

NIVA



RAPPORT LNR 3938-98

Kartlegging av
forurensningstilstanden i
Meråker gruvefelt



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 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

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel KARTLEGGING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I MERÅKER GRUVEFELT	Løpenr. (for bestilling) 3938-98	Dato 15.12.98
	Prosjektnr. Undernr. O-97128	Sider 73
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune Hylland, Ketil Arnesen, Rolf Tore Källqvist, Sven Torsten Aanes, Karl Jan	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Nord-Trøndelag Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 1999

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn	Oppdragsreferanse 95/3126-74 GrB 404.1
-------------------------------------------------	----------------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Avrenning fra kisgruvne i Meråkerfeltet påvirker fortsatt vannkvaliteten i vassdragene i nedbørfeltet selv 100 år etter at gruvedriften opphørte. Største forurensningskilde i området er Lillefjell gruve som bidrar med ca. 80 % av kobbertilførslene til Stjørdalselva som er ca. 3 tonn på årsbasis. Gilsåa og Dalåa er mest belastet med tungmetaller, men vassdragsreguleringen som er foretatt, kan ha bidratt til en forverret vannkvalitet i Torsbjørka nedenfor inntaket til kraftverket. Undersøkelser av bunnfaunaen viser klare påvirkninger i Dalåa, mens det var en naturlig bunnfauna i nedre del av Torsbjørka og i Stjørdalelva. Burforsøk med ørret viste en høy dødelighet i Gilsåa/Dalåa. Det ble også påvist at ørreten i Torsbjørka var metallbelastet.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruver 2. Drensvann 3. Tungmetaller 4. Hydrobiologi 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite mining 2. Acid Rock Drainage 3. Heavy metals 4. Hydrobiology
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Eigil Rune Iversen
Eigil Rune Iversen
Prosjektleder

ISBN 82-577-3529-9

Bente M. Wathne
Bente M. Wathne
Forskningsjef

O-97128

Kartlegging av forurensningstilstanden

i

Meråker gruvefelt

Forord

Norsk institutt for vannforskning har i en årrekke foretatt undersøkelser av fysisk/kjemiske og biologiske effekter av avrenning fra områder der det har vært drevet gruvedrift etter kisminerale. Forurensningssituasjonen ved kisgruvene i Meråkerfeltet har tidligere ikke vært fullstendig kartlagt. Da tungmetallavrenningen er betydelig også sett i nasjonal sammenheng, tok Statens forurensningstilsyn initiativet til et prosjekt der NIVA ble gitt i oppdrag å foreta en kartlegging av forurensningskilder og vannkvalitet på vassdragsstrekningene fra gruveområdene ned til innblanding av alle tilførsler i Stjørdalselva nedenfor Meråker, samt den betydning avrenningen har for fisk, bunndyr og vegetasjon på vassdragsstrekningen. Oppdraget ble bestilt i brev av 12. juni 1997.

Feltundersøkelsene ble gjennomført i perioden juli 1997 til september 1998. Eigil Rune Iversen og Rolf Tore Arnesen har hatt ansvaret for de fysisk/kjemiske undersøkelsene, mens Ketil Hylland har hatt ansvaret for de biologiske undersøkelsene. Bunndyrunderøkelsene er utført av Karl Jan Aanes.

Sigbjørn Andersen hadde ansvaret for utsetting og innhenting av fisk. Dette arbeidet ble utført i samarbeid med Jo Vegar Arnekleiv, Zoologisk Museum, Trondheim. En takk rettes til Pål Olsvik, NTNU, for innsamling av villfisk. Harry Efraimsen og Åse Bakketun dissekerte villfisk og homogeniserte vev.

Vi vil også takke Arnt Bjøru ved NVE, Trondheim for arbeidet med å beregne vannføringer i vassdragene.

Likeledes takkes Meråker kommune og miljøvernleder Stein Funderud for samarbeidet og for innsatsen med å foreta den rutinemessige innsamling av vannprøver og for alle opplysninger om lokale forhold.

Vi vil til slutt takke SFT for et interessant prosjekt som har gitt oss nye erfaringer i forbindelse med det videre arbeid med vannforurensninger fra gruveområder. Vi takker spesielt rådgiver Grethe Braastad for hennes faglige engasjement i dette arbeidet.

Oslo, 15. desember 1998

Eigil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	7
Summary	9
1. Bakgrunn	10
1.1 Innledning	10
1.2 Gruvedrift og smeltehytter	11
1.3 Tidligere undersøkelser	14
2. Undersøkellesprogram og metoder	16
2.1 Hydrologi	16
2.2 Kjemiske undersøkelser	16
2.3 Biologiske undersøkelser	17
2.3.1 Lokalitetsbeskrivelse (fisk og bunndyr)	17
2.3.2 Vegetasjonsundersøkelser	18
2.3.3 Bunndyr	19
2.3.4 Fisk	19
3. Fysisk/kjemiske forhold	20
3.1 Hydrologi	20
3.2 Forurensningskilder og vannkvalitet	26
3.2.1 Gammelgruva	26
3.2.2 Gilså gruve	28
3.2.3 Dronningens gruve	30
3.2.4 Lillefjell gruve	32
3.2.5 Kongens gruve	35
3.2.6 Torsbjørka gruve	37
3.2.7 Mannfjellet gruve	39
3.2.8 Fonnfjellet gruve	41
3.2.9 Langsund gruve	42
3.2.10 Klukuken blyglansgruver	42
3.2.11 Andre mindre gruver	43
3.2.12 Smeltehytter og oppredningsverk	43
3.2.13 Vannkvalitet i Gilsåa ved Stordalsvollen (St.1)	45
3.2.14 Vannkvalitet i Torsbjørka ved Tronset (St.2)	47
3.2.15 Vannkvalitet i Stjørdalselva ved bru ved Flåan (St.3)	49
4. Forurensningstransport	52
5. Biologiske effekter	55
5.1 Innledning	55
5.2 Brukerinteresser i Stjørdalsvassdraget	56
5.3 Metalltoleranse i perifyton	57
5.4 Effekter på bunndyr	61
5.5 Effekter på fisk	62

6. Samlet vurdering	64
7. Referanser	66
Vedlegg A. Forklaring til analyseprogram	68
Vedlegg B. Meteorologiske data	70

Sammendrag

Gravedriften i Meråkerfeltet har vært drevet av selskapene Selbu kobberværk (1713-1895) og Meraker Gruber (1906-1920). Selbu kobberværk drev gravene som kobbergruver og fremstilte kobber i egne smeltehytter. Meraker Gruber produserte kiskonsentrat for eksport ved kisvaskeriet i Meråker. Gravene til Selbu kobberværk er spredt over et stort geografisk område og er lokalisert i 4 av dagens kommuner : Holtålen, Tydal, Selbu og Meråker. Avrenningen fra disse gruveområdene berører 3 vassdrag : Gaula, Tya/Nea og Stjørdalselva. Aktiviteten har vært størst i Stjørdalselvas nedbørfelt, Meråkerfeltet, og i denne undersøkelsen er det lagt mest vekt på å kartlegge forurensningstilstanden her. Det er imidlertid referert til undersøkelser foretatt ved gravene i de andre nedbørfeltene.

Avrenningen fra gruveområdene i Meråkerfeltet påvirker vannkvaliteten i vassdragene Torsbjørka og Gilsåa-Dalåa i betydelig grad. Det kan også påvises forhøyede tungmetallkonsentrasjoner i Stjørdalselva nedenfor Meråker i forhold til naturlig bakgrunnsnivå. Det produseres surt tungmetallholdig sigevann ved samtlige gruveområder i feltet, men de største forurensningsproblemene kan påvises i Gilsåa-Dalåa som mottar avrenning fra Lillefjell gruve. Beregninger av tungmetalltransporten fra gruveområdene viser at ca. 80 % av kobbertilførslene og 70 % av sinktilførslene til Stjørdalselva kommer fra Lillefjell gruve. Det er avrenning fra bergveltene som er største forurensningskilde ved Lillefjell gruve. På årsbasis blir Stjørdalselva tilført ialt ca. 3 tonn kobber og 7 tonn sink fra gruveområdene. Det er foretatt beregninger av tungmetalltransporten ved de viktigste kildene og i Stjørdalselva :

Gruveområde	Kobber Tonn/år	Sink Tonn/år
Kongens	0,1	0,6
Torsbjørka	0,2	0,5
Mannfjellet	0,2	1,1
Lillefjell gruve	2,1	4,5
Sum alle gruver	2,6	6,7
Stjørdalselva ved Flåan	3,4	8,0
Naturlig bakgrunn i Stjørdalselva	0,7	1,0

Begroing i både gruvepåvirkede og ikke-påvirkede deler av vassdragene hadde generelt høy toleranse for metallbelastning. Det er imidlertid usikkert om dette skyldes høye konsentrasjoner av metaller i miljøet eller om det var andre årsaker til dette resultatet.

Bunndyrsamfunnene var rikt og variert sammensatt i øvre deler av Stjørdalselva (Tevla). Sidevassdraget Gilsåa var sterkt påvirket av forurensningen fra den tidligere gruve- og smelteaktiviteten i øvre og midtre deler av dette nedbørfeltet. I Torsbjørka ble det ikke påvist større forurensningseffekter i øvre deler av vassdraget. Forholdene nederst i dette sidevassdraget ser ut til å være noe påvirket av jordbruksaktiviteten oppstrøms prøvetakingsstasjonen. Samlet viste undersøkelsene av forholdene på stasjonen ved Flåan i Stjørdalselva, som integrerer forholdene oppstrøms, at disse tilførslene ikke i noen større grad har påvirket bunndyrsamfunnet på denne stasjonen og derved vannkvaliteten i perioden før prøvetakingen fant sted.

Avrenning fra gruveområdene påvirket overlevelse hos ørret holdt i bur i Gilsåa og Torsbjørka. Det var også noe dødelighet for ørret holdt i bur i Stjørdalselva nedenfor avrenning fra Dalåa/Gilsåa og Torsbjørka. Kobberinnholdet i blandprøver av gjeller til overlevende fisk var høyt i fisk holdt ved Stordalsvollen (Gilsåa) og det er sannsynlig at metallavrenning var årsak til dødelighet i Gilsåa. Ørret

holdt i Torsbjørka akkumulerte noe kadmium, men lite kobber. Mengden av kadmium som ble akkumulert er langt under det som vil kunne føre til nivåer som gjør at fisk fra de angitte områdene ikke bør benyttes til menneskeføde.

Ungfisk av ørret som ble innsamlet i Torsbjørka hadde mye høyere nivåer av det metallbindende proteinet metallothionin i gjeller og lever enn ørret innsamlet i Tevla. Dette viser at ørret i Torsbjørka er klart påvirket av metallbelastningen. Konsentrasjonene av kobber i Torsbjørka (1,4-14,9 µg/l) faller stort sett inn i tilstandsklasse III, "nokså dårlig", i det opprinnelige klassifikasjonssystemet (Holtan & Rosland, 1992), mens konsentrasjonene av kadmium i elva (0,01-0,1 µg/l) faller inn i tilstandsklasse II, "mindre god".

Summary

Title: Water Pollution in the Meråker mine field

Year: 1998

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3529-9

The Meraker mining field is situated in the central part of Norway in the county of Sør-Trøndelag. The most important mine sites are all located in the municipality of Meråker. Mining in this field started in 1713 when the the company Selbu Copper Works was established. The company was operating in the period from 1713 to 1895. Copper was produced at four smelters. The total ore production in the period was 470.000 tonnes and the copper production about 7400 tonnes. All the mines are underground mines. As well mines as mine waste are acid generating. Acid drainage from dumps is the main problem in the area. The most polluting mine site is Lillefjell mines. At this site about 2,5 tonnes of copper is released annually from the approximately 30.000 m³ of waste rock. The drainage from Lillefjell mine affects the water quality in the stream Gilsåa heavily. In the main river system Stjørdalselva below the tributary streams draining the mine sites, the copper and zinc concentrations are significantly above natural background levels. In this investigation maximum levels of copper and zinc at 6,8 µg Cu/l and 16,5 µg Zn/l were found. The total annual load on the main river Stjørdalselva is about 3 tonnes of copper and 7 tonnes of zinc.

The metal-sensitivity of periphyton established on artificial substrate did not differ between areas affected by mine drainage and non-impacted areas.

The composition and species numbers of benthic invertebrates in areas not directly influenced by mine drainage were similar to that found elsewhere. In one of the drainage-affected tributaries, Gilsåa, there were obvious reductions in species numbers and diversity, whereas such effects were not apparent in the other tributary, Torsbjørka. There were no obvious effects on benthic species in Stjørdalselva downstream the entire mine-affected area.

The survival of caged brown trout decreased in drainage-affected areas. The result from analysis of pooled samples suggest accumulation of copper in the gills of trout held in Gilsåa, whereas cadmium levels appeared elevated in the gills of trout held in Torsbjørka. There were no effects on trout held in Stjørdalselva. Juvenile brown trout from the lower part of Torsbjørka had clearly increased levels of the metal-binding protein metallothionein in both gills and, especially, liver compared to trout from Tevla, upstream mining activities.

1. Bakgrunn

1.1 Innledning

Gruvedrift etter kisminerale i Meråkerfeltet startet på begynnelsen av 1700- tallet, noe som var forholdsvis tidlig sett etter norsk målestokk. På den tiden var det i første rekke kobber som var av interesse. Aktiviteten var betydelig etter den tids målestokk og pågikk i et stort geografisk område i ca. 200 år fram til begynnelsen av dette århundre.

Norsk institutt for vannforskning har ved flere anledninger tidligere foretatt befaringer til enkelte gruver i feltet og påvist at avrenning fra flere av områdene påvirker vassdragene i betydelig grad. I de seneste år er deteksjonsgrensene for bestemmelse av tungmetaller blitt senket betydelig samtidig som også analysekvaliteten er forbedret vesentlig. Dette har gjort det mulig å påvise avvik fra forventede bakgrunnsnivåer med god utsagnskraft. Ved en befaring til området høsten 1996 med prøvetaking i hovedvassdragene, ble det påvist en forholdsvis høy kobberkonsentrasjon i en stikkprøve tatt i Stjørdalselva nedenfor Meråker. I et møte hos Bergvesenet den 12.03.97 sammen med Statens forurensningstilsyn ble NIVA anmodet om å lage et programforslag for en mer omfattende biologisk og kjemisk undersøkelse av vannkvaliteten i Meråkerfeltet. I programforslaget som ble utarbeidet den 20.05.97, ble følgende målsettinger for undersøkelsene skissert :

- Gi en kortfattet historisk oversikt over gruveaktiviteten i feltet
- Beskrive forurensningskildene
- Beskrive dreneringsretninger og avrenningsmengder
- Beskrive fysisk/kjemisk vannkvalitet i berørte vassdrag og nærmeste del av Stjørdalselva
- Vurdere biologiske forhold v.h.a. feltundersøkelser i nedbørfeltet
- Beregne tungmetalltransport i Dalåa, Torsbjørka og i Stjørdalselva ut fra ett års feltundersøkelser

Feltundersøkelsene har pågått i tiden juli 1997 til september 1998.

Prosjektet har hatt som målsetting i første rekke å vurdere forurensningstilstanden i Meråker gruvefelt, d.v.s. den delen av feltet som drenerer til Stjørdalselva. Virksomheten i feltet startet med etableringen av Selbo Kobberværk. Som navnet indikerer, startet virksomheten i et annet nedbørfelt, i Selbu-Tydalsområdet og Neavassdraget. Kobberverket har således hatt aktiviteter i fire av dagens kommuner: Holtålen, Tydal, Selbu og Meråker. Utviklingen i malmsituasjonen med derav følgende transportkostnader gjorde at virksomheten etterhvert flyttet til Meråker der også virksomheten har vært størst. For oversiktens skyld er samtlige gruver under Selbo Kobberværk omtalt. Det er også foretatt en befaring til Gammelgruva i Selbu, som er den gruva hvor virksomheten startet. Det imidlertid referert til de undersøkelser som NIVA har utført tidligere ved gruvene i øvre Gaula og Tydalsområdet.

I det følgende gis en beskrivelse av de feltundersøkelser som har pågått i tiden juli 1997 til september 1998 i Meråkerfeltet.

1.2 Gruvedrift og smeltehytter

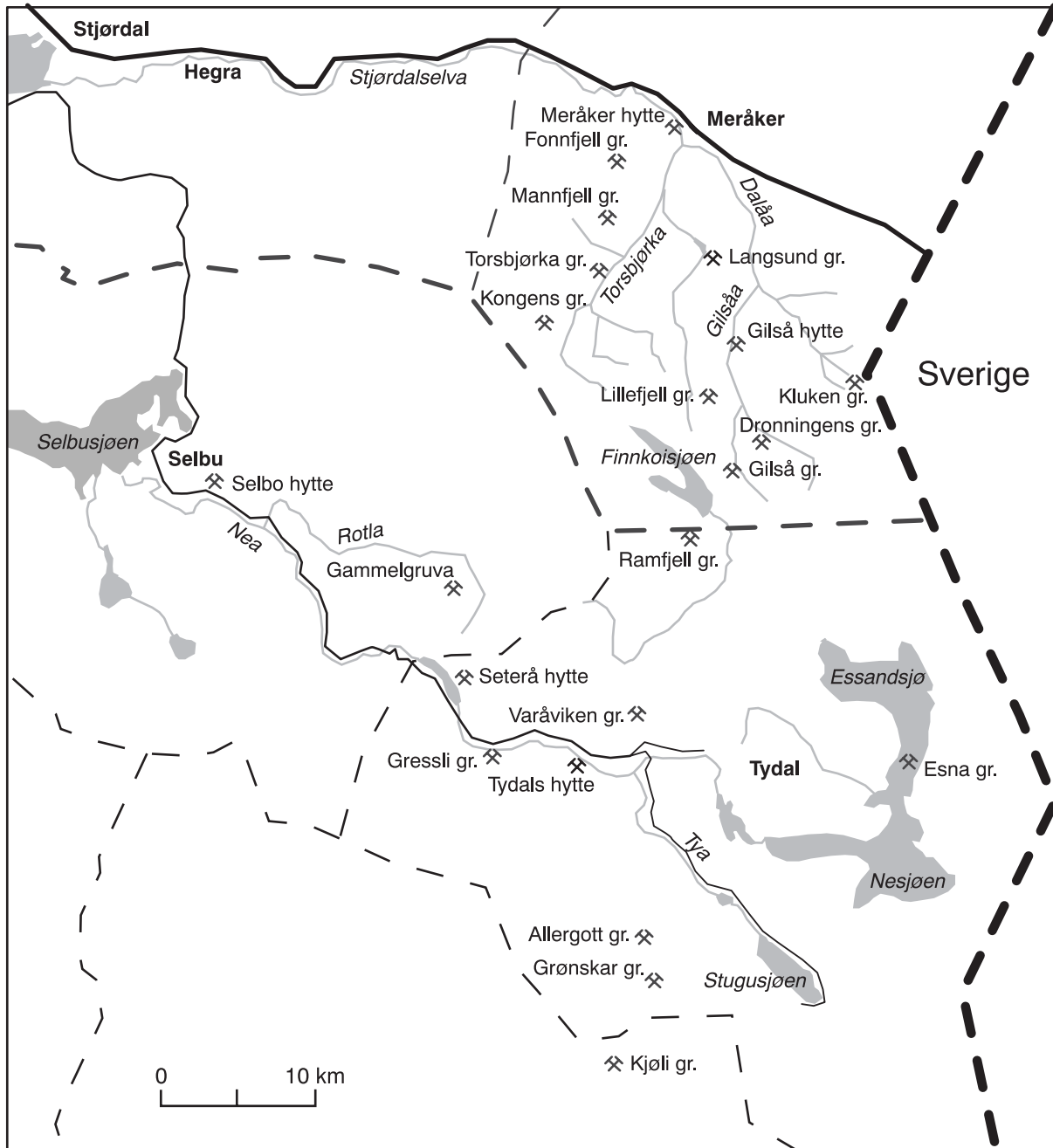
Gruvedriften i Selbu-Meråkerfeltet startet med etableringen av Selbo Kobberverk som mutet forekomstene ved Høiås gruve den 26. januar 1713. Driften ble påbegynt samme år. Smelting av malm kom først igang i 1717. Ingeniør P.O. Rolseth (1945) har gitt en historisk oversikt over verkets drift. De eldste gruvene er også behandlet av Aasgaard (1927) som gir en vurdering av gruvedrift og geologiske forhold i kistraget øvre Gauldal–Tydal. Gruvne som ble drevet av Selbo Kobberverk er spredt over et stort område. Avstanden fra den sørligste gruva, Kjøli til Meråker smeltehytte lengst i nord er omtrent 60 km. De fleste gruvne drenerer mot Stjørdalselva, men noen av de eldste gruvne drenerer også mot Nea og Gaula.

I den første tiden foregikk smelting av malmen fra Høiås gruve, eller Gammelgruva som den kalles idag, ved Ulriksdals kobberverks hytte i Klæbu som lå ved Hyttefossen. Den nye hytta som ble bygget ved Mølnåen i Selbu kom i drift i 1717. Verket gikk dårlig og etter store tap ble det nedlagt i 1726. Etter en periode hvor gruvedriften ble fortsatt av bøndene i Selbu, ble verket kjøpt av rådmann Hans Hornemann som fortsatte driften og var verksherre fram til sin død i 1764. Driften ble ordnet som partisipantskap, en ordning som varte til slutten av 1880-årene da verket endret navn idet det ble underlagt Meraker Brug som ble dannet på grunnlag av de store eiendommene til det gamle kobberverket. Under Hornemanns ledelse gikk verket fortsatt med tap. Noe bedre gikk det etter at driften i Kongens og Dronningens gruve i Meråker ble startet i 1746. I tillegg ble det drevet på en del andre gruver i Tydalsområdet som Kjøli, Grønskargruvne (Flo, Kjører, Grønskar, Allergott) og Gresli. Det ble bygget en smeltehytte til ved Kistefoss i Tydal. Her ble det smeltet malm fra sistnevnte gruver. Overskudd ved verket ble det først etter at forekomstene ved Lillefjell gruve ble oppdaget og satt i drift i 1760. Lillefjell gruve, som ble drevet på en meget rik kobberforekomst, ble verkets hovedgruve fram til den endelige nedleggelsen i 1895. Foruten fattig malm ved gruvne i Selbu og Tydal bidro lange transportveier også til dårlige økonomiske resultater. Det gikk bedre etter at virksomheten etterhvert ble flyttet til Meråker og nye smeltehytter ble bygget ved Gilså og Meråker (Nustadfoss). Selbo Kobberverks gruve- og hyttedrift på Tydalssiden ble endelig avviklet i 1835.

