
- 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 forurensingsovervåking, 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.

VEDLEGG

	<i>side</i>
Vedlegg 3. Vannkjemiske analyser	
3.1 Stasjon G2, G3 og G4	40
3.2 Stasjon G5, G6, B1 og B2	41
Vedlegg 4. Begroing	
4.1 Begroingsorganismer i Gaula, samlet 13-14. august 1998	42
4.2 Prosentvis forekomst av kiselalger i Gaula 13-14. august 1998	45
Vedlegg 5. Bunndyr	
5.1 Gjennomsnittlig antall bunndyr i R-5 prøver (2 x R-1 prøve i 1998) fra Gaula i mai/juni 1987, juni/juli 1992, juni 1994 og juni 1998	46
5.2 Gjennomsnittlig antall bunndyr i R-5prøver (2 x R-1 prøve i 1998) fra Gaula i september 1986, 1991, 1994 og august 1998	47
5.3 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R-1 prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike lokaliteter i ulike år	48
5.4 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R-1 prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gaula, september 1991, 1994 og august 1998	50

Vedlegg 3. Vannkjemiske analyser i Gaula, 1998.

Vedlegg 3.1

Stasjon G2, Grønlivollen, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
602	3,2	1,7
630	5,8	1,2
730	0,9	1,1
830	9,9	1,4
929	7,7	1,9
1024	5,9	1,3

Stasjon G3, nedstr. Gruvbekken, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
602	5,5	24
630	3,9	11
730	7,7	31
830	12	77
929	7,6	50
1024	5,2	26

Stasjon G4, Reitan, 1998.

Dato	pH	Kond. mS/m	Turb. FTU	Sulfat mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
110	7,35	4,84	0,21	4,5	6,3	61
210	7,21	4,82	0,37	4,4	7,6	57
303	7,15	3,95	0,26	3,2	7,3	37
331	7,16	4,65	0,38	4,2	10,5	69
428	6,78	3,16	7,4	2,9	16,3	53
515	6,73	2,03	0,86	1,4	7,8	38
602	6,81	1,48	0,4	1,2	4,2	16
615	6,65	1,29	0,79	1,1	5,6	22
630	6,75	1,29	0,35	1,1	3,8	11
715	6,81	1,92	0,57	1,7	8	29
730	6,95	2,7	0,28	2,4	6,4	25
815	7,01	2,96	0,36	2,4	8,4	35
830	7,03	2,87	1,1	2,9	11	58
915	7,15	2,79	0,28	2,3	7	33
929	7,28	3,3	0,24	3,1	8,4	47
1015	7,21	3,15	0,34	2,5	8,9	46
1024	6,89	2,66	0,35	2,2	7,6	40
1115	7,27	4,22	0,14	3,5	6,7	39
1201	7,17	4,47	0,28		9,6	60
1216	7,3	4,61	0,2	4,3	8,7	52

Vedlegg 3.2

Stasjon G5, Ålen, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
110	4,4	40
210	5,1	35
303	5,7	24
331	7,2	44
428	13,1	40
515	6,9	18
602	5	14
615	4,6	13
630	4,5	11
715	8,3	23
730	5,9	15
815	7,9	24
830	8,7	30
915	6,6	29
929	7,2	38
1015	6,6	29
1024	6,7	34
1115	5,2	30
1201	6,6	41
1216	5,7	33

Stasjon G6, Eggafossen, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
110	4,4	26
210	3,5	23
303	5,7	24
331	7,4	27
428	12	31
515	5,3	16
602	3,8	10
615	3,9	11
630	3,5	8,3
715	6,4	14
730	4,7	10
815	5,7	14
830	5,6	19
915	4,7	17
929	4,7	19
1015	5,5	19
1024	6,1	22
1115	5	35
1201	5,6	24
1216	4,6	20

Stasjon B1, Skuru, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
110	25	104
210	33,5	120
303	27,2	115
331	33,7	125
428	37,9	75
515	9,9	26
602	9,7	27
615	13	36
630	6,8	22
715	22	58
730	13	40
815	17	51
830	23	61
915	19	52
929	16	53
1015	31	87
1024	21	64
1115	22	67
1201	30	128
1216	33	122

Stasjon B2, Rugla, 1998.