Etterhvert som driften ved den rike Lillefjell gruve kom godt igang, ble de mer fattige Kongens og Dronningens gruver forlatt i 1790-årene. Prisfallet på kobber på verdensmarkedet etter at de store amerikanske kobbergruver kom i drift utover i 1880-årene førte til at kobberverket ble nedlagt i 1895.

Meråker Brug solgte gruvne til aksjeselskapet Meraker Gruber i 1906. Dette selskapet som hadde en tysk hovedinteressent (Metallgesellschaft AG, Frankfurt a.M.), hadde sete i Kristiania og ble drevet derfra. Meraker Gruber startet ny drift ved Lillefjell, Mannfjell og Fonnfjell gruver. Produksjonen var størst ved Mannfjell gruve. Driften pågikk fram til nedleggelsen i 1920. I den siste driftsperioden ble det produsert kiskonsentrat ved kiskvaskeriet som var anlagt ved Tømmerås i Meråker. Transport av malm fra gruvne til oppredningsverket foregikk med taubaner. Det var også taubane fra oppredningsverket fram til Meråker stasjon. Utskipning foregikk ved kaianleggene i Hommelvika ved Trondheimsfjorden (*Helland*, 1909).

I tabell 1 er gjort en sammenstilling av historiske og geografiske data for gruver og hytter som har vært i drift under Selbo Kobberverk, Meraker Gruber og ved Tydals verk som drev flere av de samme gruvne i Tydal etter at de var forlatt av Selbo Kobberverk. I tabellen er også angitt hvilket vassdrag gruvne drenerer til. Tydals verk var i drift i perioden 1835 til omkring 1890. Det må også nevnes at noen av gruvne i Tydal også har vært drevet av Røros Kobberverk og av Kjøli Gruber, samt av en del andre interessenter. De viktigste gruver og smeltehytter er markert på figur 1 som fremstiller en kartskisse over Selbo Kobberverks gruvefelt i Tydal og Meråker. I tabell 2 er gjort en sammenstilling av produksjonen ved de viktigste gruver og ved hyttene. Driftsperioden til Selbo Kobberverk varte i ca. 180 år. Tar man med den siste driftsperioden under Meraker Gruber, pågikk gruvedriften i feltet i ca. 200 år.



Figur 1. Kartskisse over Selbo Kobberværks gruver og hytter i Tydal og Meråker.

Tabell 1. Oversikt over gruver og smeltehytter under Selbo Kobberværk og Tydals verk.

Gruve/Hytte	Kommune	Kartblad	Rute	Vassdrag	Aktivitet
Gammelgruva	Selbu	1721 III Tydal	32 VPR 2204	Rotla/Nea	1713-26 1734-60 1826-35,1895 1905-06 (Kjøli)
Grønskar	Tydal	1720 IV Ålen	32 VPQ 3678-79	Grøna/ Tya/Nea	1741-72 1800-08 1811-24,1905
Gresli	Tydal	1721 III Tydal	32 VPQ 2493	Nea	1792-96 1826-35 1857-68
Allergott	Tydal	1720 IV Ålen	32 VPQ 3482	Grøna/ Tya/Nea	1818-28 1905-06 (Kjøli)
Våråviken	Tydal	1721 III Tydal	32 VPQ 3497	Løddølja/ Nea	1799 og 1822
Ramfjell	Tydal	1721 III Tydal	32 VPR 3708	Løddølja Nea	1836-41
Esna	Tydal	1721 II Essandsjøen	32 VPQ5192	Essand- sjøen-Nea	1851-68 1890-97
Kjøli	Holtålen	1720 IV Ålen	32 VPQ3373	Storbk./ Gaula	1766-98*
Gilså	Meråker	1721 II Essandsjøen	32 VPR 3912	Gilsåa og Løddølja-Nea	1771-1811 1906-07
Kongens	Meråker	1721 IV Flornes	32 VPR 27- 2821	Tverrelva/ Torsbjørka	1747-93
Dronningens	Meråker	1721 II Essandsjøen	32 VPR 4213	Hårråa/Gilså a/Dalåa	1747-91
Lillefjell	Meråker	1721 I Meråker	32 VPR 3816	Gilsåa/ Dalåa	1760-1920
Mannfjell	Meråker	1721 IV Flornes	32 VPR 3229	Mannlibk./ Torsbjørka	1904-20
Fonnfjell	Meråker	1721 IV Flornes	32 VPR 3333-34	Vollbekken/ Stjørdalselva	1820 1905-20
Torsbjørka	Meråker	1721 IV Flornes	32 VPR 3126	Gruvbekken/ Torsbjørka	1837-70
Kluken	Meråker	1721 I Meråker	32 VPR 48- 4917	Til Sverige	Før 1875
Langsund	Meråker	1721 I Meråker	32 VPR 3827	Fossv./Vatn- bk/Torsbj.	Før 1895?
Meråker hytte	Meråker	1721 I Meråker	32 VPR 3634	Stjørdalselva	1828-1895
Gilså hytte	Meråker	1721 I Meråker	32 VPR 4020-21	Gilsåa/ Dalelva	1771-1826 1840-1879
Selbo hytte	Selbu	1621 II Selbu	32VPR 0709	Nea	1718-1799
Seterå hytte**	Tydal	1721 III Tydal	32VPQ 2397	Nea	1835-1888
Tydals hytte	Tydal	1721 III Tydal	32 VPQ 093	Nea	1779-1801

* Driftstid under Selbo Kobberværk

** Drevet av Tydals verk

Tabell 2. Samlet produksjon ved de viktigste gruver og ved hyttene til Selbo Kobberværk samt ved Meraker Gruber og Tydals verk.

Gruve/hytte	Råmalm- produksjon tonn	Smeltet malm tonn	Produksjon av garkobber tonn
Gammelgruva	12.000		
Grønscarfeltet	15.000		
Kjøli	6.000		
Kongens	4.200		
Dronningens	2.200		
Gilså	8.500		
Torsbjørka	50.000		
Fonnfjell	20.000		
Mannfjell	200.000		
Lillefjell	150.000		
Kluken	1.000		
Andre mindre gruver	1.200		
Selbo hytte		33.000	1014
Tydals hytte		8.100	271
Gilså hytte		67.800	3175
Meraker hytte		57.000	2035
Samlet produksjon :	470.000	166.000	7395
Tydals verk :			
Esna	10.000		
Gressli	5.000		
Ramfjell	1.000		

1.3 Tidligere undersøkelser

Den første vurdering som NIVA har utført av forurensningssituasjonen ved Lillefjell gruve, ble gjort i en rapport til Statens forurensningstilsyn og Industridepartementet i 1984 (Johannessen og Iversen, 1984). En stikkprøve tatt av bergmesteren i det daværende Trondhjemske Bergmesterdistrikt i 1982 viste at tungmetallkonsentrasjonen i samlet dreinsvann fra Lillefjell gruve var så høy at skadelige effekter i Dalåa var mulige.

I en ny rapport til samme oppdragsgivere i 1990 basert på feltundersøkelser utført i perioden 1987-89 (Iversen og Arnesen, 1990), ble det gjort rede for den fysisk/kjemiske vannkvalitet i Gilsåa etter innblanding av Gruvebekken fra Lillefjell gruve. Det ble her funnet at de kobberkonsentrasjoner som ble påvist i Gilsåa kunne ha skadelige effekter på laksefisk. Undersøkelser av forurensningssituasjonen i nærmeste vassdragsstrekning som mottar avrenning fra Dronningens og Fonnfjellet gruver, viste at disse områdene var av liten forurensningsmessig betydning.

I perioden 1990-96 foretok NIVA etter oppdrag for SFT nye kartlegginger av forurensningssituasjonen ved gruvene i Meraker-feltet (Iversen, 1994 og 1998). I 1990 ble det bl.a. funnet at Torsbjørka var lite tungmetallpåvirket. Etter reguleringen av vassdraget i 1996 viste prøver tatt i Torbjørka at tungmetallkonsentrasjonene nedenfor tilløp fra Torsbjørka gruva var forholdsvis høye. Det ble også funnet høy-

ere kobber- og sinkkonsentrasjoner i Stjørdalselva nedenfor Meråker enn hva som kunne forventes som naturlig bakgrunnsnivå.

Etter oppdrag for Bergvesenet ble det i 1993 foretatt en kartlegging av avrenningen fra Lillefjell gruve (Iversen og Grande, 1994). Foruten vurdering av forurensningstransporten fra området ble det også påvist at tungmetallavrenningen hadde negative effekter på biologiske forhold på hele vassdragsstrekningen ned til samløpet med Dalåa.

Når det gjelder forurensningssituasjonen ved de gruvene som Selbo Kobberværk drev i øvre Gauldal og Tydal, ble det foretatt kartlegginger i 1994 ved de fleste av gruvene med vurdering av forurensningskilder og fysisk/kjemisk vannkvalitet i dreinsvann (Iversen, 1994). Kjøli gruve som Selbo Kobberværk drev en kort periode, er fortsatt det område som har størst betydning i forurensningssammenheng til tross for effektive tiltak. Det ble siste gang foretatt målinger av avrenningen herfra i 1995-96 (Iversen, 1997).

I en publikasjon utgitt av Meråker kommune og NGU i 1994 er det gitt en presentasjon av geologi og landskap i Meråker kommune.

I forbindelse med vassdragsreguleringene er det foretatt undersøkelser bunnfauna og av vekstforhold, rekruttering og vandring av laks i Stjørdalsvassdraget (Arnekleiv, 1985, 1986, 1995; Berger *et al.*, 1988).

2. Undersøkellesprogram og metoder

2.1 Hydrologi

En av målsettingene med dette prosjektet var å beregne tungmetalltransporten ved de forskjellige kildene. For dette formål har en i tillegg til de kjemiske analyseverdiene behov for pålitelige mål for vannføringen ved de enkelte kildene.

For å beregne vannføring og årsavrenning ved stasjonene i hovedvassdragene (Gilsåa, Torsbjørka og Stjørdalselva) har en tatt utgangspunkt i registreringene ved vannmerket ved Høgås bru i Forra, samt nedbørfeltens arealer, årsnedbør og overførte vannmengder til Tevla inntaksmagasin.

Ved enkelte av områdene er det også foretatt vannmengdemålinger i nærmeste bekk for samlet avrenning fra gruvene og som samtidig ble prøvetatt under befaringene. Disse målingene ble utført v.h.a. "saltmetoden" etter en foreløpig forskrift utarbeidet av NVE (Petterson, 1988). Vannføringen ble beregnet ved å dosere en kjent saltmengde til bekken og måle forløpet av konduktivitetsskurven en får i bekken nedstrøms doseringsstedet mens saltmengden passerer.

2.2 Kjemiske undersøkelser

Undersøkelsene av fysisk/kjemiske forhold i hovedvassdragene er basert på månedlig stikkprøvetaking ved tre stasjoner i Gilsåa, Torsbjørka og Stjørdalselva. I tillegg er det foretatt befaringer til de viktigste gruvene med prøvetaking av drensvann fra avfall og gruver samt i nærmeste vassdragsstrekning for å kartlegge effekter av tilførselene på de fysisk/kjemiske forhold. Stasjonsnavn og lokalisering av de tre hovedstasjoner er samlet i tabell 3.

Tabell 3. Prøvetakingsstasjoner for fysisk/kjemisk program i hovedvassdragene.

St.nr.	Navn	Lokalisering
1	Gilsåa ved Stordalsvollen	32VPR 422239, 1721 I Meråker
2	Torsbjørka ved Tronset	32VPR 363330, 1721 I Meråker
3	Stjørdalselva ved bru ved Flåan	32VPR 336370, 1721 IV Flornes

De fysisk/kjemiske undersøkelsene har hatt som målsetting å kartlegge tungmetallnivå og transport i vassdragene som mottar avrenning fra gruvene. For å beskrive disse forhold har en benyttet følgende analyseprogram : pH, konduktivitet, sulfat, kalsium, magnesium, aluminium, tungmetaller og arsen. Ved analyse av forurenset drensvann er alle metaller og svovelanalyse utført v.h.a. flammeemisjons-teknikk, såkalt ICP-teknikk med optisk detektor. Sulfatinnholdet i slikt vann er beregnet ut fra svovelinnholdet. Erfaringsmessig foreligger det vesentligste av svovelinnholdet i slikt vann som sulfat. I resipientvann er tungmetaller og arsenanalyser utført v.h.a ICP-MS (ICP med massespektrometer som detektor). Det er benyttet en "analysepakke" som omfatter 10 elementer. Sistnevnte analyser er utført ved Norsk institutt for luftforskning, NILU. De øvrige analyser er utført ved NIVA. I vedlegg A er gitt en nærmere forklaring til analyseprogrammet. Den rutinemessige innsamling av prøver ble utført av Meråker kommune etter avtale med NIVA.

2.3 Biologiske undersøkelser

2.3.1 Lokalitetsbeskrivelse (fisk og bunndyr)

Ørret ble utplassert i bur og bunndyr innsamlet på de samme stasjonene. Det ble valgt ut en referanse-lokalitet og to lokaliteter med avrenning fra gruveområder i hvert av de tre vassdragene Gilsåa/Dalåa (D-ref, D-1 og D-2), Tevla/Stjørdalselva (S-ref, S-1, S-2) og Torsbjørka (T-ref, T-1, T-2). For bunndyr ble T-ref erstattet med en referanselokalitet i Kvernskardelva (STK).

Tabell 4. Oversikt over stasjoner der ørret ble satt ut i bur og bunndyrprøver tatt.

Stasjon (kode)	Vassdrag	Beliggenhet	Kommentar
D-ref	Dalåa	Svartåa, ved Hyttmoen	vannprøve-punkt
D-1	Dalåa	Gilsåa, Stordalsvollen	vannprøve-punkt
D-2	Dalåa	Gilsåa, Hyttmoen	
S-ref	Stjørdalselva	Tevla, øst for tilførsel re-gulering	
S-1	Stjørdalselva	mellom Kopperå og Dalåa (Meråker), Sætran	
S-2	Stjørdalselva	nedenfor Meråker, Flåan	vannprøve-punkt
T-ref	Torsbjørka	Høykjølbekken	vannprøve-punkt, ikke bunndyr
T-1	Torsbjørka	ovenfor Torsbjørk-gruva	
T-2	Torsbjørka	ved Meråker, Tronset	vannprøve-punkt
STK	Kvernskardelva		kun bunndyr

Stasjon T-1 ligger i et naturlig strykområde ovenfor en terskel og ovenfor Grubbekken ved Torsbjørka gruve. Elva går her over et bunns substrat av stein og grus med noe sand og enkelte innslag av mose. Denne lokaliteten er blant annet benyttet som referanselokalitet for prøvetakingsstedet T-2 lengre nede i Torsbjørka før denne renner sammen med Stjørdalselva. Stasjon T-2 ligger oppstrøms en liten øy og i øvre del av vestre elveløp. Bunns substratet ligner mye på det vi hadde på stasjon T-1, men med et noe mere markert innslag av slam og trådalger.

Øverst i vassdraget ved Hyttmoen ligger stasjon D-2. Elva går her i mellom store slagghauger fra tidligere tiders smeltevirksomhet. Dette preger i stor grad lokaliteten og området rundt. Bunns substrat på stasjon D-2 består av slaggrester, naturlig stein og grus med noe sand. Like nedstrøms D-2 kommer Svartåa inn i Gilsåa. Stasjon D-ref ble plassert i Svartåa like oppstrøms samløpet med Gilsåa for å kunne sammenligne bunnfaunaen i disse to vassdragene. Elvebunnen ved stasjon D-ref består av et noe grovere substrat og har et større innslag av alloktont materiale (løv og kvist) enn det vi finner på D-2. Noe lengre nede i Gilsåa ligger stasjon D-1 ved Stordalsvollen. Stasjonen karakteriseres ved gode substrat- og strømforhold for bunndyrprøvetaking. For å kunne sammenligne forholdene i dette området av vassdraget ble det lagt en ny stasjon i Kvernskardelva et sidevassdrag til Gilsåa. Substratet her inneholder noe mere sand, men var ellers svært likt det vi hadde på D-1.

Stasjonen øverst i Stjørdalselva S-ref ligger i Tevla like nedstrøms en kunstig terskel. Substratet på stasjonen var preget av gode strømforhold og noe stor stein. Lengre nede i vassdraget ligger stasjon S-1 oppstrøms samløpet med Dalåa. Stasjonen ble plassert oppstrøms en veibro i utløpet av en kulp. Bunns substratet var preget av noe stor stein og noe kraftig strøm. Stasjon S-2 ligger nedstrøms Meråker ved Flåan. Prøvetakingsstedet ligger på elvens nordside i svingen ved en veibro. Området er preget av gode strømforhold og et substrat som bestod av et variert steinsubstrat med noe slam/utfelt humus.

2.3.2 Vegetasjonsundersøkelser

For å undersøke om samfunnene av begroingsalger (perifyton) i Stjørdalselva har utviklet toleranse for metallforurensning, ble det gjort en s.k. PICT-studie, hvor effekten av sink og kobber på fotosynteseaktiviteten i perifyton fra ulike steder i vassdraget ble målt. (PICT = Pollution Induced Community Tolerance).

Substrat i form av leirpottler ble utplassert på tre lokaliteter i vassdraget; i Kvernskardelva (referansestasjon), Torsbjørka og Gilsåa. Pottene som på forhånd var vasket i saltsyre og skylt i destillert vann, var festet med fugemasse til gatestein. Steinene med pottler ble plassert på elvebunnen blant annen stein. Utsettingen skjedde 3. juli 1998. Etter en måned (7. august) ble pottene samlet inn. Begroingen fra pottene ble børstet av og samlet opp i en flaske med vann fra referansestasjonen (Kvernskardelva). De ble deretter oppbevart kjølig i mørke og transportert til laboratoriet.

Dagen etter prøvetaking ble prøvene silt gjennom en duk med 0,5 mm maskevidde for å fjerne insektlarver og større artikler. Deretter ble prøvene sentrifugert og begroingsalgene resuspendert i 300 ml vann fra referansestasjonen. Suspensjonen av begroingsalger ble plassert på magnetrører med konstant røring. Fra suspensjonen ble det tatt ut 20 ml porsjoner med en automatpipette og overført til 16 stk 50 ml Erlenmeyerkolber. Til disse ble det tilsatt stamløsninger av $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ og $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ for å gi følgende konsentrasjonsserier av h.h.v. Zn og Cu:

	Konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$							
Zn	0	32	56	100	180	320	560	
Cu	0	3,2	5,6	10	18	32	56	100

Prøvene ble inkubert i mørke ved temperaturen 15 °C i 20 timer. Deretter ble det tilsatt 0,2 ml av en ^{14}C -merket bikarbonatløsning til hver kolbe som så ble plassert på et gyngebord med belysning tilsvarende $70 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ved temperaturen 20 °C. To prøver fra hver stasjon (uten tilsetning av Zn og Cu) ble inkubert i mørke (mørkeprøver). Etter 3 timers inkubering ble prøvene tilsatt 0,2 ml 10 % HCl for å drive ut restene av ikke assimilert bikarbonat. Kolbene fikk stå åpne over natten før 3x5 ml fra hver kolbe ble pipettert over i scintillasjonsglass. Fem ml InstaGel scintillasjonsvæske ble tilsatt og aktiviteten målt i 10 min. med en scintillasjonsteller.

Aktiviteten i prøvene (målt som DPM = disintegrations per minute) er et mål på opptaket av bikarbonat i algene. Ved å trekke fra aktiviteten i mørkeprøvene fås et relativt mål på opptaket som skyldes algenes fotosyntese. For hver serie ble aktiviteten regnet som prosent av aktiviteten i kontrollene (prøver uten Cu og Zn).

Prøver av perifytonsuspensjonene ble også tatt ut for måling av in vivo klorofyll fluorescens for å få et mål på algemengden i de ulike prøvene. Målingene ble utført med en Cytofluor 2300 plateleser med 2 ml prøve i brønner på en Falcon 24 mikrotiterplate.

Vannprøver fra de tre stasjonene ble analysert for metaller ved utsetting og innsamling av leirpottene. Metallanalysene ble utført med ICP-MS. En prøve av vann fra referansestasjonen ble også analysert for vannkvalitetsparametre som kan innvirke på metallenes toksisitet.

2.3.3 Bunndyr

Bunndyrprøvene som er bearbeidet i denne undersøkelsen, ble samlet inn på hovedstasjonene i Stjørdalsvassdraget, samt oppstrøms og nedstrøms industri- og gruveområdet ved Meråker. Den øverste stasjon er lokalisert øverst i Tevla (se figur 3). Videre er sidevassdragene Torsbjørka og Gilsåa med Kvernskardelva undersøkt. Den nederste prøvetakingsstasjonen i Stjørdalsvassdraget som ble undersøkt denne gang, ble lagt til området ved Flåan nedstrøms Meråker.

Bunndyrprøvene som er bearbeidet, vurdert og sammenstillt i denne rapporten ble samlet inn den 5. og 6. august 1998. Prøvene ble samlet inn ved hjelp av en standardisert metode (Norsk Standard nr. 4719). Det ble brukt en standard elvehåv med maskevidde 250 µm og prøvetakingens varighet var 3 ganger ett minutt. Lokalitetene hvor prøvetakingen ble foretatt, kjennetegnes ved et bunns substrat bestående av større og mindre stein og gode strømforhold (småstryk). Prøvene ble konservert i felt til 70% etanolinnhold. Opptelling og bestemmelse av arter og grupper ble utført dels ved Lien Bio lab. og dels ved NIVAs laboratorium i Oslo. Materialet som her ble samlet inn fra bunndyrsamfunnene i vassdraget er arkivert ved NIVA, og kan hentes frem ved en senere anledning hvis behovet skulle melde seg.

2.3.4 Fisk

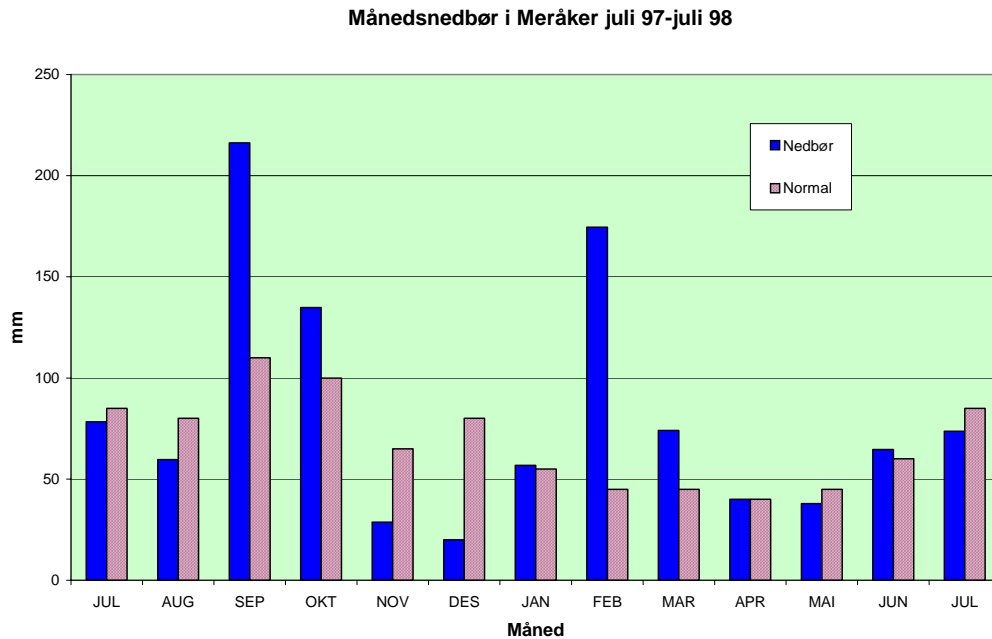
Det ble satt ut ørret i bur på de ni hovedstasjonene i prosjektet. Det ble benyttet vesentlig 1-årig og 2-årig ørret, men noe større fisk måtte benyttes på stasjonene i Tevla/Stjørdalselva. Denne fisken ble elektrofisket i Fossvatnet. Fisk ble satt ut i Dalåa/Gilsåa og Torsbjørka 17.6.98. Det ble satt ut 7 ørret i hvert bur og maksimal transporttid var 100 minutter og vanntemperatur 8.9°C. All fisk var i god kondisjon da den ble satt ut. Det ble satt ut 5 ørret i hvert bur på stasjonene i Tevla/Stjørdalselva en uke senere. All fisk ble tatt inn etter tre uker. Gjeller ble dissekert ut og en samleprøve fra hver stasjon analysert for metallinnhold med ICP-MS. NIVAs akkrediterte metode ble benyttet med en endring – det oppløste vevet ble fortynnet til 20 mL istedenfor 50 mL for å sikre lav nok deteksjonsgrense.

På grunn av praktiske problemer var det ikke mulig å ta prøver av utsatt fisk til analyse av biokjemiske mål for eventuelle effekter av metaller. Det ble derfor samlet inn villfisk av ørret (og laks) på to stasjoner, S-ref (Tevla ved Tovmodalen) og T-2 (Torsbjørka ved Tronsmo) 10.9.98. Fisken ble samlet med elektrofiske og frosset umiddelbart ved -80°C (tørris). Ved tining ble vevet umiddelbart dissekert ut og homogenisert i iskald 0.1 M Tris-HCl buffer, pH 8.0 med 1 mM DTT. Homogenatet ble sentrifugert ved 10 000 g i 30 minutter (4°C) og supernatanten tatt av og frosset ved -80°C før videre analyse. Supernatanten ble analysert for protein ved en metode tilpasset for plateleser etter Lowry *et al* (1951) med bovint gamma globulin som standard. Det ble også analysert for det metallbindende proteinet metallotionin i supernatanten. Denne analysen ble utført med differensiell puls polarografi som beskrevet i Hylland *et al.* (1998).

3. Fysisk/kjemiske forhold

3.1 Hydrologi

Nedbør og klima betyr mye for utvasking av forvitningsprodukter fra gruveområdene. For å vurdere hvor representativ måleperioden var hydrologisk sett, er de månedlige nedbørhøyder i måleperioden avbildet grafisk i figur 2 sammen med normalnedbøren (1961-90).



Figur 2. Månedlige nedbørhøyder ved værstasjonen i Meråker i måleperioden.

En ser av figuren at det falt mye nedbør i september 1997 og i februar 1998. I perioden 1. juli 1997 til 1. juli 1998 falt det 109 % av normal nedbør, noe som er lagt til grunn i avrenningsberegningene. Observasjonsmaterialet for den meteorologiske målestasjonen i Meråker er samlet i vedlegg B.

Elvene som er resipienter for avrenningen fra gruvene i Meråker-området er i de senere år blitt sterkt regulert, med lange og omfattende overføringer av vann. Figur 3 viser hovedtrekkene i overføringene, mens figur 4 viser de viktigste magasiner med reguleringshøyde.

Undersøkelsene har ikke hatt til hensikt å vurdere virkning av reguleringene som sådan, og hovedvekten er lagt på beregning av vannføringer som ledd i beregning av forurensningstransport i de ulike vassdragsavsnitt.

Den delen av reguleringen som i størst grad har betydning for forurensningssituasjonen, er overføringen som foregår i nedbørfeltene for Torsbjørka og Dalåa.

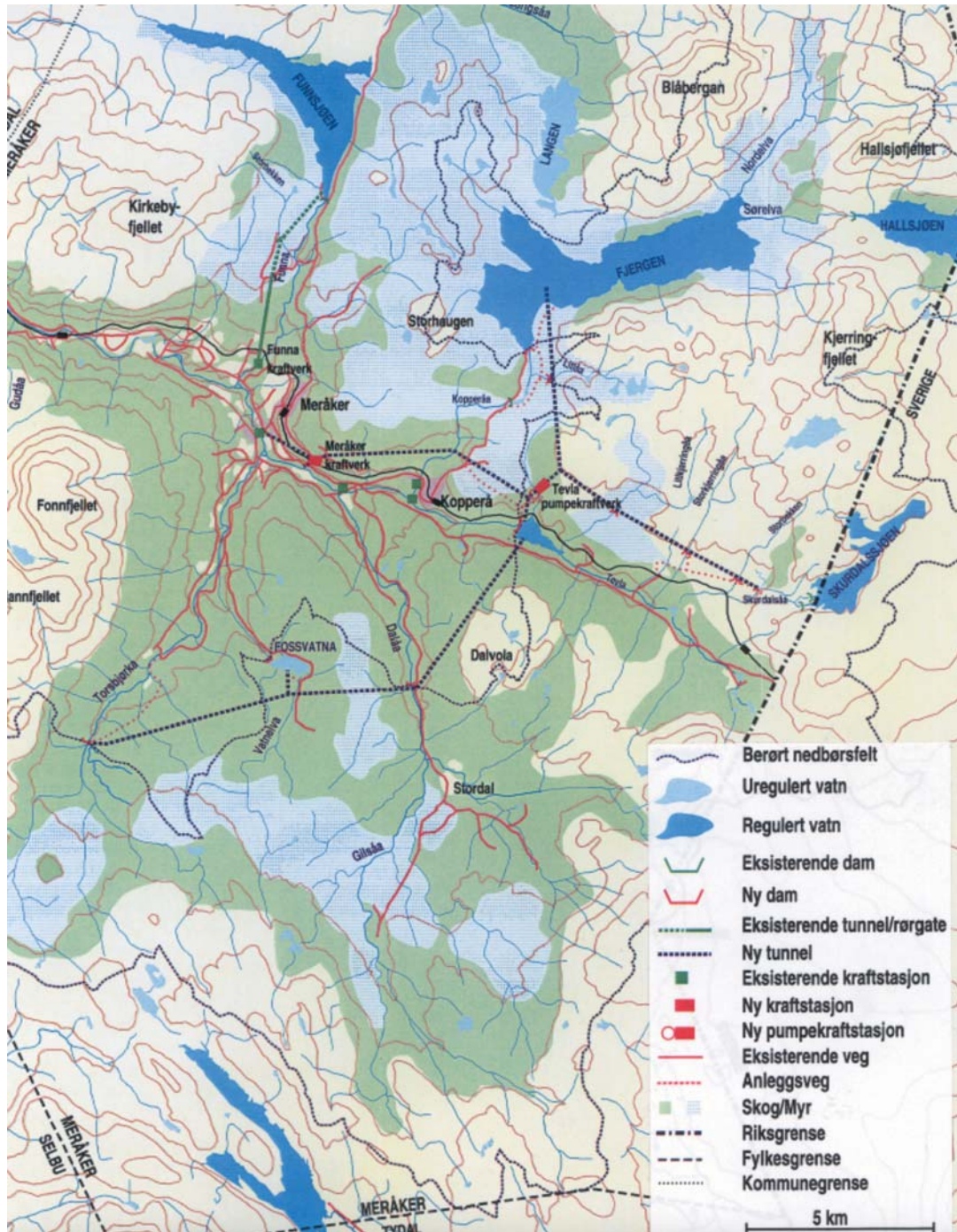
I Torsbjørka overføres vannet fra et punkt ved Skakkelvollen knapt 2 km oppstrøms Torsbjørkagruva. I Dalåa foregår overføringen fra et punkt ca. 2,5 km nedstrøms Stordal. Begge steder skal det slippes en minstevannføring (tabell 6 og tabell 7), men en betydelig andel av vannføringen overføres til magasinet for Tevla og Meråker kraftverk i elva Tevla. I tillegg til inntaket av vann direkte fra Torsbjørka blir også avrenningen fra Fossvatna i sin helhet overført direkte til magasinet i Tevla.

Alle hydrologiske beregninger er utført av Arnt Bjøru, NVE, Distriktsavdeling Midt-Norge. En del grunnleggende data om reguleringen i vassdraget er samlet i tabell 5.

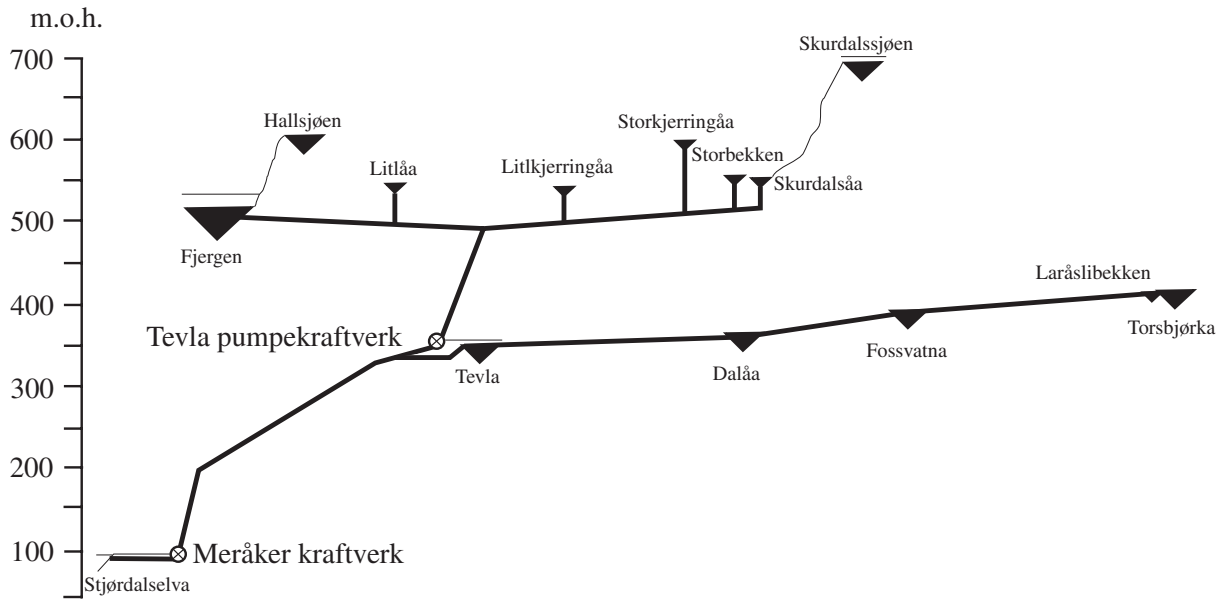
Tabell 5. Nedbørfelter for de ulike deler av Torsbjørka og Dalåa.

Reguleringer	Torsbjørka	Dalåa
Totalt nat. nedbørfelt, km ²	165,6	186,7
<i>Dalåa inntak</i>		
Vekkført		163,3
<i>Torsbjørka ved Mannseter</i>		
Overført til Tevla, km ²	70,4	
Naturfelt til overføringspunkt, km ²	95,3	
Restfelt km ²	24,9	
<i>Fossvatn</i>		
Vekkført, hele feltet	27,29	
<i>Samløp hovedvassdrag (Stjørdalselva/Tevla)</i>		
Totalt vekkført	98,3	163,3
Restfelt km ²	67,3	23,4

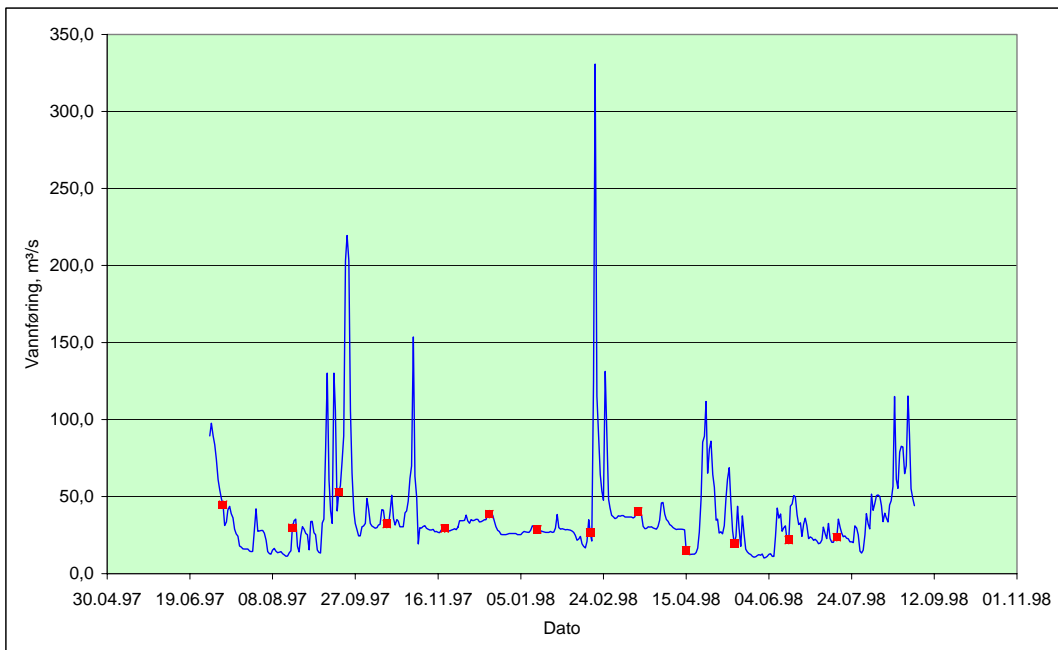
For å kunne beregne transportverdier for forurensningskomponentene gruveområdene var det nødvendig å anslå vannføringen ved prøvetakingspunktene. Det forelå ikke målinger fra disse punktene, slik at beregningene måtte utføres på grunnlag av nedbørfeltens arealer og målte vannføringer ved Høgås bru i Forra. I tillegg var det nødvendig å kjenne minstevannføringene for de to delene av vassdraget, Torsbjørka og Dalåa. Disse data er samlet i tabell 6 og tabell 7. I Stjørdalselva nedenfor Meråker ble prøvene tatt ved Flåan bru. NVE beregnet daglige vannføringer her. Nedbørfeltet for denne stasjonen var Flåan bru i Stjørdalselva. Her var nedbørfeltet 819,6 km², som i praksis er lik det ved Meråker (813 km²). De daglige vannføringene ved Flåan er fremstilt grafisk i figur 5 der prøvetakingstidspunktene også er markert. Av figuren fremgår det klart at Stjørdalselva er preget av raske og store svingninger i vannføringen. Det er ikke tatt vannprøver ved de høyeste vannføringene i elva.



Figur 3. Reguleringene til kraftverkene i Meråker.



Figur 4. Prinsippkisse som viser reguleringen av vassdragene rundt Meråker.



Figur 5. Vannføring i Stjørdalselva ved Flåan bru i undersøkelsesperioden med markering av prøvetakingstidspunkter.

Tabell 6. Minstevannføringer i Torsbjørka ved Mannseter.

Periode	Vannføring m ³ /s
Nov. 94 - 14.05.95	0,1
15.05.95 - 30.09.95	0,2
01.10.95 - 14.05.96	0,1
15.05.96 - 30.09.96	0,2
01.10.96 - 14.05.97	0,2
15.05.97 - 30.09.97	0,5
01.10.97 - 14.05.98	0,2
15.05.98 - 30.09.98	0,5
01.10.98 - 14.05.99	0,2

Tabell 7. Minstevannføringer i Dalåa ved Trøa.

Periode	Vannføring m ³ /s
Nov. 94 - 14.05.95	0,2
15.05.95 - 30.09.95	0,4
01.10.95 - 14.05.96	0,2
15.05.96 - 30.09.96	0,4
01.10.96 - 14.05.97	0,2
15.05.97 - 30.09.97	0,4
01.10.97 - 14.05.98	0,4
15.05.98 - 30.09.98	0,8
01.10.98 - 14.05.99	0,4

Ved beregning av midlere vannføringer ved prøvetakingspunktene er også følgende informasjon benyttet:

Litlklepptjønna ved dam ovenf. Langtjønna: 7,7 km²

Vannføring overført fra Torsbjørka: 98,3 km² - minstevannføring

Torsbjørka ved Tronset = 162,6 km² - vekkførte 98,3 km², dvs. 64,3 km² + minstevannføring.

Mannlibekken (totalt) = 2,9 km²

Vannføringsdata som er lagt til grunn for beregning av månedsverdier i de ulike deler av vassdraget er samlet i tabell 8.

Tabell 8. Månedsmiddelverdier/årsmiddel juli 1997 - juni 1998 og normalen" 1983-1992 for vannføring/avrenning ved 124.2 Høgås Bru i Forra (491 km²).

Periode	Vannføring m ³ /s	Avrenning l/s·km ⁻²
Juli - 1997	18,140	36,930
August	6,050	12,330
September	49,470	100,720
Oktober	23,280	47,390
November	12,140	24,710
Desember	3,400	6,910
Januar	6,570	13,370
Februar	41,320	84,110
Mars	12,270	24,970
April	28,280	57,580
Mai	55,440	112,860
Juni - 1998	30,870	62,850
"Årsmiddel"	23,936	48,728
"Normal 83-92"	22,003	44,794
% av "normal 83-92"	109	109

Tabell 9. Årsmiddelavrenning på en del punkter i Torsbjørka juli 1997 - juni 1998. Beregnet som 109 % av normalavrenning 1983 - 1992 ved 124.10 Mannseter.

Område	Vannføring m ³ /s	Avrenning l/s·km ⁻²
124.10 Mannseter, "normal 83-92"	4,204	44,110
Litklepptjønna, 7.7 km ²	0,370	48,080
Mannlibekken, 2.9 km ²	0,139	48,080
Torsbjørka Inntak, 70.4 km ²	3,385	48,080
Fossvatna, 27.9 km ²	1,341	48,080

Tabell 10. Årsmiddelavrenning på en del punkter ved Dalåa, juli 1997 - juni 1998. Beregnet som 109 % av normalavrenning 1983 - 1992 ved 124.14 Trøa.