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
110	3,2	3
210	3,1	2,5
303	3,8	5
331	3,8	3
428	10,4	7,7
515	15	10
602	15	4,8
615	16	5,2
630	17	5,9
715	17	5,8
730	9	3
815	11	3,2
830	11	4,5
915	12	4,4
929	7,7	5,3
1015	5,4	4,2
1024	8,7	4,7
1115	4,5	4,3
1201	4	30
1216	3,3	3

Vedlegg 4.1 Begroingsorganismer i Gaula, samlet 13-14. august 1998

G1 = Oppst_ Storbk_ Kjøli

G2 = Storbekken_ Killingdal

G3 = Oppstr_ Grubbekken

G4 = Reitan

G5 = Ålen

G6 = Eggafossen nedstr_

G7 = Singsås

	G1		G2		G3		G4		G5		G6		G7	
	Dato	14.aug	14.aug	14.aug	14.aug	14.aug	14.aug	13.aug	13.aug	13.aug	13.aug	13.aug	13.aug	13.aug
Cyanobakterier (Cyanophyceae)														
Aphanocapsa spp.			*											
Calothrix gypsophila		**					**			**				
Calothrix spp.		**	*	*		+								*
Chamaesiphon confervicola								**	**	**				*
Chamaesiphon fuscus		1	**	***	**	**	15	5	5					*
Clastidium setigerum		**	**	**	**				**	**				**
Coleodesmium sagarmathae				**										+
Cyan 003 Uident trical 1.5u														**
Cyanophanon mirabile				**										*
Homoeothrix batrachospermorum											*			
Homoeothrix janthina							*	*	*	*				
Homoeothrix spp.						**								
Phormidium hetropolare			***	***	*									
Phormidium sp. (cf. autumnale)						1			**	**				
Rivularia biasoletiana		**	**											*
Schizothrix lacustris		**	*											
Scytonematopsis starmach			2	**			*	*	*	*				
Siphonema polonicum				*	*									
Stigonema mamillosum														1
Tolypothrix penicillata											+			*
Uidentifiserte coccale blågrønnalger						***	*							5
Uidentifiserte trichale blågrønnalger			3											***
Antall taksa - Cyanobakterier		6	9	8	8	5	9	12						
Grønnalger (Chlorophyceae)														
Bulbochaete spp.		***												**
Closterium spp.		*	*							*				
Cosmarium spp.		*	*							**				*
Microspora amoena							15	1	*	*				*
Microspora palustris														*
Microspora palustris var minor									**	**				
Mougeotia a (6-12u)		**	**	*			**	*	*	*				
Mougeotia e (30-40u)		*												*
Oedogonium a (5-11u)		***		*										**
Oedogonium b (13-18u)		**												**
Oedogonium c (23-28u)		3												+
Penium spp.				*										
Uidentifisert, Chaetophoraceae														*
Uidentifiserte coccale grønnalger						**								**
Ulothrix zonata		*								5	1			
Zygnema b (22-25u)		1	+	1	1	*	*	**	+	**	+			
Antall taksa - Grønnalger		10	4	4	2	3	7	12						
Gullalger (Chrysophyceae)														
Hydrurus foetidus			*											
Antall taksa - Gullalger		0	1	0	0	0	0	0						
Kiselalger (Bacillariophyceae)														
Achnanthes minutissima		***	**	**	**			**		**				*
Ceratoneis arcus		***	*						*	*				
Cymbella spp.		***												
Didymosphenia geminata		1												
Fragilaria spp.				*										
Gomphonema spp.		**							**	**				
Synedra ulna		*												
Tabellaria flocculosa		***	**	*	*			*	*	*	**			**
Uidentifiserte pennate		**	1						**	**				
Antall taksa - Kiselalger		8	4	3	2	0	5	2						

Tegnforlikering: Tallangivelse viser prosentvis dekning på lokaliteten av makroskopisk synlige begroingsorganismer.

Organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: *=observert, **=vanlig, ***=hyppig

Vedlegg 4.1 forts. Begroingsorganismer i Gaula samlet 13-14. august 1998

	G01	G2	G3	G4	G5	G6	G7
	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1998
Dato	14.aug	14.aug	14.aug	14.aug	13.aug	13.aug	13.aug
Rødalger (Rhodophyceae)							
Lemanea spp.						+	
Pseudochanthransia sp1 (8-10u)						*	
Antall taksa - Rødalger	0	0	0	0	0	2	0
Moser (Bryophyta)							
Blindia acuta	1	2	2	xx		1	2
Hygrohypnum ochraceum					30	7	
Scapania spp.					+		
Schistidium alpicola var rivulare							1
Uidentifisert levermose	**	**			*	**	
Antall taksa - Moser	1	1	1	0	2	1	2
Nedbrytere (Saprophyta)							
Bakterier, trådformede					xxx		
Ciliater, uidentifiserte		*			xx	*	
Flagellatter fargeløse					xx		
Jern/mangan bakterier, aggregater		***	***				
Antall taksa - Nedbrytere	0	2	1	0	3	1	0
Diverse (Diverse)							
Belegg, uorganisk			80				
Antall taksa - Diverse	0	0	1	0	0	0	0

Tegnforklaring: Tallangivelse viser prosentvis dekning på lokaliteten av makroskopisk synlige begroingsorganismer.

Organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: *=observert, **=vanlig, ***=hyppig

Vedlegg 4.2 Prosentvis forekomst av kiselalger i Gaula 13-14. august 1998.

Kiselalge - rubinkode	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Achn kry	2				1		
Achn lin	8	1		1	3	5	1
Achn min	49	69	27	73	45	41	37
Achnantz					1		
Anom bra						1	
Anom vit	3	21	59	9	15	15	15
Anom ser	1	1			1		
Cera arc	1			2	1		2
Cyclotelz		1					
Cymb aff	4					1	3
Cymb ces							2
Cymb del						1	
Cymb gra						1	3
Cymb ven			8	2	6		5
Cymbelz						3	
Diat ten			2	2	1		
Eucc fle						1	
Eucc lap							1
Euno pra	3						
Eunotiaz				2			
Frag aff	1	1					9
Frag int							
Frag rum	9			1	3	7	1
Frag uln				1			
Fr ul;da	1						
Frag vau				1	7		1
Fragilaz	12	2	4	1	2	13	4
Gomp acu						2	
Gomp ang		1		1	1		1
Gomp clav						1	
Gomp gra							1
Gomphonz						2	
Navi cry		2		2	6		2
Mavi rad						1	
Naviculz					1		4
Nitzschz				1	2		
Surrellz					2		
Stausonez							1
Tabe flo	4					5	7
Uide pen	2	1		1	2		1
	100	100	100	100	100	100	100

Vedlegg 5.1 Gjennomsnittlig antall bunndyr i R-5 prøver (2 x R-1 prøve i 1998) fra Gaula i mai/juni 1987, juni/juli 1992, juni 1994 og juni 1998