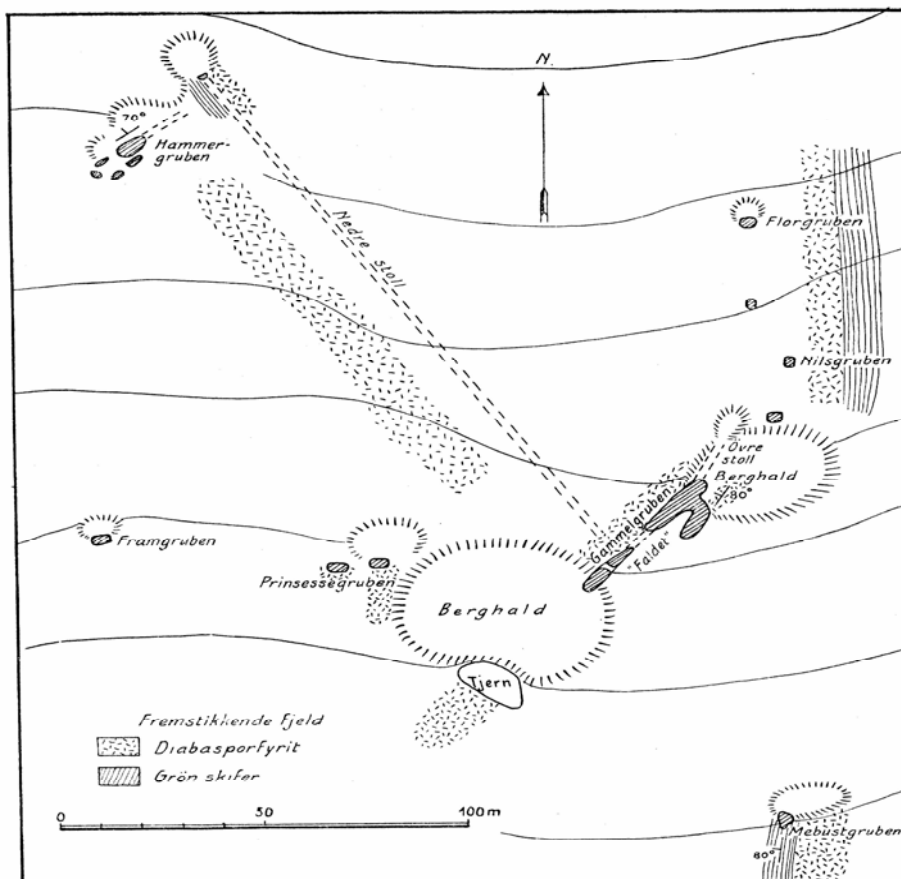
Område	Vannføring m ³ /s	Avrenning l/s·km ⁻²
"124.14 Trøa, "normal 83-92"	6,342	34,680
Gilsåa v/ bru Stordalsvollen, 91.3 km ²	3,451	37,801
Dalåa Inntak, 163.3 km ²	6,173	37,801

3.2 Forurensningskilder og vannkvalitet

3.2.1 Gammelgruva

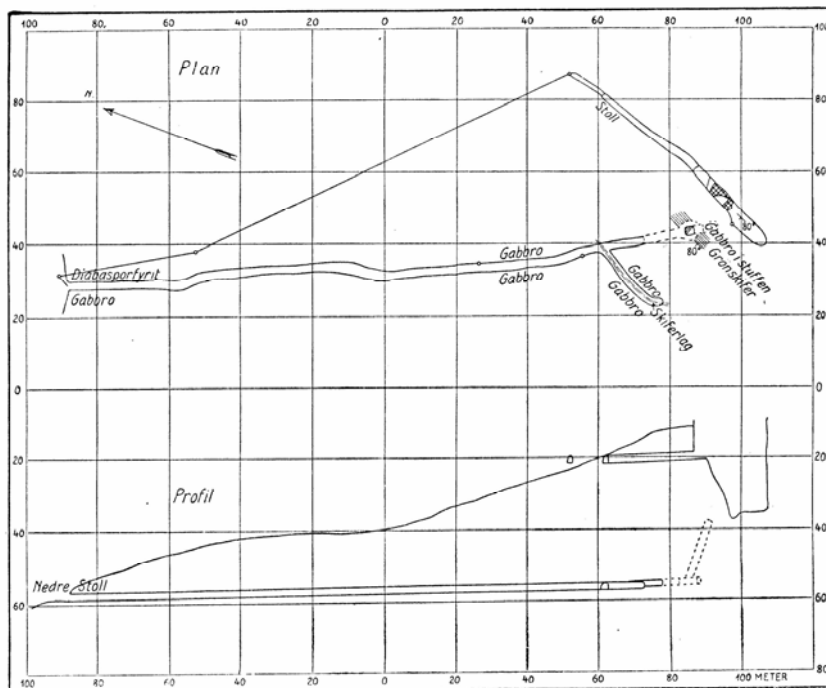
Gammelgruvefeltet ligger i Selbu kommune rett nord for Måltoppen og Gruvfjellet som er et høydrag under Melshogna. Gruveområdet ligger i skrånende terreng ca. 550-600 m.o.h. Området drenerer til et bekkefar gjennom Kjerringdalen. Bekken løper inn i Rotla nedstrøms Søre og Nordre Evjvollen. Rotla som er sideelv til Nea, er regulert ved overføring til Nea.

Gruvefeltet som ble åpnet av Selbo Kobberværk i 1713, består av flere mindre brudd og en hovedgruve som er kalt Gammelgruben. Figur 6 viser lokaliseringen av de enkelte gruver i terrenget. Idag kalles hele området for Gammelgruva. Utenfor bruddene er deponert avfallsberg i velter. Forsidebildet gir inntrykk av størrelsen på den største velten. Samlet mengde avfallsberg er trolig mindre enn 10.000 m³. Selv etter 270 år foreligger fortsatt det meste av avfallet som blokker, noe som viser at avfallet er forholdsvis fattig på kismineraler. Driften i feltet opphørte trolig en gang i 1760-årene etter at Gammelgruben raste p.g.a. drift på bergfestene. Rasområdet kalles "Faldet". Sikringsgjerdet rundt dette området er nylig oppsatt. Ved den største velten ovenfor "Faldet" ligger også noe råalmrester igjen. Det mest forurensede sigevannet kommer fra den største velten. Ved befaringen til området den 10.09.98 var det forholdsvis tørt og ingen sig fra tippene var synlige. Okeravsetninger nedenfor veltene viser tydelig at det pågår en transport av forvitningsprodukter i nedbørrike perioder av året eller under snøsmelting.



Figur 6. Gammelgruvefeltet i Selbu (etter Aasgaard, 1927)

Selbo Kobberværk la ned gruvevirksomheten i 1726. Etter noen år med noe drift av bøndene i Selbu, gjenopptok verket driften i noen år fram til gruva raste. Senere drev Selbo Kobberværk inn en grunnstoll, den såkalte Nedre stoll i årene 1826-35. Stollen ble forlenget av Gammelgruben Aktiebolag i 1895 og videre av Kjølvi Gruber i årene 1905-06. Det ble da også drevet en stigort opp under Gammelgruva (se figur 7). Det er uklart om Gammelgruva dreneres gjennom stigorten og nedre stoll eller gjennom øvre stoll.



Figur 7. Plan- og profilskisse over Gammelgruva i Selbu (etter Aasgaard, 1927).

Under befaringen til området den 10.09.98 ble det tatt prøve av drensvannet fra nedre stoll. Vannføringen var meget beskjeden og mindre enn 0,1 l/s. Videre ble det tatt en prøve av bekken som mottar samlet avrenning fra området et stykke nedenfor nedre stoll. Vannføringen i bekken på prøvetaksstedet var mindre enn 1 l/s. Analyseresultatene er samlet i tabell 11.

Tabell 11. Analyseresultater. Gruvevann (1) og samlet drensvann (2) fra Gammelgruva i Selbu tatt 10.09.98.

St. Nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Mn mg/l	Co mg/l	As µg/l
1	6,50	22,30	79,3	6,53	2,66	3,03	2,20	0,96	0,15	<5	-	0,15	0,02	-
2	3,67	19,84	63,5	29,5	4,36	3,81	0,80	0,92	0,22	0,58	0,57	0,13	0,02	<0,1

Når en tar hensyn til den beskjedne vannføringen ut av nedre stoll, viser analyseresultatene at gruvevannet er uten betydning i forurensningssammenheng. Samlet sig fra området er sterkt surt. På prøvetakingstidspunktet var vannføringen også her beskjeden, ca. 1 l/s. Selv om man tar hensyn til mulige variasjoner i vannføring og utvasking fra området, vurderes likevel forurensningstilførslene fra området som for beskjedne til å ha noen betydning for Rotla.

3.2.2 Gilså gruve

Gilså gruve ligger i Meråker kommune nær toppen av Gilsåfjellet ca. 930 m.o.h. Gruveområdet ligger på vannskillet og drenerer både mot Stjørdalsvassdraget og Nea. Avrenningen mot Stjørdalsvassdraget går først til en liten bekk som fører til Gilså som fører videre til Dalåa og Stjørdalselva. Avrenningen til Neavassdraget går via et bekkefar som fører inn i Lørdølja like nedenfor overløpet av dammen på Finnkoisjøen. Lørdølja løper inn i Nea like nedenfor Kistafossen i Tydal.

Gilså gruve ble åpnet første gang i 1771 etter at Lillefjell gruve var satt i drift. Driften var til å begynne med svært lovende idet smeltingen ga 6-7 % garkobber av påsatt malmkvantum. Etterhvert ble malmen fattigere og det oppsto problemer med vanntilsig. Gruva ble forlatt i 1811-12. Malmproduksjonen i første driftsperiode er anslått til 7.500 tonn (Rølseth, 1945). Det pågikk nye undersøkelser i 1906-07 og det ble da tatt ut ca 1.000 tonn.

Gruva er en underjordsgruve. I området er idag en del avfallsberg deponert i tipper utenfor sjaktene. Veltene produserer en del sur avrenning som i det vesentligste går til Gilså. Gruva er vannfylt. Uten å ha et gruvekart var det vanskelig for oss å se hvordan gruva er drenert. Det kan synes som om gruva er drenert ved en vannstoll som fører mot bekkefarene som går til Lørdølja. NIVA har foretatt befaringer til området ved to anledninger, i 1990 og i 1997. Det ble da tatt prøver av avrenningen som går mot Gilså og av "gruvevannet" som går mot Lørdølja. Det er også tatt prøver av Gilså ved to anledninger før den mottar avrenningen fra Gilså gruve. Resultatene er samlet i tabell 12, tabell 13 og tabell 14.

Under begge befaringene til gruveområdet var vannmengdene ved prøvetakingsstedene for dreinsvann beskjedne, omkring 2 l/s ved samlet sig mot Gilså og mindre enn 0,5 l/s for siget mot Lørdølja. Dette gir en relativt beskjeden transport. Årstransporten er vanskelig å anslå uten å ha observasjoner under perioder med mye nedbør og stor vannføring.

Det er tatt prøver av Gilså nedstrøms gruveområdet ved to anledninger. I oktober 1993 var det sterk barfrost og liten vannføring. I juli 1997 var vannføringen stor p.g.a. sen vår og stor snøsmelting. Resultatene for 1997 tyder på at avrenningen fra Gilså gruve kan ha en målbar effekt på tungmetallnivåene i Gilså i perioder med stor utvasking. Totalt sett vurderes tilførslene fra Gilså gruve som beskjedne. Biologiske undersøkelser i øvre Gilså kan gi mer informasjon om betydningen av tilførslene fra gruveområdet. Avrenning fra veltene utgjør største forurensningsproblem i dette gruveområdet. Figur 8 viser de to største veltene. Figur 9 viser avrenningen til Gilså (se tabell 12).

Tabell 12. Analyseresultater. Sig fra Gilså gruve mot Gilså.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l
19.08.90	4,38	29,6	65				31	7800	10100					
22.09.97	4,27	27,3	125	16,6	5,17	5,31	480	7670	10070	0,64	25,3	331	47	62,2

Tabell 13. Sig fra Gilså gruve mot Lørdølja.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l
19.08.90	5,51	9,47	37,5				66	1100	2110					
22.09.97	4,36	20,3	80,8	12,4	3,57	2,62	560	4540	7340	0,58	18,1	157	24	32

Tabell 14. Analyseresultater. Gilså før Gruvebekken (etter Gilså gr., før Lillefjell gr.)

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
04.10.93	6,85	3,58	0,9	5,29	0,58	120	0,2	4,2	<0,02	<0,01	2,6	<0,5	1,9	<0,2
07.07.97	6,85	1,13	0,5	1,21	0,15	210	4,2	5,6	0,03	0,05	3,6	0,2	<0,1	0,1



Figur 8. Velter ved Gilså gruve.



Figur 9. Den nordligste velten ved Gilså gruve med avrenning til Gilsåa.

3.2.3 Dronningens gruve

Dronningens gruve ligger i Meråker kommune i bratt terreng under Bjørneggfjellet i Hårrådalen ca. 800 m.o.h. Området drenerer mot Storbekken som løper inn i Hårråa som igjen løper inn i Gilsåa og videre til Dalåa.

Gruva er et dagbrudd som ble åpnet i 1746. En del avfallsberg er deponert i sterkt skrånende terreng nedenfor bruddet. Veltene er lite forvitret og synes å være fattig på kismineraler. Bruddet er drenert gjennom en stoll nedenfor veltene.



Figur 10. Dronningens gruve under Bjørneggfjellet. Grunnstollen med liten tipp utenfor er omtrent midt i bildet. Avfallstippene rundt gruva er rett ovenfor grunnstollen.

Til å begynne med ga driften lovende resultater og smeltingen ga opptil 2,5 % garkobber av påsatt malmkvantum. Da malmen etterhvert ble fattigere og den rikere Lillefjell gruve ble satt i drift, ble driften ved Dronningens gruve nedlagt i 1791.

NIVA har foretatt en befaringsreise til gruva i 1990. I 1997 ble det videre tatt en stikkprøve av Hårråa nedenfor tilløpet av Storbekken. I 1990 ble det tatt prøver av eneste synlige drens vann fra området, gruvevannet som kom ut av stollen. Resultatene er samlet i tabell 15 og tabell 16.

Tabell 15. Analyseresultater. Gruvevann ved utløp av stoll ved Dronningens gruve.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
20.08.90	6,76	9,29	17	0,027	0,070	0,040

Tabell 16. Analyseresultater. Hårråa etter tilløp av Storbekken ved vadested
(Kartref.: 32 VPR 412166, 1721 I, Meråker).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
07.07.97	7,04	1,7	0,7	2,26	0,24	56	0,5	0,5	0,03	<0,01	3,3	0,2	<0,1	0,1

Vannføringen ved utløpet av stollen var meget beskjeden da prøven ble tatt. Resultatene viser at gruvevannet er lite forurensset. Resultatene for prøven som ble tatt i Hårråa viser at avrenningen fra gruveområdet ikke har noe merkbar effekt på vannkvaliteten i Hårråa.

3.2.4 Lillefjell gruve

Lillefjell gruve var kobberverkets hovedgruve. Gruva ble mutet i 1751 og satt i drift i 1760. Gruva ligger i Meråker kommune i bratt terreng under Gruvefjellet sørvest for Stordal. Drensvannet fra området fører gjennom et myrområde og videre mot en bekk, kalt Gruvebekken i denne rapporten, som fører inn i Gilsåa noen hundre meter oppstrøms tilløpet av Hårråa. Gilsåa er sideelv til Dalåa.

Gruva er en underjordsgruve med et vertikalt dyp på ca. 300 m. Fallet er 60-65 grader. Gruva har flere åpninger. Noen er synlige idag. Loddsjakten er gjenfylt. Fordring av malm og vann foregikk i denne sjakten og videre ut gjennom grunnstollen. Gruva er idag vannfylt opp til grunnstollnivå som ligger ca. 250 m over dypeste nivå i gruva. Relativt store mengder gruveavfall er deponert i området. Tippene er stort sett samlet i to hoveddeponier. Det øverste ligger i skrått terreng utenfor loddsjakten og det nederste ligger nedenfor grunnstollen. Avfallsmengdene i øverste deponi er beregnet til 20.000 m³, mens i nedre deponi er det deponert 30.000 m³ (beregnet av NOTEBY i rapport til Bergvesenet). Begge velteområdene produserer sur avrenning som har et betydelig tungmetallinnhold. Gruvevannet er også surt (se tabell 18 og figur 12). De største forurensningsproblemene er knyttet til veltene.

Tabell 17. Analyseresultater. Drensvann fra øvre velt.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l
04.10.93	2,98	96,8	377	22,7	12,8	16,2	36,8	17,2	44,3	0,09	1,39	0,08	0,25

Tabell 18. Analyseresultater. Gruvevann ved utløp av vannstoll Lillefjell gruve.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l
14.08.89	3,27	47,6	155	20,5	3,99	5,18	5,46	4,83	6,10	0,01			
04.10.93	3,41	63,5	263	51,2	8,95	7,68	2,07	6,80	11,5	<0,05	0,88	0,06	0,10
12.09.96	3,29	65,1	187	29,5	7,11	7,81	6,52	7,69	10,2	0,01	0,70	0,06	0,09

Tabell 19. Gruvebekken ved vadested (Kartref.: 32 VPR 393163, 1721 II, Essandsjøen).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l	Vannf l/s
04.10.93	5,15	6,57	22,7	6,12	1,11	1,1	550	910	1910			90				
07.07.97	5,43	1,88	4,6	1,34	0,22		280	175	295	0,37	0,54	16,8	1,0	2,0	0,1	426
24.09.97	4,28	7,91	22,8	3,31	0,82		2060	1150	1847	1,02	3,28	59,6	4,5	12,4		314

De største forurensningsproblemene er knyttet til veltene. Under de befaringer som NIVA har foretatt til området, er det tatt prøver av drensvann fra øvre veltområde, av gruvevann og av "Gruvebekken" etter at samlet sig fra området er blandet inn (nedenfor vadested for løype til Storerikvollen). Analyse-resultatene er samlet i tabell 17, tabell 18 og tabell 19.

Resultatene viser at drensvannet fra øvre gruveområde som fører mot et lite tjern i nedre gruveområde, er sterkt surt med en pH-verdi under 3. Sigevannet inneholder relativt lite kobber i forhold til sink. Gruvevannet er også surt med en pH-verdi på 3,3-3,4. Kobberinnholdet er relativt høyere i forhold til sink enn for overflateavrenningen fra øvre område. Det forhold at mesteparten av gruva er vannfylt, er trolig årsaken til at tungmetallinnholdet i gruvevannet er relativt lavt. Da vannføringen ved utløpet av stollen også er liten, har derfor tilførslene fra gruva liten betydning i forurensningssammenheng. Det er vanskelig å avgjøre hvilken del av velteområdet som betyr mest for samlet avrenning fra området. Avrenningen fra øvre område tar også en annen dreneringsretning enn den som er prøvetatt slik at det er vanskelig å måle samlet avrenning fra dette område. Likeledes er det også vanskelig å måle samlet

avrenning fra nedre område da deler av avrenningen forsvinner i grunnen i myrområdet ned mot Gruvebekken (se figur 11).



Figur 11. Nedre velteområde ved Lillefjell gruve sett fra øvre velte.



Figur 12. Prøvetaking ved utløpet av vannstollen ved Lillefjell gruve.

For å få et inntrykk av vannkvaliteten i Gruvebekken etter at den har mottatt all avrenning fra området, er bekken prøvetatt ved noen anledninger. I 1997 ble bekken prøvetatt to ganger, i juli og september måned. Ved begge anledninger ble vannføringen målt. I juli måned var vannføringen stor p.g.a. snøsmelting i nedbørfeltet. Gruveområdet var imidlertid bart. I september måned var det mye nedbør. Det var følgelig en stor utvasking av forvittringsprodukter fra veltene. En ser av tabell 19 at tungmetallkonsentrasjonene varierte med faktor på 5 fra juli til september til tross for at vannføringene som ble målt var forholdsvis like. Dette betyr at tungmetalltransporten kan variere betydelig i løpet av året avhengig av nedbør og klima. Dersom en legger observasjonene i 1997 til grunn, var f.eks. kobbertransporten den 7. juli 6,4 kg/døgn og den 24. september 31,2 kg/døgn. Dersom man benytter disse verdier for å beregne årstransporten, ville årstransporten blitt henholdsvis 2,3 tonn Cu/år eller 11,4 tonn Cu/år.

For å få en oversikt over betydningen av tilførselene fra gruveområdet for vassdraget nedstrøms, har en ved noen anledninger også prøvetatt Gilsåa etter innblanding av Gruvebekken ved den gamle fløtningsdammen ved Rotvoll. Ved å prøveta Gilsåa nedenfor dammen får en et godt bilde av vannkvaliteten. Analyseresultatene for de observasjoner NIVA har gjort, er samlet i tabell 20. Resultatene viser at kobberkonsentrasjonene varierte i området 13-88 µg/l. Tatt i betraktning de lave kalsiumkonsentrasjonene vil det neppe være grunnlag for å opprettholde noen fiskebestand i denne vannkvaliteten. De øvrige biologiske forhold vil trolig også være sterkt skadelidende. Sinkkonsentrasjonene varierte i området 20-140 µg/l. Selv om stasjonen er ideell som rutinestasjon ved en mer omfattende kartlegging, ble det likevel valgt å benytte en lokalitet lenger ned i Gilsåa ved Stordalsvollen i det foreliggende program, dels av praktiske årsaker og dels fordi en også får med mulig avrenning fra Gilsåa hytte. Resultatene for denne stasjonen benyttes for beregning av tungmetalltransport fra Lillefjell-området (se kapittel 4).

Tabell 20. Analyseresultater. Gilsåa ved dam ved Rotvoll.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
30.06.87	6,84	1,78	1,5	1,95		125	33	60		0,10				
14.08.89	7,12	2,79	2,0	3,38	0,37	148	19	70		<0,10				
26.06.90	6,98	1,59	1,1			62	13	20		0,13				
04.10.93	6,92	6,33	2,9	5,67	0,69	120	40,7	119	0,09	0,62	12,1	9,0	0,7	<0,2
12.09.96	6,98	3,17	2,5	4,17	0,49	143	40,1	94,9	0,87	0,18	143	0,6	0,6	<0,1
07.07.97	6,89	1,53	1,1	1,85	0,22	89	21,1	32,1	0,06	0,07	7,4	0,4	0,3	<0,1
24.09.97	6,79	2,37	2,8	3,00	0,36	230	88	140	0,15	0,36	8,7	0,6	1,0	<0,1

3.2.5 Kongens gruve

Kongens gruve ligger i Meråker kommune ved Litlklepptjønnna som har avløp til Tverrelva som er sideelv til Torsbjørka. Gruveområdet ligger i bratt terreng ca. 760 m.o.h. i sørenden av Litlklepptjønnna. Gruva er et dagbrudd som ble drevet i perioden 1747-93. Råmalmproduksjonen er anslått til 4.200 tonn (Rolseth, 1945). Utenfor bruddene er en del avfall deponert i skrånningene ned mot Litlklepptjønnna. Avfallet produserer fortsatt et del sur avrenning. Figur 13 viser gruveområdets beliggenhet ved Litlklepptjønnna som har vært oppdemmet i tidligere tider trolig for fløtningsformål. Dammen er ikke lenger i funksjon.

Under befaringen til området den 8.07.97 ble det tatt en stikkprøve i utløpsosen nedenfor dammen før innløpet til Langtjønnna. Resultatene er samlet i tabell 21.

Tabell 21. Analyseresultater. Tverrelva før innløp i Langtjønnna. Prøve tatt 8.07.97.
(Kartref.: 32VPR 284223, 1721 IV, Flornes)

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
5,97	1,14	1,2	0,40	0,17	48	8,9	51,2	0,05	0,14	6,3	0,6	0,1	<0,1

Vannkvaliteten er svakt sur og meget ionefattig. Med en kalsiumverdi på 0,4 mg/l vil toksiske effekter av kobber på laksefisk trolig inntreffe ved lavere kobberkonsentrasjoner enn ved ca. 20 µg/l som erfaringsmessig er et nivå hvor f.eks. ørretbestanden blir borte (Grande, 1991). Etter opplysninger fra lokalt hold er det ikke fisk i Litlklepptjønnna.

Under befaringen var det ennå forholdsvis stor vannføring i Tverrelva p.g.a. sen snøsmelting (se figur 14). Det ble påvist en kobberkonsentrasjon på 8,9 µg/l og en sinkkonsentrasjon på 51 µg/l. Selv om vannkvaliteten er betydelig påvirket av avrenningen fra gruveområdet, må tilførslene fra området likevel karakteriseres som beskjedne. Analyseresultatene tyder også på at avfallet inneholder relativt lite kobber. Veltene synes å være største forurensningskilde i området.

De biologiske forholdene på vassdragsstrekningen fra Litlklepptjønnna ned til Torsbjørka bør undersøkes nærmere.



Figur 13. Kongens gruve sett fra dammen på Litklepptjønna.



Figur 14. Prøvetaking i Tverrelva ved utløpet av Litklepptjønna 08.07.97.

3.2.6 Torsbjørka gruve

Torsbjørka gruve ligger i Meråker kommune og som navnet sier, i Torsbjørkdalen. Området er lokalisert ca. 400 m.o.h. mellom Samsikavollen og Storskorvolla og drenerer til Grubekken som løper inn i Torsbjørka oppstrøms Nesivolla.

Gruva er en underjordsgruve. Malmen ble oppdaget i 1831 og gruva kom i drift i 1837. I følge Rolseth (1945) ga gruva fram til nedleggelsen i 1870 i alt 13600 tonn smeltemalm som igjen ga 550 tonn kobber under smeltingen. Til å begynne med var malmen forholdsvis rik på kobber og ga ca. 4 % gar-kobber under smeltingen. Etterhvert økte innholdet av svovelkis som ikke hadde noen nytteverdi for kobberverket.

Gruva er idag vannfylt, men noe overløp er ikke synlig. I området er deponert en del bergvelter med varierende innhold av kisminerale. Det ligger også noen rester igjen etter prøvesmelting. En av tippene som ligger i underkanten av veien gjennom området, synes å være rik på kisminerale og produserer en del sterkt sur avrenning.

Tabell 22. Analyseresultater. Samlet avrenning fra Torsbjørka gruve. Grubekken.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l	Vannf l/s
10.10.96	6,0	4,71	12,3	4,45	0,57	0,35	1340	230	600		<10	30				
08.07.97	6,6	1,33	1,4	1,36	0,16	0,07	150	21,3	53,4	0,12	0,19	6,4	0,3	0,3	<0,1	290

Tabell 23. Analyseresultater. Sig fra velte mot Grubekken i nedre del av området (se figur 15).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l
10.10.96	2,60	284	1949	86	35,3	53	429	41,7	95,0	0,39	2,96	0,11	0,5	29,4

NIVA har foretatt befaringer til gruveområdet ved to anledninger den 10.10.96 (Iversen, 1998) og 8.07.97. Det ble tatt prøve av drensvann fra velte nedenfor veien gjennom området og av Grubekken like før den løper inn i Torsbjørka (samlede tilførsler fra området). Analyseresultatene er samlet i tabell 22 og tabell 23. Resultatene for sigevannet fra nevnte velte som antas å være største forurensningskilde i området, viser at vannet er sterkt surt med en pH-verdi på 2,6. Tungmetallinnholdet er også betydelig. Sigevannsmengdene var under våre befaringer beskjedne slik at transporten av forvitningsprodukter fra området av den grunn også blir beskjeden. Drensvannet setter likevel sitt synlige preg på Grubekken helt ned til samløpet med Torsbjørka. Under befaringen den 8.07.97 ble også vannføringen i Grubekken målt. Vannføringen på det tidspunktet ble antatt å være større enn normalt p.g.a. mye nedbør. Vannføringen ble målt til 290 l/s. Med en kobber- og sinkkonsentrasjon på henholdsvis 21 og 53 µg/l blir døgntransporten henholdsvis 0,5 og 1 kg/døgn for de to komponenter. På årsbasis blir transporten av størrelsesorden 0,2 tonn kobber og 0,5 tonn sink. Anslaget er svært usikkert og gir kun informasjon om størrelsesorden på transporten.

Under befaringene ble det også tatt prøver av Torsbjørka før og etter innblanding av Grubekken. Resultatene i tabell 24 viser at Torsbjørka er tydelig påvirket av avrenning fra gruveområder før tilløp fra Torsbjørka gruve ved at sinkkonsentrasjonen (9,1 µg/l) er høyere enn antatt bakgrunnsnivå. Dette forhold kan sannsynligvis ha sammenheng med tilførslene fra Kongens gruve. Det ble samtidig også tatt en prøve av Torsbjørka nedenfor Grubekken ved Mannseterbakken. Det ble her (tabell 25) ikke påvist noen økning i tungmetallverdiene. Dette betyr at tilførslene fra Torsbjørka gruve var ved prø-

vetakingen den 8.7.97 ikke større enn at tilførselene av fortynningsvann til vassdraget nedenfor var tilstrekkelig til å unngå en konsentrasjonsøkning i Torsbjørka. Den 10.10.96 ble prøven i Torsbjørka nedenfor Gruvbekken tatt ca. 2 km ovenfor Mannseterbakken ved Nesivollan, d.v.s. ca 1 km nedstrøms innblanding av Gruvbekken. Det ble da påvist en kobberkonsentrasjon på 27 µg/l. Ved slike nivåer er det tvilsomt om ørretbestanden kan overleve selv ved en kalsiumkonsentrasjon på 3 mg/l. Det er nødvendig med et mer omfattende undersøkelsesprogram for Torsbjørka for å få en bedre oversikt over den betydning tilførselene fra gruvene i nedbørfeltet har for biologiske og fysisk/kjemiske forhold i vassdraget under forskjellige årstider og nedbørforhold. Reguleringen av Torsbjørka har trolig medført relativt store variasjoner i tungmetallkonsentrasjonene nedstrøms inntaket til kraftverket som ligger ovenfor tilførselene fra Torsbjørka og Mannfjellet gruver.

Tabell 24. Analysresultater. Torsbjørka ovenfor tilløp av Gruvbekken.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
08.07.97	6,75	1,27	0,7	1,20	0,20	69	1,8	9,1	<0,02	0,02	8,4	0,7	<0,1	<0,1

Tabell 25. Analyseresultater. Torsbjørka ved Mannseterbakken (etter innblanding av Gruvbekken).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
10.10.96	6,80	2,76	3,0	3,01	0,42	210	27,0	75,2	0,12	0,35	17,8	0,8	0,4	<0,5	<0,2	0,3
08.07.97	6,69	1,13	0,7	1,01	0,15	63	2,9	8,0	<0,02	0,04	5,1	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1



Figur 15. Sig fra velte ved Torsbjørka gruve.

3.2.7 Mannfjellet gruve

Forekomstene under Mannfjellet var kjent under Selbo Kobberværks driftstid, men da kisen var relativt fattig på kobber og transportkostnadene store, ble noen drift ikke satt igang. Gruvedrift ble imidlertid igangsatt i siste driftsperiode under Meraker Gruber og var dette selskapets hovedgruve. Det er tatt ut ca. 200.000 tonn malm fra gruva. Malmen ble fraktet til kisivaskeriet ved Tømmerås v.h.a. taubane.

Mannfjellgruva ligger i Meråker kommune og som navnet sier under Mannfjellet i en høyde av ca. 590 m. Gruva er en underjordsgruve. Nedenfor de store dagåpningene er en grunnstoll som idag drenerer den sannsynligvis vannfylte gruva. Dagåpningene er godt sikret i de senere år. Utenfor grunnstollen ligger igjen en større velt som produserer en del sur avrenning. Drensvannet går gjennom et myrområde (se figur 17) og videre til Mannlibekken som løper inn i Torsbjørka nedenfor Mannseterbakken.

NIVA har tatt stikkprøver av bekken ved noen anledninger. Under prøvetakingene i 1997 ble også vannføringen målt. Resultatene er samlet i tabell 26. Bekken er betydelig påvirket av tilførselene fra gruveområdet. Laveste pH-verdi er målt til 5,18 og høyeste kobberverdi er målt til 75 µg/l. Prøvetakingen den 23.09.97 er trolig representativ for en periode med stor utvasking fra gruveområdet p.g.a. sterk nedbør.

Tabell 26. Analyseresultater. Mannlibekken ved veibru (kartref. 32VPR 342286, 1721 IV Flornes).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l	Vannf l/s
20.08.90	6,70	4,60	13				136	27,3	260		0,5					
19.08.92	5,92	3,62	11	3,76	0,59	0,23	980	60	310							
09.07.97	6,19	1,85	3,8	1,50	0,23	0,07	139	23,4	100	0,18	0,34	13,8	0,3	0,2	0,1	105
23.09.97	5,18	2,60	6,5	1,71	0,34	0,21	520	74,5	213	1,14	0,80	21,5	0,5	0,5	0,1	261

Dersom en legger observasjonene i 1997 til grunn og beregner årstransport ut fra enkeltobservasjoner, varierte kobbertransporten mellom 80 og 600 kg/år og sinktransporten mellom 330 og 1750 kg/år. Sannsynligvis tas store deler av jern- og kobberavrenningen fra gruveområdet opp i løsmassene nedenfor gruveområdet og når følgelig aldri fram til prøvetakingsstedet. Det er derfor vanskelig å angi hvor store tungmetallmengder som blir frigjort i gruveområdet. Avfallstippen er imidlertid største forurensningskilde i området. Figur 16 viser et foto av tippen. Sannsynlig kobber- og sinktransport til Torsbjørka anslås til omkring 0,2 tonn Cu/år og omkring 1 tonn Zn/år.



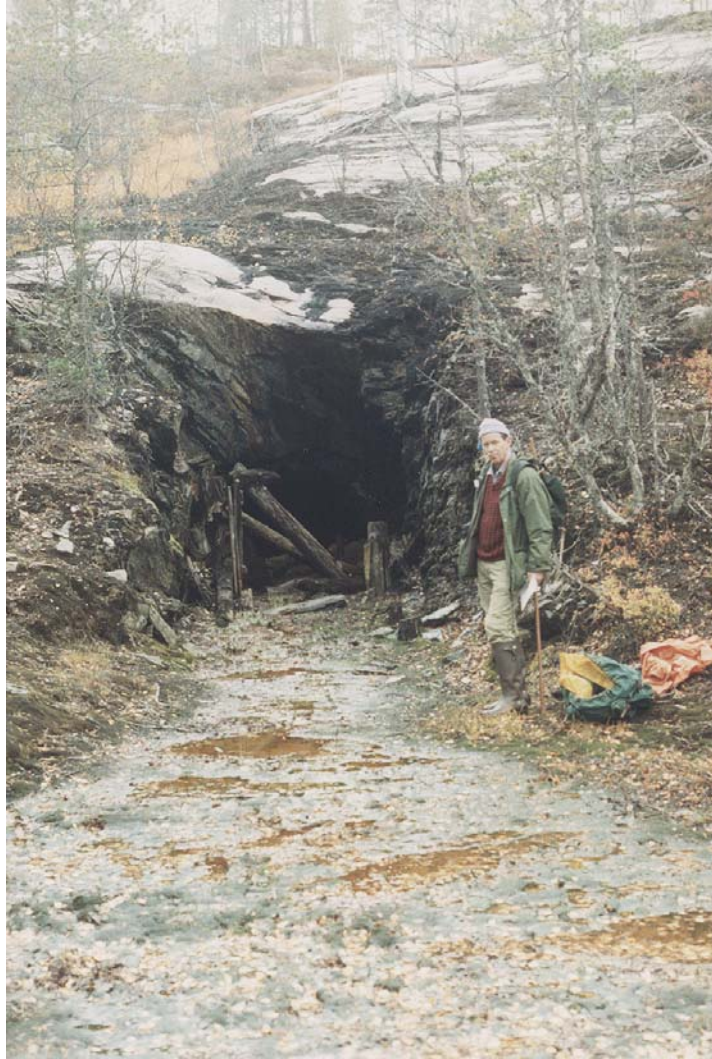
Figur 16. Velte ved Mannfjellet gruve.



Figur 17. Sig fra velte ved Mannfjellet gruve.

3.2.8 Fonnfjellet gruve

Fonnfjellgruva ligger i Meråker kommune og som navnet sier under Fonnfjellet i en høyde av 340-400 m nordøst for Finnskorrya. Området består av flere gruver. Den nederste er av størst forurensningsmessig betydning (kartref. 32 VPR 338345).



Figur 18. Utløp nedre stoll ved Fonnfjellet gruve.

Gruva ble først åpnet i 1820, men driften var ubetydelig på den tid. I siste driftsperiode fra 1905-20 under Meraker Gruber ble det tatt ut ca. 20.000 tonn. Nederste gruve ble trolig anlagt i siste driftsperiode. Nedre område består av en stoll som det kommer en del sterkt surt vann ut av. Utenfor stollen er også en velt som avgir en del sur avrenning. Samlet avrenning passerer gjennom et myrlendt område som tar opp store deler av avrenningen. I perioder med mye nedbør og utvasking når trolig deler av avrenningen fram til Vollbekken som løper inn i Stjørdalselva nedenfor Nustadfoss.

NIVA har tidligere foretatt befarings til området (Iversen, 1994) og prøvetatt gruvevann, sig fra velte og Vollbekken. I juli 1997 ble det tatt ny prøve av Vollbekken samtidig som vannføringen i bekken ble målt. I tabell 27 er alle analyseresultater for Vollbekken samlet.

Tabell 27. Analyseresultater. Vollbekken ved Brua (kartref. 32 VPR 354344).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l	Vannf l/s
20.08.90	7,05	1,5	1,5			185	5,1	20									
05.10.93	7,20	2,1	2,6	1,81	1,81	186	5,2	34	0,06	0,11	18,6	<0,5	0,3	<0,5	<0,2	<0,2	
09.07.97	6,20	0,7	0,6	0,36	0,1	34	1,8	4,7	0,05	0,03	3,1	<0,2	<0,1	<0,5	<0,2	0,1	177

Ved siste befarings var det knapt mulig å spore noen effekter av tilførselene fra gruveområdet. Resultatene fra de to foregående befaringsene tyder på at Vollbekken kan være påvirket av avrenning fra Fonnfjellgruva i perioder av året, særlig når det gjelder sink. Mesteparten av jern- og kobberavrenningen synes å bli fanget opp i løsmassene nedenfor gruveområdet. Tidligere observasjoner av gruvevannet (Iversen, 1994) viste at gruva var fattig på kobber og sink, d.v.s. det var svovelkisinnholdet som var grunnlaget for driften i siste periode.

3.2.9 Langsund gruve

Langsund gruve ligger i Meråker kommune ved Langsundbekken sørøst for Fossvatnet. Gruva ligger ved bekken og er delvis vannfylt. Den største velten inneholder lite kismaterialer.

Vi har ingen opplysninger om driften ved Langsund gruve. Sannsynligvis var den i drift i slutten av driftsperioden under Selbo Kobberværk.

NIVA har tatt prøver av Langsundbekken som mottar all avrenning fra gruveområdet, ved to anledninger. Analyseresultatene er samlet i tabell 28.

Tabell 28. Analyseresultater. Langsundbekken ved innløp i Fossvatn.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
04.10.93	7,03	4,25	1,8	4,51	0,95	600	43,9	49,7	<0,02	0,18	108	<0,5	0,5	<0,5	<0,2	<0,2
09.07.97	7,20	3,91	4,0	4,11	0,77	135	91,4	87,9	<0,02	0,27	77,4	0,9	0,7	<0,5	<0,2	0,2

Avstanden fra gruveområdet ned til prøvetaksstedet er bare noen hundre meter. Vannkvaliteten er merkbart påvirket av avrenning fra gruveområdet, med avrenningen er ikke så stor at den har noen innvirkning på pH-verdien. Vannføringen i bekken var forholdsvis beskjeden, ca. 2-5 l/s ved begge prøvetakingene. Tungmetalltilførselene fra Langsund gruve vurderes derfor som for beskjedne til å ha noen betydning for vannkvaliteten i Fossvatn hvor det dessuten er fisk. Fossvatn er regulert ved overføring av vann til tunnelen fra Dalåa. Overløpsvannet går den naturlige veien til Vatnbekken og Torsbjørka.

3.2.10 Klukken blyglansgruver

Rett sør for grensefjellet Storeklukken i Meråker kommune ligger noen mindre dagbrudd som er drevet på blyglans. Gruvene ligger i ca. 1000 meters høyde ved et lite tjern som har avløp til en bekk som fører inn i Sverige. Området drenerer i sin helhet til Sverige. Driften er av gammel dato og foregikk trolig før 1850. Ruinene av en driftsbygning i stein er igjen ved tjernet. Noen skjerp har avrenning til bekken som kommer fra tjernet. De fleste gruvene ligger på nordsiden av tjernet og drenerer mot en annen liten bekk som også går mot Sverige og ender opp i samme vassdrag på svensk side. I dette området ligger mye avfall fra driften som er rikt på kismaterialer, spesielt blyglans. Driften har vært forholdsvis beskjeden, men da avfallet inneholder mye kismaterialer, er drens vannet fra området betydelig påvirket av virksomheten.

Under befaringen til området den 23.09.97 ble det tatt prøve av bekken fra tjernet (st.1) og av bekken som drenerer de fleste av gruvene (st. 2). Analyseresultatene er samlet i tabell 29.

Tabell 29. Analyseresultater. Drensvann fra Kluku gruveluft tatt 23.09.97.

St.nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
1	4,05	7,76	16,3	2,00	0,36	0,80	210	32,3	20,5	294	0,51	46,5	3,8	5,7	<0,1
2	3,63	16,2	30,8	4,91	0,31	0,71	630	89,9	64,0	1300	2,26	101	8,2	12,4	<0,1
3	5,59	1,13	1,5	0,78	0,15	-	13	0,6	2,8	2,3	0,03	3,6	0,3	0,2	<0,1

Resultatene viser at begge bekker er betydelig tungmetallpavirket, særlig av bly. Da vannet ikke er brunfarget av jern, er det ikke lett for almenheten å vite at det ikke egner seg som drikkevann. Det bør derfor settes opp skilt i området med opplysning om at vannet er forurenset.

På vestsiden av Storekluku i omtrent samme høyde som blygruvene er også en del kobberskjerp. Bygningsrestene ved den største gruva er synlige fra gården øvre Kluksdal. Gruveområdet drenerer til en bekk som fører til Klukselva og videre til Kvernskardelva som er sideelv til Dalåa. Under befaringen ble det tatt prøve av en liten bekk like nedenfor den største gruva som ligger ved bygningsrestene (st. 3). Resultatene viser at tungmetallavrenningen fra dette området er uten betydning.

3.2.11 Andre mindre gruver

På Meråkersiden finnes flere skjerp som sannsynligvis er uten eller av liten forurensningsmessig betydning. Rolseth (1945) nevner i sin publikasjon følgende skjerp og områder med forsøksdrift : Ebba, Dudu, Gøsta, Anna, Knold, Dalå, Stadsås, Skomakermo, Storhusmannsberget, Sonvatna og Langsund. Bortsett fra sistnevnte er det i denne undersøkelsen ikke gjort noen forsøk på å lokalisere eller vurdere den forurensningsmessige betydningen av disse forekomstene. Sannsynligvis kan det kun påvises kun lokale effekter.

På Tydalsiden finnes flere mindre gruver som er drevet under Tydals verk og andre eiere som Esna gruve, Våråviken gruve og Ramfjellgruva. Gruvenes beliggenhet er markert på figur 1. Det er i denne undersøkelsen ikke foretatt noen befaringer til disse gruvene. Områdene er imidlertid godt beskrevet av Aasgaard (NGU, 1927) og ut fra disse beskrivelsene synes mulige forurensningseffekter kun å være av lokal art. Det henvises derfor til Aasgaards rapport for nærmere detaljer. Esna gruve som er den største av disse gruvene, er idag trolig neddemmet p.g.a. reguleringen av Essandsjøen og Nesjøen.

3.2.12 Smeltehytter og oppredningsverk

Selbo Kobberværk hadde smeltehytter ved Mølnåen i Selbu og ved Kistafoss i Tydal. I tillegg bygget Tydals verk en hytte ved Seteråa i Tydal. Det er idag lite avfall igjen i disse hytteområdene. Ved Mølnåen er det knapt noe avfall synlig. Hytteplassen ved Seteråa hytte er idag neddemmet. Noe avfall er fortsatt synlig ved Kistafoss. Områdene har derfor neppe noen betydning i forurensningssammenheng idag. En har i denne undersøkelsen ikke tatt sikte på noen nærmere kartlegging av hytteområdet ved Nustadfoss. Selv om store deler av slagget her er trolig benyttet til oppfyllingsformål i bygda eller ført på elva vil en trolig fortsatt finne at grunnen er sterkt forurenset. Analyseresultater for stasjonen nedstrøms i Stjørdalselva ved Flåan bru tyder ikke på at tungmetallavrenningen fra hytteområdet ved Nustadfoss er stor sammenlignet med tilførselene via Gilsåa/Dalåa og Torsbjørka. De største restene etter hyttedriften finner en ved Gilsåa hytte ved Hyttmoen mellom Stordal og Rotvoll. Her er også noen bygninger igjen fra siste driftstid som tok slutt i 1879. Grunnen i hytteområdet er tydelig tungmetallforgiftet. Det ble av den grunn tatt prøver av Gilsåa oppstøms og nedstrøms hytteplassen

ved to anledninger den 4.10.93 og 31.10.96. Prøvene er tatt der stien til Lillefjell gruve krysser Gilsåa og nedenfor hytteplassen etter innblanding av Svartåa. Analyseresultatene er samlet i tabell 30 og tabell 31.