Stasjon	G1	G2	G2c	G3	G4	G4b	G4c	G5	G6
1987									
Nematoda	1								
Oligochaeta	8					2			
Ephemeroptera	66			1	9	113	17	143	319
Plecoptera	72	1		1	3	102	21	23	151
Elmidae						4		4	
Trichoptera	24					3	3	31	55
Diptera l. ind.	8					2		8	15
Simulidae					3	13	2	1	15
Ceratopogonidae								1	
Chironomidae	37	2		5	9	19		148	31
Tipulidae							1		1
Hydracarina						2	1	3	
SUM	216	3		7	24	260	45	362	587
1994									
Oligochaeta	6					1	1		
Ephemeroptera	196	17		3	29	67	222	13	70
Plecoptera	50	21		8	12	44	49	4	74
Trichoptera	28	3		1	3	12	9	2	9
Diptera l. indet					1			3	1
Simulidae	162	15		30	231	596	27	2	1
Ceratopogonidae									2
Chironomidae	28	11		3	9	19	12	2	16
Tipulidae	2				1	4	1		3
Lymnaeidae	2								
Hydracarina	1					1	2	1	18
SUM	473	67		45	286	744	323	27	194
1998									
Oligochaeta	8	2				10		2	2
Ephemeroptera	36	11	141	13	54	398	952	191	1024
Plecoptera	32	6	13	10	17	59	42	77	361
Larvae ind.			1						
Elimidae larvae								2	
Elmidae ad.								1	1
Trichoptera	3	1	1		2	5	1	8	18
Diptera larvae indet	4	1		1	1	2			3
Simulidae	3	1	31	4	20	7	12	1	87
Ceratopogonidae							1	2	1
Chironomidae	20	10	12	3	20	10	84	30	156
Tipulidae								1	
Hydracarina						4	3	32	45
SUM	106	32	199	31	114	495	1095	347	1698

Vedlegg 5.2 Gjennomsnittlig antall bunndyr i R-5prøver (2 x R-1 prøve i 1998) fra Gaula i september 1986, 1991, 1994 og august 1998

Stasjon	G1	G2	G2c	G3	G4	G4b	G4c	G5	G6
1986									
Oligochaeta	21								
Ephemeroptera	1238				5	965	723	3200	1989
Plecoptera	162				3	41	29	136	118
Elmidae						1			
Trichoptera	32					16	23	41	10
Diptera l. indet.	1								
Simuliidae						1			
Ceratopogonidae								1	
Chironomidae	65			1	1	15	12	18	24
Tipulidae	16					1	1	8	1
Hydracarina	8					4	8	26	4
SUM	1543			1	9	1044	796	3430	2146
1994									
Oligochaeta	2				1				
Ephemeroptera	1364	478		262	663	891	950	3486	2480
Plecoptera	115	55		85	28	71	50	242	220
Trichoptera	36	5		6	23	15	41	50	13
Diptera l. indet	5								
Simuliidae					7		1	7	
Ceratopogonidae							1		1
Chironomidae	20	31		11	3	9	12	223	332
Tipulidae	11	1			1			7	1
Hydracarina				2	3	1	5	10	92
Elminidae l.+ad.		3		1		4	3		
SUM	1553	573		367	729	992	1062	4025	3139
1998									
Oligochaeta	7	1		2		1		2	5
Ephemeroptera	266	20	132	91	165	122	148	453	609
Plecoptera	55	27	13	30	29	22	14	103	116
Larvae ind.									1
Elmidae larvae								2	2
Elmidae ad.			1			3		5	3
Trichoptera	10	2	14	8	13	10	5	50	22
Diptera larvae indet	2	1		1		1		5	4
Simuliidae	48	1	11	18	1	22	2	16	9
Ceratopogonidae					1	3	1	16	1
Chironomidae	30	1	9	3	10	12	7	80	90
Hydracarina			6	2	1	8	9	40	210
SUM	418	53	186	155	220	204	186	772	1072

Vedlegg 5.3 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R-1 prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike lokaliteter i ulike år.