Tabell 30. Analyseresultater. Gilsåa før Gilså hytte.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
04.10.93	7,17	4,26	2,4	5,79	0,71	110	25,6	72,7	0,16	<0,01	18,0	<0,5	0,5	<0,2
31.10.96	6,92	3,10	2,4	4,22	0,52	-	67,0	118	0,44	0,28	43,7	0,9	2,0	<0,1

Tabell 31. Analyseresultater. Gilsåa nedenfor Gilså hytte etter tilløp av Svartåa.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	As µg/l
04.10.93	7,06	4,16	2,1	5,61	0,7	120	20,3	63,0	5,75	0,25	12,4	<0,5	0,3	<0,2
31.10.96	6,94	3,05	2,3	4,05	0,5		37,5	69,2	0,15	0,09	11,1	0,6	0,4	<0,1

Resultatene tyder ikke på at avrenningen fra hytteplassen betyr noe vesentlig for tungmetallnivået i Gilsåa som er høyt fra før p.g.a tilførselene fra Lillefjell gruve. Det er vanskelig å vurdere avrenningen fra hytteplassen nærmere p.g.a fortynning med uforurenset vann fra Svartåa. Tungmetallkonsentrasjonene er av den grunn lavere nedenfor hytteplassen enn ovenfor.

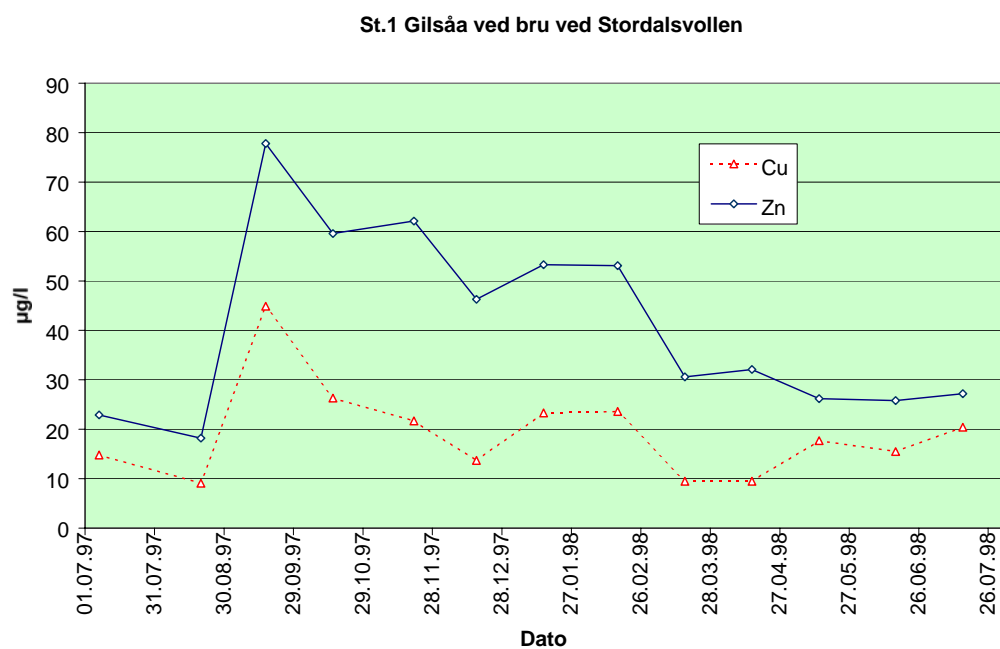
Ved Tømmerås der kislavaskeriet lå i siste driftperiode, er grunnen fortsatt synlig tungmetallpåvirket. I perioder med mye nedbør kan en se surt drensvann der råmalmen ble dumpet fra taubanen samt i veigrøfta nedenfor området der driftsbygningen sto. Avgangen ble sannsynligvis ført på elva v.h.a en trefenne slik det var vanlig på den tid. Avrenningen fra området følger grunnvannet ned mot der Torsbjørka løper inn i Stjørdalselva. En kan heller ikke se bort fra at avgang er benyttet til oppfyllingsformål andre steder i bygda. I denne undersøkelsen vil mulige effekter av avrenningen fra dette området eller fra andre diffuse kilder i Meråker tettsted fanges opp av prøvetakingsstasjonen i Stjørdalselva nedenfor Meråker tettsted ved brua ved Flåan.

3.2.13 Vannkvalitet i Gilsåa ved Stordalsvollen (St.1)

En av målsettingene for dette prosjektet er å beregne tungmetalltransporten i Dalåavassdraget til Stjørdalselva. Det enkleste stedet å prøveta samtidig som en kan måle vannmengder, er i selve Dalåa ved inntaket til kraftverket. Da det også er viktig å ha relativt høye tungmetallverdier å måle på for at presisjonen skal være så god som mulig, ble det besluttet å flytte prøvetakingsstedet et stykke høyere opp i vassdraget i Gilsåa ved Stordalsvollen som er like før Gilsåa løper sammen med Kvernskardelva til Dalåa. Prøvetakingsstasjonen fanger opp avrenning fra Lillefjell, Gilså og Dronningens gruver, samt fra området ved Gilså hytte.

Resultatene fra ett års prøvetakinger er samlet i tabell 32. Resultatene viser at vannkvaliteten har en pH-verdi omkring 7, d.v.s at de sure tilførselene fra Lillefjell gruve ikke påvirker pH-verdien i Gilsåa i nevneverdig grad. Vannkvaliteten er ionefattig med relativt lave verdier for konduktivitet, kalsium og magnesium i deler av året. Alkalimetallinnholdet er lavest i perioder med stor vannføring som under vårfloppen og når avrenningen fra høyfjellsområdene er stor. Kalsiumkonsentrasjonene varierte mellom 1,8 og 7,6 mg/l og med en middelværdi på 4 mg/l for måleperioden. Når det gjelder tungmetallene, er det i første rekke kobber- og sinkkonsentrasjonene som viser betydningen av tilførselene fra gruveområdene tydeligst. Kobber har størst betydning i toksisitetssammenheng. Kobberkonsentrasjonene varierte mellom 9 og 45 µg/l i måleperioden. Middelværdi er beregnet til 19 µg Cu/l. Slike nivåer vil normalt forårsake store effekter i de biologiske forhold. De øvrige tungmetallkonsentrasjoner er lave.

I figur 19 er kobber- og sinkkonsentrasjonene i måleperioden fremstilt grafisk.



Figur 19. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i Gilsåa ved Stordalsvollen 1997-98.

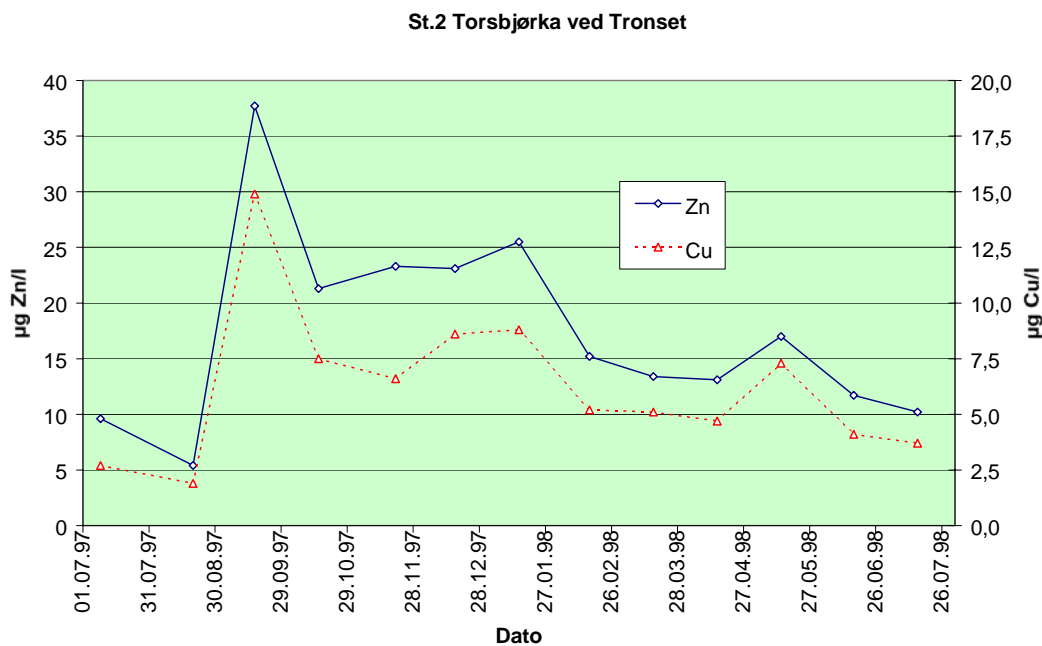
Tabell 32. Analyseresultater. Stasjon 1. Gilsåa ved bru ved Stordalsvollen (kartref. 32VPR 422239, 1721 I Meråker).

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
07.07.97	6,96	1,65	1,0	1,82	0,23	81	14,8	22,9	0,03	<0,01	5,7	0,5	0,1	<0,5	<0,2	<0,1
20.08.97	7,30	3,75	2,0	4,97	0,57	-	9,1	18,2	<0,02	0,03	2,7	<0,2	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
17.09.97	6,98	2,57	2,3	3,55	0,42	197	44,9	77,8	0,06	0,13	9,2	0,4	0,5	<0,5	<0,2	0,1
16.10.97	7,10	3,63	2,1	4,61	0,60	200	26,3	59,6	0,03	0,13	19,0	0,6	0,3	<0,5	<0,2	<0,1
20.11.97	7,04	3,52	2,9	3,97	0,66	86	21,7	62,1	0,05	0,09	14,3	0,5	0,2	<0,5	<0,2	<0,1
17.12.97	7,13	7,71	2,6	6,67	0,82	120	13,7	46,3	0,04	0,08	16,1	0,3	0,2	<0,5	<0,2	<0,1
15.01.98	7,10	4,14	2,5	5,53	0,71	172	23,3	53,3	0,07	0,09	31,1	0,5	0,4	<0,5	<0,2	<0,1
16.02.98	6,97	3,71	2,1	4,23	0,60	275	23,6	53,1	0,17	0,09	33,6	0,6	0,4	<0,5	<0,2	0,1
17.03.98	7,30	4,89	2,2	2,20	0,83	159	9,5	30,6	0,04	0,04	21,9	0,4	0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.04.98	7,40	5,47	2,6	7,56	0,92	96	9,5	32,1	0,06	0,03	16,9	0,4	0,1	<0,5	<0,2	<0,1
14.05.98	6,94	1,95	1,1	2,30	0,31	160	17,7	26,2	0,08	0,05	13,9	0,5	0,3	<0,5	<0,2	<0,1
16.06.98	6,98	1,67	1,0	2,10	0,25	87	15,5	25,8	0,05	0,05	5,1	0,3	0,2	<0,5	<0,2	<0,1
15.07.98	6,97	1,91	1,1	3,03	0,36	195	20,4	27,2	0,07	0,05	11,1	0,7	0,2	<0,5	<0,2	<0,1
Gj.snitt	7,09	3,58	2,0	4,04	0,56	152	19,2	41,2	0,16	0,07	15,4	0,4	0,2			
Maks.verdi	7,40	7,71	2,9	7,56	0,92	275	44,9	77,8	0,17	0,13	33,6	0,7	0,5	<0,5	<0,2	0,1
Min.verdi	6,94	1,65	1,0	1,82	0,23	81	9,1	18,2	<0,02	0,03	2,7	<0,2	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
Std.avvik	0,15	1,75	0,7	1,81	0,23	60	9,6	18,6	0,20	0,04	9,4	0,2	0,1			

3.2.14 Vannkvalitet i Torsbjørka ved Tronset (St.2)

Vannføringen i Torsbjørka er også regulert ved at den tas inn i overføringstunnelen ved Skakkelvollen et stykke oppstrøms Torsbjørka gruve. Dette betyr at de største tungmetalltilførslene til vassdraget kommer inn nedenfor inntaket til kraftverket. Reguleringen av dette vassdraget kan derfor ha medført en forverring av vannkvaliteten i nedre del av vassdraget. Da mye av fortynningsvannet er borte, kan en trolig observere relativt store variasjoner i tungmetallnivåene på strekningen fra Grubbekken ved Torsbjørkgruva og nedover, og særlig nedstrøms tilløpet av Mannlibekken. Som tidligere nevnt er det observert et noe høyere tungmetallnivå enn normalt også ovenfor Torsbjørkgruva (tabell 24, avsnitt 3.2.7), men dette gjaldt i første rekke sink som er mindre toksisk enn kobber. Prøvetaksingsstedet ved Tronset ligger ovenfor mulig tilførsler fra oppredningsverket ved Tømmerås.

I tabell 33 er gjort en sammenstilling av ett års observasjoner i Torsbjørka ved Tronset. I figur 20 er observasjonsmaterialet for kobber og sink avbildet grafisk. Av observasjonsmaterialet ser en at det i september 1997 ble observert kobber- og sinkkonsentrasjoner på henholdsvis 15 og 38 $\mu\text{g/l}$. I denne perioden var det spesielt stor utvasking fra gruveområdene p.g.a. mye nedbør. Tungmetallobservasjonene som er gjort i Torsbjørka tyder på at det kan forekomme episoder med bl.a. relativt høye kobberkonsentrasjoner som kan ha skadelige effekter på biologiske forhold.



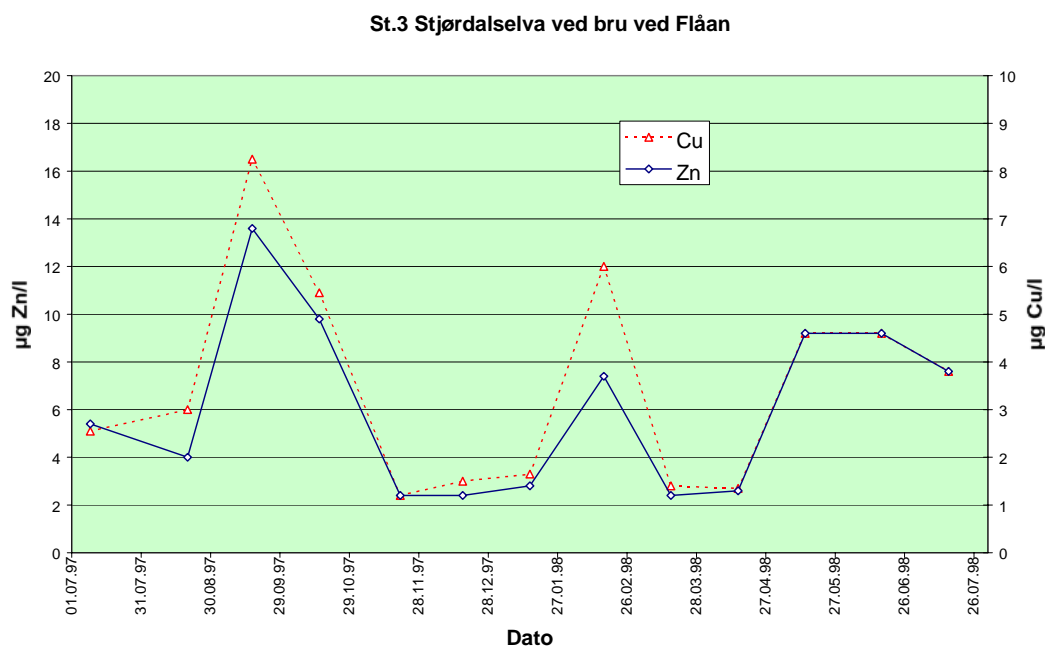
Figur 20. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i Torsbjørka ved Tronset.

Tabell 33. Analyseresultater. Stasjon 2. Torsbjørka ved Tronset.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
09.07.97	6,82	1,40	0,9	1,25	0,21	34	2,7	9,6	<0,02	0,04	3,8	0,4	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
20.08.97	6,97	1,53	1,2	1,66	0,23		1,9	5,4	<0,02	0,01	1,3	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
17.09.97	6,37	1,91	2,0	2,02	0,35	300	14,9	37,7	0,20	0,10	22,7	1,0	0,4	0,6	0,3	0,1
16.10.97	6,95	3,57	2,6	3,79	0,63	120	7,5	21,3	0,24	0,06	4,3	0,8	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
20.11.97	7,33	4,20	2,8	5,72	0,73	93	6,6	23,3	0,80	0,06	4,7	0,8	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
17.12.97	6,96	2,96	2,5	3,52	0,50	190	8,6	23,1	0,12	0,04	4,8	0,7	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.01.98	6,96	3,17	2,7	3,47	0,52	101	8,8	25,5	0,09	0,07	10,3	0,6	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
16.02.98	6,61	2,99	2,0	2,51	0,53	136	5,2	15,2	0,12	0,06	25,8	1,1	0,2	<0,5	<0,2	0,1
17.03.98	6,92	3,54	2,1	3,39	0,60	125	5,1	13,4	0,18	0,04	7,0	0,7	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.04.98	7,17	4,41	2,8	4,72	0,75	93	4,7	13,1	0,04	0,03	2,0	0,8	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
14.05.98	6,92	1,93	1,4	1,82	0,29	140	7,3	17,0	0,07	0,06	8,6	0,7	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
16.06.98	6,84	1,40	1,0	1,50	0,22	47	4,1	11,7	0,15	0,04	2,5	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.07.98	6,98	1,50	1,1	1,79	0,26	53	3,7	10,2	0,07	0,02	2,6	0,6	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
Gj.snitt	6,91	2,65	1,9	2,86	0,45	119	6,2	17,4	0,16	0,05	7,7	0,7				
Maks.verdi	7,33	4,41	2,8	5,72	0,75	300	14,9	37,7	0,80	0,10	25,8	1,1	0,4	0,6	0,3	0,1
Min.verdi	6,37	1,40	0,9	1,25	0,21	34	1,9	5,4	<0,02	0,01	1,3	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
Std.avvik	0,23	1,10	0,7	1,37	0,20	72	3,4	8,6	0,20	0,02	7,8	0,2				

3.2.15 Vannkvalitet i Stjørdalselva ved bru ved Flåan (St.3)

Ved Flåan bru er alle alle tilførselene fra gruveområdene blandet inn i Stjørdalselva. Alle analyseresultatene er samlet i tabell 34. Resultatene viser en vannkvalitet med pH-verdier litt under 7. Kalsiuminnholdet er relativt lavt og ligger mesteparten av året mellom 2 og 3. Vannkvaliteten er tydelig påvirket av tilførselene fra gruveområdene ved forhøyede verdier for kobber og sink. I måleperioden varierte kobberkonsentrasjonene mellom 1,2 og 6,8 $\mu\text{g/l}$, mens sinkkonsentrasjonene varierte mellom 2,4 og 16,5 $\mu\text{g/l}$. Figur 21 viser grafisk observasjonsmaterialet for kobber og sink. En ser at tungmetallkonsentrasjonene var spesielt høye i september 1997. Tilsvarende effekter ble også observert ved de andre stasjonene. En kobberkonsentrasjon på 6,8 $\mu\text{g/l}$ skal normalt ikke forårsake noen skadelige effekter på biologiske forhold. Da vannkvaliteten er merkbart påvirket, trengs det imidlertid et mye tettere observasjonsmateriale for å kartlegge maksimumsverdier.



Figur 21. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i Stjørdalselva ved bru ved Flåan 1997-98.

For å få en oppfatning om bakgrunnsnivåene for tungmetaller i Stjørdalselva, ble det tatt en prøve av Tevla ved Tovmodalen som er oppstrøms inntaksmagasinet til Meråker kraftverk. Analyseresultatene som er samlet i tabell 35, viser konsentrasjoner av kobber og sink på henholdsvis 0,6 og 0,9 $\mu\text{g/l}$. Disse verdiene er benyttet for å beregne bakgrunnstransporten av nevnte komponenter i vassdraget.

Det er også tatt en stikkprøve av Tevla ved veibru til Stordal. Vannkvaliteten her representerer tilstanden i overløpsvannet fra inntaksmagasinet, d.v.s overført vann fra Dalåa og Torsbjørka blandet med vann fra Tevla og Fossvatnet (se figur 3). Analyseresultatene som er samlet i tabell 36, viser kobber- og sinkkonsentrasjoner på henholdsvis 4,5 og 6,4 $\mu\text{g/l}$. Selv om vannkvaliteten er tydelig tungmetallpåvirket, vil disse nivåene normalt ikke forårsake noen skadelige effekter på fisk. Spredningen i tungmetallkonsentrasjonene bør likevel kartlegges nærmere siden vannkvaliteten benyttes til oppdrettsformål.

Stikkprøver tatt i Stjørdalselva ved Hegra viser at man her knapt kan spore noen effekter av tilførselene fra Meråkerfeltet (se tabell 37).

Tabell 34. Analyseresultater. Stjørdalselva ved bru ved Flåan.