Art/familie/slekt	St. 1			St. 2			St. 2c -98	St. 3			St. 4		
	-92	-94	-98	-92	-94	-98		-92	-94	-98	-92	-94	-98
Ephemeroptera (døgnfluer)													
Ameletus inopinatus	22	42	7	34	3	1	3	10	3	4	1	1	
Siphonurus sp.					1								
Baetis sp.			3			2							
Baetis rhodani	186	133	6	8	11	8	136	28		7	483	29	53
Baetis lapponicus	1												
Baetis muticus/niger	3	10	3								2		
Heptagenia dalecarlica	53	10	17				2						
Ephemerella aurivillii	2	1		7									
Plecoptera (steinfluer)													
Diura nanseni	2	1	1	1				2		3	1	1	2
Isoperla sp.			6			2				1			
Isoperla grammatica	12	1	2	1				2			3		
Siphonoperla burmeisteri	1	3	1		2								
Brachyptera risi	3	1			1								
Amphinemura sp.							2	3	1	1	10	4	9
Amphinemura borealis	37	20	2	37	1	3	6	38	1	4	10	4	4
Amphinemura sulcicollis	25			33					2		2		
Amphinemura standfussi/sulcicollis			8				4						
Nemoura sp.				1				1					
Nemoura cinerea				11									1
Nemurella picteti			1				1						1
Protonemura meyeri	1			1									
Leuctra sp.			1										
Leuctra digitata	8	13		2	6			13					
Leuctra digitata/fusca			4										
Leuctra hippopus			6			1							
Leuctra nigra					1								
Trichoptera (vårfluer)													
Rhyacophila nublia	17	28	2								5	3	2
Plectrocnemia conspersa	1			6	2	1	1	1					
Polycentropus flavomaculata	1		1										
Arctopsyche ladogensis									1				
Limnephilidae					1								
Annitella sp.				5									

Forts. 5.3 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R1-prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gaula, juni 1992, 1994 og 1998

Art/familie/slekt	St. 4b			St. 4c			St. 5			St. 6		
	-92	-94	-98	-92	-94	-98	-92	-94	-98	-92	-94	-98
Ephemeroptera (døgnfluer)												
Ameletus inopinatus	1	5	6	2	4	4	7	21		2	11	
Parameletus chelifer/minor								1				
Siphonurus sp.										1		
Baetis rhodani	411	62	390	210	210	946	936	4	150	716	8	951
Baetis muticus												6
Baetis muticus/niger										4	1	11
Heptagenia dalecarlica										23	3	16
Leptophlebiidae												1
Ephemerella aurivillii			2	1	8	2	2	19		1	55	20
Ephemerella mucronata												8
Plecoptera (steinfluer)												
Perlodidae												
Diura nanseni	13	1	2	1		1	6		1	8	5	
Isoperla sp.	1		1						1			3
Isoperla grammatica					1						3	2
Isoperla obscura		8					1	2		3	4	
Siphonoperla burmeisteri								1			1	1
Brachyptera risi	6	3	8			2	11		3			3
Amphinemura sp.	31		2	7			41	1		38		3
Amphinemura borealis	60	31	44	21	47	38	68		69	63	59	285
Amphinemura sulcicollis				1			1				1	47
Amphinemura standfussi/sulcicollis						1			1			
Nemoura sp.										1		
Nemurella picteti									1			
Protonemura meyeri					1		1			17	1	4
Leuctra sp.			2						1	2	1	6
Leuctra digitata	12	1										
Trichoptera (vårfluer)												
Rhyacophila nublina	41	6	1	8	8		19	1	5	19	6	10
Polycentropodidae												
Plectrocnemia conspersa		2		1			3			1		
Polycentropus flavomaculatus									1			2
Hydropsychidae												
Lepidostoma hirtum												1
Apatania stigmatella		2									3	
Limnephilidae												
Apatania			3			1		1				2
Hydroptilidae												
Halesus sp.		1										
Potamophylax cingulatus									1			
Sericostoma personatum	1	1										

Vedlegg 5.4 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R-1 prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gaula, september 1991, 1994 og august 1998