Dato	Vannf m ³ /s	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
10.10.96		6,95	3,05	1,9	3,51	0,55	162	6,2	13,7	0,15	0,02	16,1	0,8	<0,1	<0,5	<0,2	0,2
09.07.97	44,7	6,83	1,86	0,9	1,86	0,28	65	2,7	5,1	0,06	<0,01	14,8	0,4	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
20.08.97	29,8	6,90	2,18	1,0	2,20	0,32		2,0	6,0	0,11	0,02	56,7	0,3	0,2	<0,5	<0,2	<0,1
17.09.97	52,8	6,84	2,31	1,6	2,77	0,41	200	6,8	16,5	1,68	0,02	13,6	0,6	0,2	<0,5	<0,2	0,1
16.10.97	32,2	6,97	2,62	1,5	2,93	0,41	96	4,9	10,9	0,11	0,02	12,0	0,5	0,1	<0,5	<0,2	0,1
20.11.97	29,2	6,89	2,15	1,1	2,27	0,33	53	1,2	2,4	0,06	<0,01	7,6	0,2	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
17.12.97	38,6	6,85	2,13	1,1	2,38	0,33	46	1,2	3,0	0,22	<0,01	5,6	0,2	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.01.98	28,7	6,91	2,50	1,2	2,74	0,38	48	1,4	3,3	0,08	0,01	8,4	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
16.02.98	26,6	6,67	3,45	1,9	3,40	0,55	190	3,7	12,0	1,53	0,04	60,6	1,4	0,5	1,1	0,8	0,2
17.03.98	40,4	6,92	2,43	1,2	2,61	0,38	89	1,2	2,8	0,08	0,01	10,0	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
15.04.98	15,1	6,97	2,98	1,4	3,19	0,46	87	1,3	2,7	0,07	<0,01	14,6	0,3	<0,1	<0,5	<0,2	<0,1
14.05.98	19,7	6,58	2,16	1,2	2,05	0,34	170	4,6	9,2	0,46	0,02	12,9	0,6	0,1	<0,5	<0,2	<0,1
16.06.98	21,8	6,89	1,84	1,1	2,06	0,30	102	4,6	9,2	0,20	0,02	7,0	0,5	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
15.07.98	23,6	6,91	2,08	1,1	2,54	0,35	91	3,8	7,6	0,12	0,04	8,6	0,6	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
Gj.snitt	31,0	6,86	2,36	1,3	2,54	0,37	103	3,0	7,0	0,37	0,02	17,9	0,5	0,1			
Maks.verdi	52,8	6,97	3,45	1,9	3,40	0,55	200	6,8	16,5	1,68	0,04	60,6	1,4	0,5	1,1	0,8	0,2
Min.verdi	15,1	6,58	1,84	0,9	1,86	0,28	46	1,2	2,4	0,06	<0,01	5,6	0,2	<0,1	1,1	0,8	0,1
Std.avvik	10,6	0,11	0,45	0,3	0,46	0,07	54	1,8	4,4	0,56	0,01	18,4	0,3				

Tabell 35. Analyseresultater. Tevla ved bru ved Tovmodalen.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
10.09.98	7,40	5,17	1,7	7,34	0,72	0,6	0,9	0,05	<0,01	15,2	0,4	<0,1	0,6	<0,2	<0,1

Tabell 36. Analyseresultater. Tevla ved bru til Stordal (overløp inntaksdam).

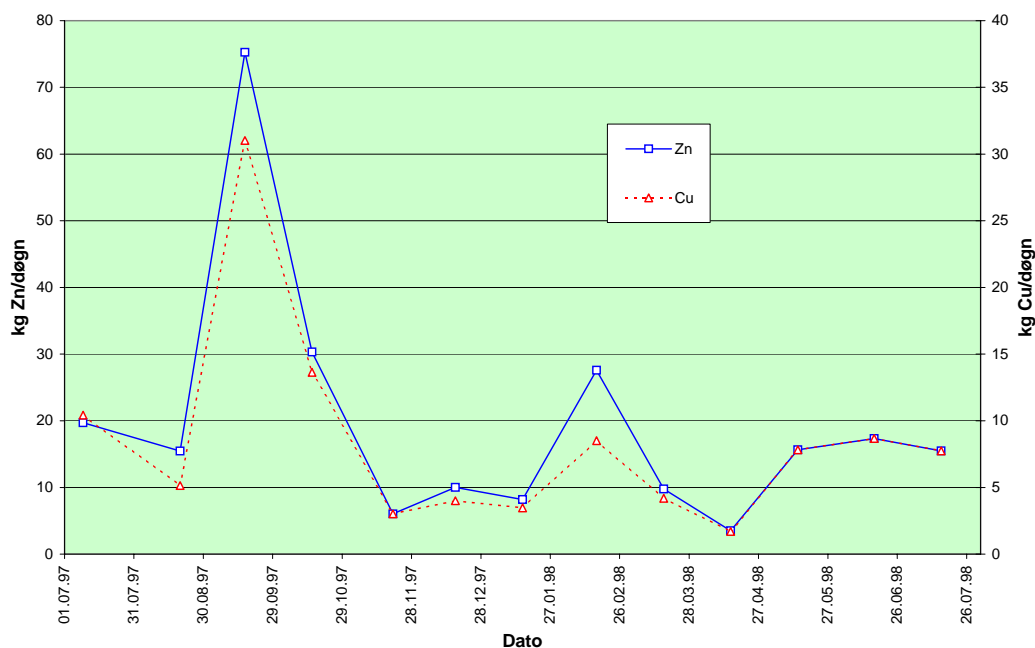
Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
07.07.97	6,96	1,94	0,9	2,27	0,29	118	4,5	6,4	0,05	0,02	18,7	0,4	<0,1	<0,5	<0,2	0,1

Tabell 37. Analyseresultater. Stjørdalselva ved Hegra bru.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	As µg/l
09.07.97	7,20	3,91	4,0	4,11	0,77	135	1,9	3,3	0,46	<0,01	6,9	0,6	<0,1	<0,5	<0,2	0,1
17.09.97	6,96	2,71	1,4	3,13	0,52	260	2,2	5,0	0,23	0,02	13,4	1,0	0,2	<0,5	0,4	<0,1

4. Forurensningstransport

For å beregne forurensningstransporten er en avhengig av gode vannføringsobservasjoner i hovedvassdraget og ved de enkelte kildene en ønsker å observere. I Meråkerfeltet har NVE beregnet daglige vannføringer i Stjørdalselva ved Flåan bru. I denne rapporten er hele beregningsgrunnlaget ikke tatt med, men figur 5 viser forløpet av vannføringskurven. Ved å summere alle døgnvannføringer for måleperioden 9.07.97 til 15.07.98 kan årsavrenningen beregnes til $1,14 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. I tabell 34 er de daglige vannføringer ved prøvetakingstidspunktene samlet. Ved hjelp av analyseresultater for kobber og sink og daglige vannføringsobservasjoner viser figur 22 hvordan døgntransporten for de to komponenter varierte i måleperioden.



Figur 22. Kobber- og sinktransport i Stjørdalselva ved Flåan bru.

En ser av kurven at det var tre perioder med høy metalltransport i vassdraget. I september-oktober 1997 var det meget stor utvasking av forvitningsprodukter fra gruveområdene p.g.a. mye nedbør. I tiden 18.-21. februar 1998 var det en mildværsperiode med mye regn, noe som forårsaket en sannsynligvis kortvarig transportøkning på denne årstiden. Likeledes ga snøsmeltingsperioden om våren (mai-juli) en tilsvarende økning i transporten. Med en slik begrenset prøvetakingsfrekvens som i dette programmet er det vanskelig å få med seg alle episoder med stor tungmetalltransport. Det er også vanskelig f.eks å vurdere hvilket døgn en hadde transportmaksimum i september-oktober 1997 og hvor stor transporten var ved transportmaksimum. Vi regner likevel med at prøvetakingsprogrammet gir et forholdsvis reelt bilde av hvordan tungmetalltransporten i vassdraget forløp i måleperioden, slik at en kan beregne en pålitelig årstransport. Vanligvis pleier vi å beregne årstransporten ved å summere tidsveiede døgntransporter (arealet under transportkurven). I dette tilfelle har en ikke tilsvarende daglige vannføringsobservasjoner i tilløpselvene Gilsåa og Torsbjørka, men har beregnet årsavrenningen ut fra nedbørfeltets størrelse og overførte vannmengder til kraftverket. For å sammenligne transporten i tilløpselvene med transporten i hovedvassdraget har en derfor i tabell 38 valgt å beregne årstransporten v.h.a. middelverdier for analyseparametre og årlig avrenning.

Tabell 38. Årstransport av kobber og sink fra viktigste gruver i Meråkerfeltet.

Gruveområde	Cu Tonn/år	Zn Tonn/år
Kongens gruve (utløp Litklepptjønna)	0,1	0,6
Torsbjørka gruve (Gruvbecken)	0,2	0,5
Mannfjellet gruve (Mannlibekken)	0,2	1,1
Torsbjørka ved Tronset	0,6	1,6
Lillefjell (målt i Gilsåa)	2,1	4,5
Sum alle	2,6	6,7
Stjørdalselva ved Flåan bru	3,4	8,0
Naturlig bakgrunnstransport	0,7	1,0
Stjørdalselva minus bakgrunn (samlede tilførsler fra gruveområdene)	2,7	7,0

Som grunnlag for å beregne bakgrunnstransporten av kobber og sink i Stjørdalselva har en benyttet analyseresultatene for Tevla ved Tovmodalen (se tabell 35) og beregnet årsavrenning ved Flåan bru.

Når det gjelder de enkelte gruveområder, kan anslaget for Kongens gruve være for lavt da en har bare en observasjon å støtte seg på, som i tillegg ble tatt ved stor vannføring da den ennå var en del snø rundt Litklepptjønna. Transporten er beregnet v.h.a. en beregnet årsmiddelavrenning på 0,37 m³/s (se tabell 9). Mesteparten av avrenningen fra Kongens gruve blir overført til Tevla magasin via inntaket i Torsbjørka. En må også regne med at deler av kobberavrenningen fra gruveområdet felles ut i Litklepptjønna.

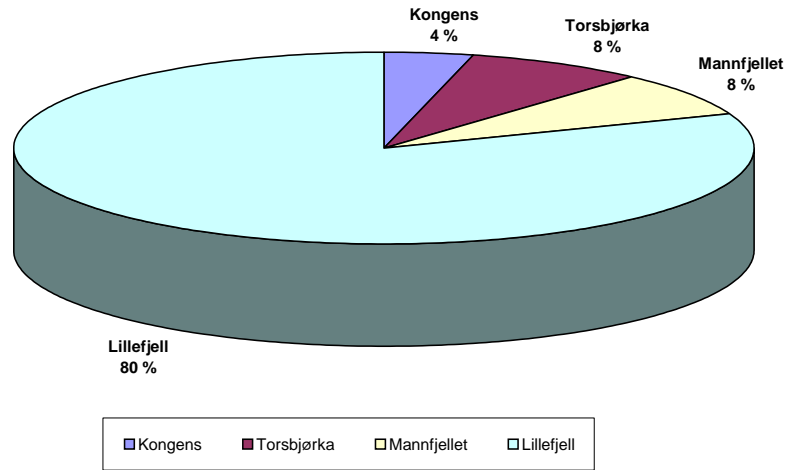
Ved Torsbjørka og Mannfjellet gruver har en beregnet årstransporten v.h.a. middelerverdier for de observasjoner som er gjort i bekkene og beregnet årlig middelvannføring. Som tidligere nevnt, når deler av kobberavrenningen fra Mannfjellet gruve trolig ikke fram til prøvetakingsstedet idet løsmassene (myrområder) nedenfor tippene tar opp mye tungmetaller.

En har også beregnet kobber- og sinktransporten i Torsbjørka ved Tronset v.h.a. middelerverdier for analyseparametre og samlet årsavrenning. Ved denne stasjonen har tungmetalltransporten i det vesentligste sin årsak i tilførsler fra Torsbjørka og Mannfjellet gruver. Beregnet transport ved Tronset stemmer godt med anslagene for Mannfjellet og Torsbjørka gruver.

Transporten fra Lillefjell gruve er beregnet på grunnlag av observasjonene i Gilsåa ved Stordalsvollen (like før samløp med Kvernskardelva). Her får en også med mulige tilførsler fra smeltehytteområdet. På den annen side vil trolig deler av kobberavrenningen fra gruveområdet tas opp i løsmassene nedenfor gruveområdet samt felles ut i vassdraget ned til prøvetakingsstedet. En antar derfor at årlig kobberavrenning fra Lillefjell gruve for tiden er nærmere 3 tonn. Mesteparten av tilførslene via Gilsåa blir overført til Tevla magasin.

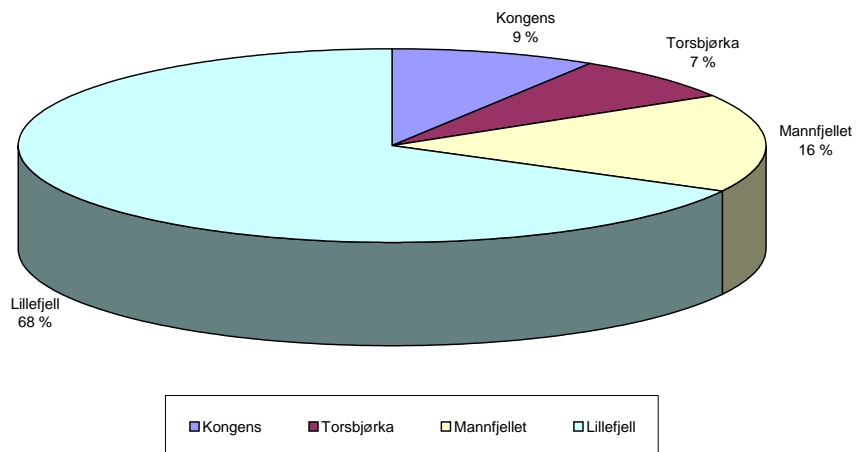
Figur 23 og figur 24 viser hvordan årsavrenningen av kobber og sink fordeler seg prosentvis på de enkelte kilder. Figurene viser at Lillefjell gruve er i særklasse største forurensningskilde i nedbørfeltet. Dersom en ønsker å redusere tungmetallbelastningen på Stjørdalselva vil det derfor være viktigst å vurdere tiltak ved Lillefjell gruve. Ved de andre lokalitetene vil det i første rekke være hensynet til de lokale nedbørfelt som eventuelle tiltak kan begrunnes med. I dagens situasjon synes eventuelle effekter en kan finne i disse nedbørfeltene ha sammenheng med redusert vannføring og dårligere fortynning som følge av kraftverksreguleringen.

Kobbertransport



Figur 23. Prosentvis fordeling av kobbertransport på de viktigste kilder i Meråkerfeltet.

Sinktransport



Figur 24. Prosentvis fordeling av sinktransport på de viktigste kilder i Meråkerfeltet.

5. Biologiske effekter

5.1 Innledning

For å undersøke om samfunnene av begroingsalger (perifyton) i Stjørdalselva har utviklet toleranse for metallforurensning ble det gjort en s.k. PICT¹-studie, hvor effekten av sink og kobber på fotosynteseaktiviteten i perifyton fra ulike steder i vassdraget ble målt.

Bunndyr er en stor og variert gruppe organismer som omfatter arter med svært forskjellige egenskaper. Det finnes ekstreme rentvannsarter og det er arter som er meget tolerante overfor forurensninger. Dette er en nødvendig forutsetning for å kunne bruke samfunnet av bunndyr på og i elvebunnen som et verktøy i overvåking og klassifisering av forurensede resipienter. Bunndyrsamfunnene er viktige for omsetningen av organisk materiale i vassdraget og derved for vassdragets selvrensningsevne. Dyregruppen har også en viktig funksjon som næring for fisken i vassdragene våre.

Sammensetningen av et dyresamfunn på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange populasjonene i et samfunn har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil også bunndyrsamfunnet endres. Ved å analysere bunndyrsamfunnets sammensetning vil det derfor være mulig å få fram informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten (Aanes og Bækken 1989). Gjennom sitt livsløp gir bunndyrene et integrert bilde av forholdene i vassdraget over lengre tid, og vi får frem, ved å studere bunndyrsamfunnenes oppbygning og sammensetning, en samlet effekt av alle miljøfaktorene som påvirker vannkvaliteten på prøvetaksstedet.

Elver og innsjøer i Meråker-området er mye benyttet til fritidsfiske og Stjørdalselva har vært og er en av midt-Norges beste lakseelver (Mjøen, 1996). Laksevandringen opp elva stopper ved Nustadfoss, ved Meråker sentrum. I tillegg til ørret og røye, finnes det kanadisk bekkerøye, stingsild og karuss i vannforekomster i området. I tillegg til studier av vegetasjon og bunndyr ble det derfor også gjort undersøkelser av levevilkår for ørret i området.

¹ PICT: Pollution-induced community tolerance

5.2 Brukerinteresser i Stjørdalsvassdraget

Stjørdalselva har vært og er en av de beste lakse-elve i midt-Norge. Fritidsfisket etter laks i elva har en over 100-år gammel historie. Laksefisket i Stjørdalselva går opp til Nustadfoss i Meråker sentrum. Fangsten i 1995 var på omkring 6500 kg, noe som ligger noe under gjennomsnittet for de foregående år. Det er en betydelig turisme i området knyttet til laksefiske. I tillegg til laks og ørret har det vært registrert stingsild, ål og skrubbe i nedre deler av Stjørdalselva (Arnekleiv *et al.*, 1995) og det er bestander av ørret og røye i mange vann i området. Hvis gruveavrenning påvirker den naturlige laksestammen i Stjørdalselva må dette sees på som alvorlig.

Avrenning fra gruver skjer i et område som ikke er naturlig oppvekstområde for laks. Det vil imidlertid være en tilførsel av metaller i den øvre enden av laksens vandringsområde (Meråker sentrum) som så vil fortynnes nedover Stjørdalselva. I tillegg settes det ut inntil 80 000 lakseyngel årlig på utvalgte steder i vassdraget ovenfor Nustadfoss. Denne yngelen oppdrettes på Stjørdalselva klekkeri som ligger i Meråker (se nedenfor).

Etter kraftutbygging er vanntilførselene fra Tevla, Dalåa/Gilsåa og Torsbjørka endret, noe som vil kunne ha direkte konsekvenser for fisk i tillegg til at det trolig vil kunne påvirke metallnivåene i vannet. Vann med varierende og tildels relativt høyt tungmetallinnhold blir ledet fra Torsbjørka og Dalåa til et magasin i Tevla, også kalt Grønbergdammen.

Det har tidligere vært utført undersøkelser av vekstforhold, rekruttering og vandring av laks i Stjørdalsvassdraget og tilgrensende vassdrag (Arnekleiv, 1985, 1986; Berger *et al.*, 1988; Arnekleiv *et al.*, 1995). Arnekleiv *et al.* (1995) undersøkte også tilstanden til vegetasjon og bunndyr i Meråker-området. Resultatene fra disse undersøkelsene tydet på at det er lave tettheter av ung ørret i Dalåa og Torsbjørka og at de har dårlige oppvekstbetingelser. Videre ble det funnet mindre artsrik bunnfauna på de fleste stasjonene i Dalåa og Torsbjørka sammenlignet med en stasjon i Tevla (Arnekleiv *et al.*, 1995).

Det har vært gjentatte episoder med dødelighet av laks i klekkeriet i Meråker. Det er særlig stamfisken som har vært utsatt. Observasjoner på anlegget og av veterinær tyder på at dødeligheten kan knyttes til metaller i inntaksvannet (Mjøen, pers. medd.). Klekkeriet tar inn vann fra Dalåa/Tevla/Stjørdalselva oppstrøms Nustadfoss og nedstrøms utløp av Torsbjørka.

5.3 Metalltoleranse i perifyton

Analysene av vannprøver fra prøvetakingsstasjonene viser lave konsentrasjoner av metaller på referansesasjonen Kvernskardelva (se tabell 39). I Torsbjørka var konsentrasjonene av Cu og Zn 5-10 ganger høyere. Også Cd-konsentrasjonen var noe høyere enn referansesasjonen, mens blynivåene var noe lavere. Gilsåa hadde de høyeste konsentrasjonene av Cu, Zn og Cd.

Tabell 39. Resultater av metallanalyser i vann fra prøvetakingsstasjonen ved utsetting og innsamling av leirpotter.

	Cu (µg/l)		Zn (µg/l)		Cd (µg/l)		Pb (µg/l)	
	3/7	7/8	3/7	7/8	3/7	7/8	3/7	7/8
Kvernskardelva	0,70	0,61	1,9	1,4	0,008	0,005	0,06	0,09
Torsbjørka	2,7	6,0	10	14	0,023	0,039	0,03	0,04
Gilsåa	17	20	36	31	0,048	0,056	0,03	0,06

Vanet på referansesasjonen hadde pH-verdien 7,0 og konduktiviteten 2,43 mS/m. Alkaliteten var 0,18 mM/l og innholdet av organisk karbon (TOC) 8,6 mg/l.

In vivo fluorescensen i perifytonsuspensjonene er vist i tabell 40. Verdiene gir et bilde av de relative forskjellene i algemengde i prøvene. Resultatene viser at det var noe mer alger i prøven fra Kvernskardelva enn på de to andre stasjonene.