Art/familie/slekt	St. 1			St. 2			St. 2c	St. 3			St. 4		
	-91	-94	-98	-91	-94	-98	-98	-91	-94	-98	-91	-94	-98
Ephemeroptera (døgnfluer)													
Ameletus inopinatus		46				2			21				
Siphonuridae	1			1							1		
Baetis sp.			26			3	11			14			17
Baetis rhodani	295	1248		89	476	8	14	27	240	3	58	660	15
Baetis lapponicus			1			1	1			4			
Baetis fuscatus/scambus			65			3	38			32		3	88
Baetis muticus		11	12		1		1			1			
Baetis niger			1										
Baetis muticus/niger			14										
Baetis subalpinus/vernus			123			3	58			34			45
Heptagenia dalecarlica	144	42	8		1	1			1	1			
Ephemerella sp.			5				1						
Ephemerella aurivillii	21	17	11				8			2			
Plecoptera (steinfluer)													
Arcynopteryx compacta											1		
Diura nanseni	63	76	48		22	27	13	4	28	21	11	17	27
Isoperla sp.	18	22		1	20			3	34			6	
Isoperla obscura			1										
Taeniopteryx nebulosa		2			12			4	15	3		1	1
Amphinemura sp.	31	3											
Amphinemura borealis											1		
Amphinemura standfussi/sulcicollis										2			
Protonemura meyeri	6		1										
Capnia sp.		5							5		7	2	
Leuctra sp.	2	7	4		1			1	2	2			
Leuctra digitata	1												
Leuctra fusca									1			1	1
Leuctra nigra												1	
Trichoptera (vårfluer)													
Rhyacophila nublia	32	33	7		2	2	12		3	6	2	21	12
Ecnomus tenellus										1			
Polycentropodidae			2										1
Plectrocnemia conspersa	8	1			2		1						
Polycentropus flavomaculatus	4	2	2		1							1	
Arctopsyche ladogensis				1				1	3	1			
Limnephilidae	1										1	1	
Chaetopterygini								1					

Forts. 5.4 Artssammensetning (antall pr. R-5 prøve, 2 x R-1 prøve i 1998) av døgnfluer, steinfluer og vårfluer på ulike stasjoner i øvre Gaula, september 1991, 1994 og august 1998

Art/familie/slekt	St. 4b			St. 4c			St. 5			St. 6		
	-91	-94	-98	-91	-94	-98	-91	-94	-98	-91	-94	-98
Ephemeroptera (døgnfluer)												
Ameletus inopinatus		51						4			40	
Siphonuridae				1			2			15		
Baetis sp.			12			6			55			145
Baetis rhodani	95	837		64	943		243	3100	10	215	2090	123
Baetis lapponicus			1						1			
Baetis fuscatus/scambus		1	43			105	3		24	14		147
Baetis muticus				1				7			97	7
Baetis muticus/niger												
Baetis subalpinus/vernus			60			15			135			4
Heptagenia sp.										2		
Heptagenia dalearlica		1	1		1			20		13	150	19
Heptagenia joernensis												1
Leptophlebiidae										2		
Ephemerella sp.			3			11			125			41
Ephemerella aurivillii		1	2		5	10	3	113	107	39	203	131
Plecoptera (steinfluer)												
Diura nanseni	80	51	17	33	40	3	31	190	63	15	30	29
Isoperla sp.	1	5		1	2		2	10		1	10	
Siphonoperla burmeisteri										1		
Taeniopteryx nebulosa	2	3		2	2	5	7	3	2	13	47	11
Amphinemura sp.	1			1	1		7	23		30	123	
Nemoura sp.							1			5		
Protonemura meyeri	1						7		8	2		
Capniidae												1
Capnia sp.	19	10		28			28	13		69		
Leuctra sp.		2			4			3	3	6	7	1
Leuctra digitata												2
Leuctra fusca			5			6	8		27	7	3	71
Leucta nigra					1							
Trichoptera (vårfluer)												
Rhyacophila nublia	6	6	6	3	8	4	10	38	49		2	1
Glossosoma sp.										1		9
Hydroptila sp.												1
Plectrocnemia conspersa		1								4		
Polycentropus flavomaculatus	2	8	3		33	1	3	9		4	7	
Arctopsyche ladogensis										9	3	1
Lepidostoma hirtum										1		4
Apatania zonella										1	1	
Limnephilidae			1	3				3		10		
Apatania												3
Stenophilacini	1									2		
Mystacides azurea										1		