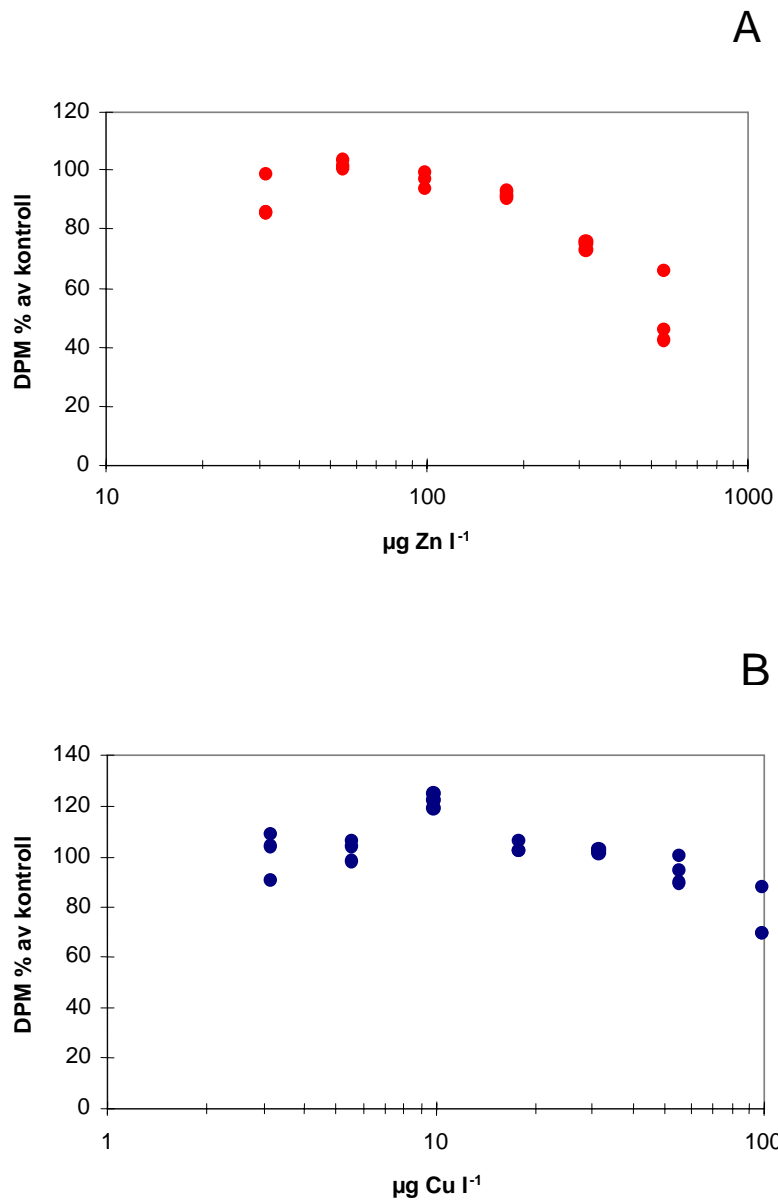
Tabell 40. *In vivo* fluorescens målt i suspensjoner av perifyton. Eksitasjonsbølgelengde = 530 nm, Emisjon = 685 nm. (Cytofluor 2300 med sensitivitet = 4).

Stasjon	Fluorescens
Kvernskardelva	150
Torsbjørka	100
Gilsåa	95

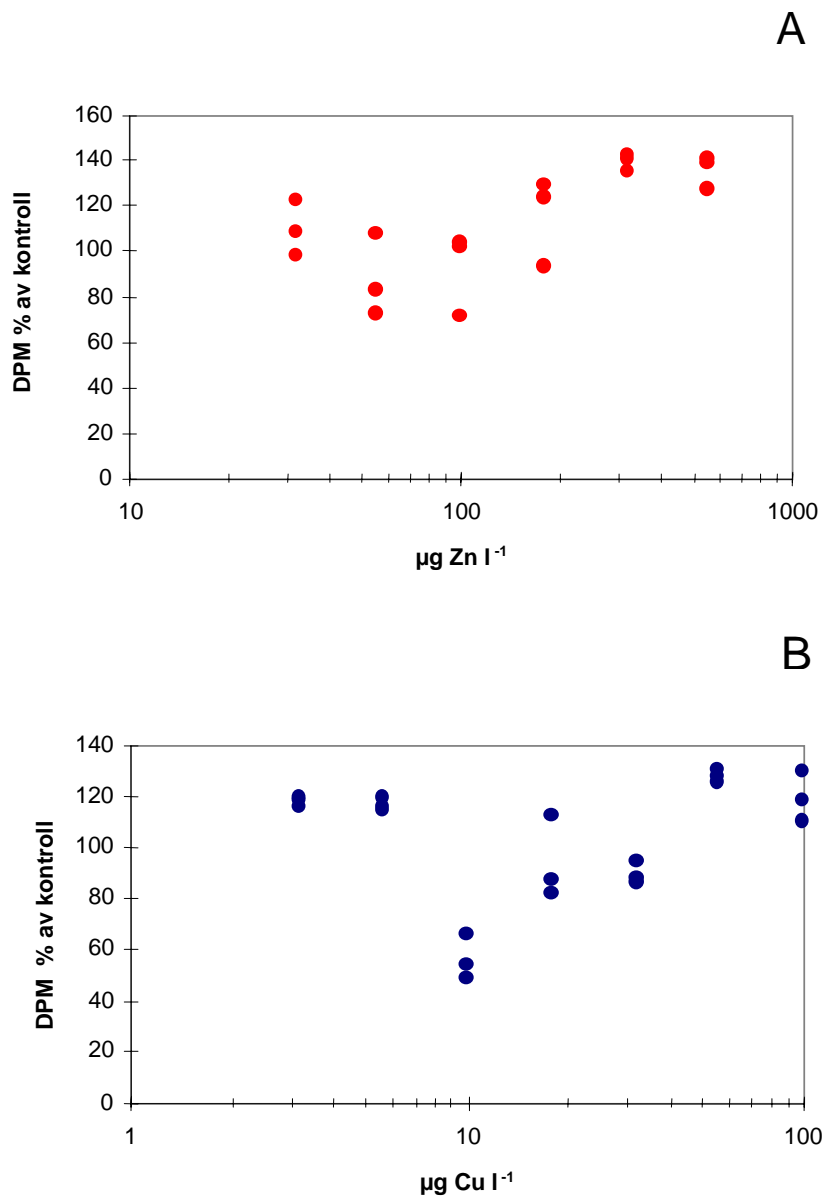
Resultatene av fotosyntesemålingene er vist i figur 25-figur 27. I prøven fra Kvernskardelva ble det ikke registrert noen signifikant fotosyntesehemming ved kobberkonsentrasjoner opp til 100 µg/l. Responsforløpet indikerer imidlertid en begynnende hemming i det øvre konsentrasjonsområdet. For sink var effekten klarere. Responskurven tyder på en hemming ved konsentrasjoner over 180 µg/l og ved den høyeste konsentrasjonen, 560 µg/l var fotosyntesen redusert med 50% i forhold til kontrollen.

I prøven fra Torsbjørka tyder målingene på en viss hemming av fotosyntesen ved ca. 100 µg Zn/l og 10 µg/l men ved høyere konsentrasjoner ble det ikke registrert noen effekt. Selv om hemmingen ved 10 µg/l av Cu er statistisk signifikant kan dette ikke tolkes som en toksisk effekt av Cu når responskurven ikke viser økende effekt ved høyere konsentrasjoner. De tre parallellene representerer uttak av tre delprøver fra samme kolbe og den observerte hemmingen kan skyldes andre forhold.

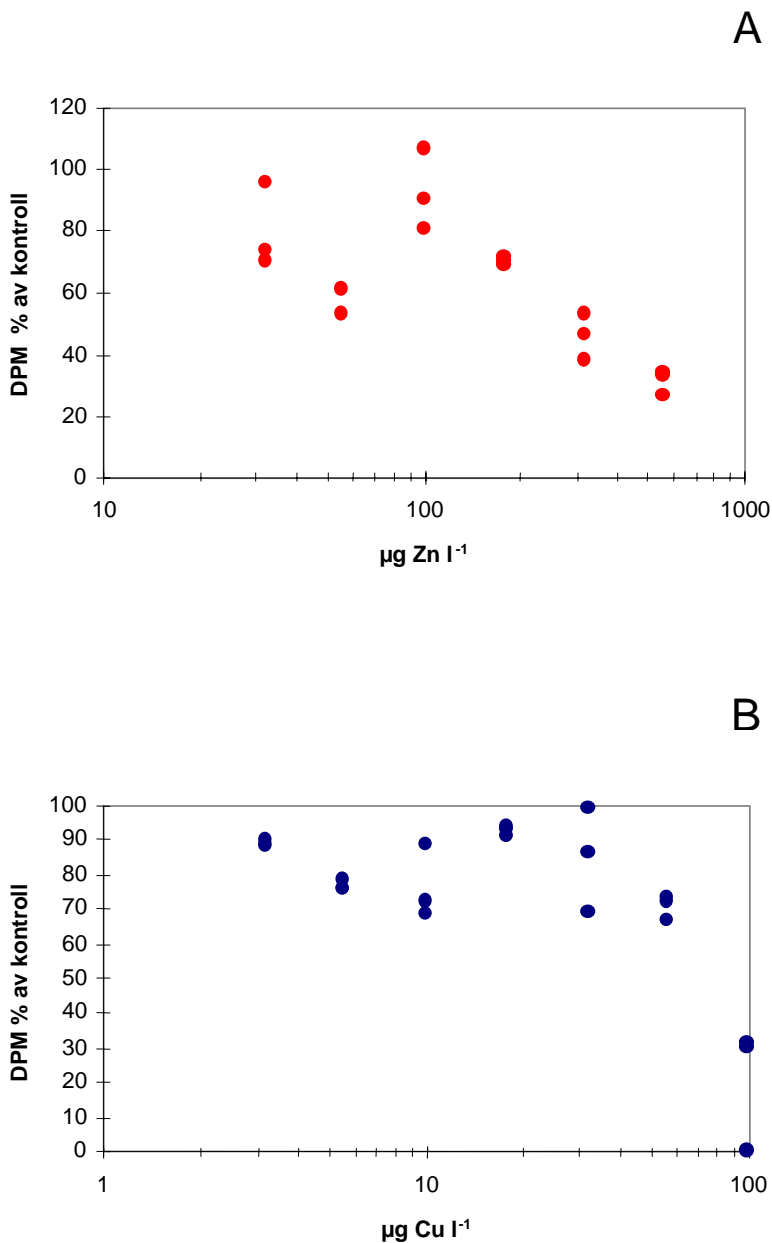
Responskurvene for Gilsåa viser et uregelmessig forløp i testen av sink, men konsentrasjoner over 180 µg/l ga en klar hemming av fotosyntesen. Ved 560 µg/l var hemmingen ca. 70%. Også for kobber ble det registrert en signifikant fotosyntesehemming ved den høyeste konsentrasjonen (100 µg/l).



Figur 25. Effekt av A. sink (Zn) og B. kobber (Cu) på fotosynteseaktiviteten i perifyton fra Kvernskardelva (referanse).



Figur 26. Effekt av A.sink (Zn) og B.kobber (Cu) på fotosynteseaktiviteten i perifyton fra Torsbjørka.



Figur 27. Effekt av A. kobber (Cu) og B. sink (Zn) på fotosynteseaktiviteten i perifyton fra Gilsåa.

Resultatene av PICT-studien tyder ikke på at perifytonsamfunnene på de to lokalitetene med forhøyede metallkonsentrasjoner (Torsbjørka og Gilsåa) har høyere toleranse for metallene Zn og Cu enn tilsvarende organismsamfunn på de uforurensete referanselokaliteten Kvernskardelva. Den høyeste følsomheten ble isteden observert i Gilsåa, som er den mest metallbelastede lokaliteten i undersøkelsen. Den lave følsomheten for både Zn og Cu som ble observert, særlig i Torsbjørka og Kvernskardelva kan imidlertid tyde på at tilgjengeligheten av tilsatt metall har vært lav. Materialet som ble innsamlet fra leirpottene besto i begroingsalger og annet uidentifisert partikulært materiale av uorganisk og organisk opprinnelse. Ved tilsetningen av Cu- og Zn-ioner til begroingssuspensjonene kan den biologiske tilgjengeligheten ha blitt redusert ved binding eller kompleksing av metallioner til uorganisk eller organisk materiale i prøvene. Dersom dette er tilfelle, gir resultatene ikke et korrekt bilde av algenes følsomhet for Zn og Cu.

5.4 Effekter på bunndyr

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet fra Stjørdalsvassdraget, som ble hentet inn den 5. og 6. august i 1998 er sammenstilt i tabell 41 og figur 28.

Tabell 41. Antall individer av ulike bunndyrgrupper funnet på de angitte stasjonene ved undersøkelse i august 1998.

Dyregruppe	D-ref	D-1	D-2	STK	S-ref	S-1	S-2	T-1	T-2
Rundmark	24	24	0	12	61	14	0	12	12
Fåbørstemark	384	0	0	565	583	251	274	265	846
Snegl	0	0	0	0	28	12	13	0	0
Muslinger	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Vårfluelarver med hus	0	0	0	2	1	49	0	0	0
Vårfluelarver uten hus	24	0	5	5	330	258	117	280	4
Døgnfluelarver	729	211	67	478	1365	1666	1680	335	996
Steinfluelarver	864	464	285	917	924	2120	837	794	1681
Billelarver	1	0	0	12	209	63	12	0	24
Biller voksne	24	0	0	0	12	12	12	0	12
Fjærmygg larver	986	92	187	347	3888	2630	1267	696	1629
Fjærmygg pupper	72	12	1	48	50	108	60	25	97
Knottlarver	717	17	36	92	14	112	55	1	31
Stankelbeinlarver	15	12	14	27	19	18	64	9	22
Diverse	12	0	36	0	0	12	0	0	0
Vannmidd	12	12	0	12	48	363	72	48	72
Sviknottlarver	87	13	12	198	39	13	108	84	109
Sum antall	3963	857	643	2715	7571	7701	4571	2549	5535
Antall grupper	13	8	8	12	13	14	11	9	11

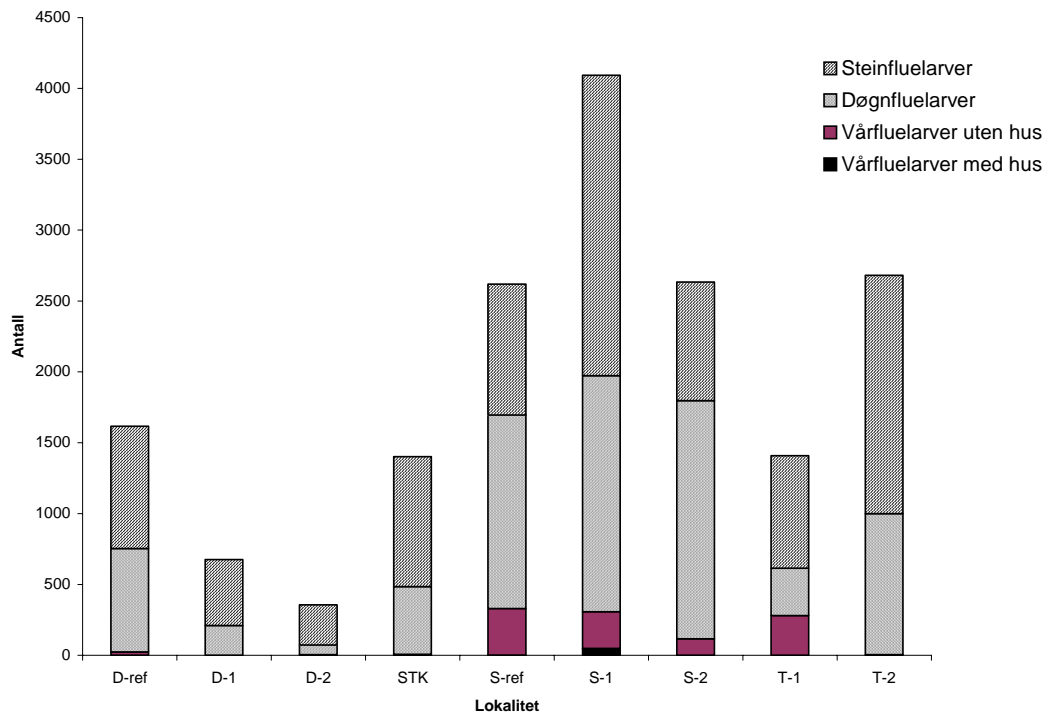
Det er størst bunndyrtetthet i øvre deler av Stjørdalsvassdraget på stasjonene S-ref og S-1 hvor antall dyr pr. 3 minutters prøvetaking kommer opp i over 7500 individer pr. prøve. Den største variasjonen i bunnfaunasammfunnene finner vi også på disse to stasjonene. Men også stasjonen S-2 ved Flåan og stasjonen nederst i Torsbjørka (T-2) samt referanse-stasjonen for Gilsåa, D-ref har en rik og variert bunnfauna.

Dette er ikke tilfelle for de andre to stasjonene i Gilsåa (D-1 og D-2) hvor det ble funnet en sterk reduksjon både i variasjonen og tettheten av bunndyr. Særlig var dette påtagelig i Gilsåa ved Hyttmoen hvor materialet viser at bunndyrtettheten her bare er vel 15 % av det den var på stasjonen like ved i sidevassdraget Svartåa (D-ref.). Sammenligner vi resultatene fra D-1 noe lengre nede i vassdraget med resultatene fra undersøkelsene av bunndyrsammfunnet i sidevassdraget.

Kvernskardelva (STK) ser vi også har en betydelig fattigere fauna enn det en ville forvente, uten at det er åpenbare årsaker til dette.

Bunndyrtettheten øverst i Torsbjørka på stasjon T-1 er omtrent som i Kvernskardelva, men denne øker til det dobbelte nederst i vassdraget ved Tronset trolig på grunn av et noe mer næringsrik vannkvalitet på denne stasjonen.

Grunnet noe ulike metoder er det ikke mulig å sammenligne resultatene som er funnet her direkte med observasjonene til Arnekleiv *et al.* (1995), men de generelle trekkene samsvarer. Sammenlignet med Arnekleiv *et al.* (1995) var det relativt sett høyere artsantall i Torsbjørka ved denne undersøkelsen. I begge undersøkelsene var det en klar påvirkning på bunnfauna i Dalåa sammenlignet med referanse-stasjoner, mens ingen av undersøkelsene fant redusert artsantall på stasjoner i Stjørdalselva.



Figur 28. Antall av de ulike bunndyrorganismene funnet på de angitte stasjonene ved innsamling i august 1998.

5.5 Effekter på fisk

Gruveavrenning hadde effekter på overlevelse hos utplassert ørret (tabell 42). Over halvparten av fisken som ble holdt nær Storvollen (Gilsåa, D-1) døde, mens det var liten dødelighet for ørret holdt ved Hyttmoen (D-2) høyere opp i vassdraget. Det synes sannsynlig at metallkonsentrasjonene er tilstrekkelige til å medføre dødelighet, men at innblanding av vann fra Svartåa ved Hyttmoen har ført til lavere belastning der buret ble satt. Det var høye konsentrasjoner av kobber i gjellene til ørret holdt ved Storvollen, noe som støtter hypotesen om at det først og fremst er metallkonsentrasjonene som var årsak til dødeligheten.

Situasjonen var ikke like klar for Torsbjørka. Det var høy dødelighet av ørret nederst i vassdraget (T-2, nær utløpet til Stjørdalselva). Det var også tilsynelatende noe høyere konsentrasjoner av kobber i gjellene til ørret holdt her enn i ørret holdt på referanselokaliteten i Svartåa og i Stjørdalselva. Det var tegn til at fisk i Torsbjørka akkumulerte noe kadmium i gjellene, men det er uklart om dette vil være tilstrekkelig til å forklare den observerte dødeligheten. Det var bare en fisk som overlevde nederst i Torsbjørka.

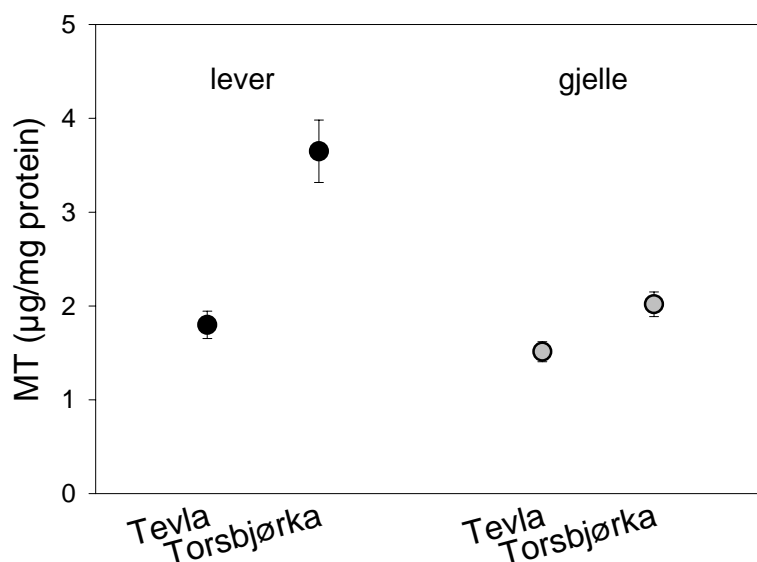
Det var ingen åpenbare effekter på ørret holdt i bur i Stjørdalselva, det være seg oppstrøms (S-1) eller nedstrøms (S-2) bidraget fra Dalåa og Torsbjørka.

Tabell 42. Overlevelse av fisk og konsentrasjoner av metaller i blandprøve av gjeller fra overlevende fisk (alle metaller i $\mu\text{g/g}$ våtvekt).

Stasjon	Antall fisk satt ut	Antall levende	Median vekt overlevende (g)	Cu $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$
D-ref	7	6	1.5	0,7	57	0,043
D-1	7	3	4.3	6,2	78	0,4
D-2	7	6	1.4	-*	-*	-*
S-ref	5	5	5.9	0,5	70	0,068
S-1	5	4	11.3	0,4	69	0,063
S-2	5	2	10.7	0,7	70	0,1
T-ref	7	7	5.4	0,8	94	0,066
T-1	7	6	13.3	0,9	93	0,21
T-2	7	1	14.6	1,0	58	0,21

*prøve tapt under opparbeiding til analyse

Det ble samlet inn ungfisk av ørret fra Torsbjørka (Tronset) og Tevla (Tovmodalen). Gjeller og lever fra disse fiskene ble analysert for metallotionin (MT), et metall-bindende protein. Mengden MT øker ved økt belastning med Zn, Cu og/eller Cd. Resultatene gir et klart signal om at fisk fra Torsbjørka er påvirket av metall-belastningen. Ørret fra Torsbjørka hadde høyere nivåer av metallotionin i både gjeller og lever sammenlignet med ørret fra Tevla (figur 29), noe som peker på at ørret i Torsbjørka er påvirket av metall-belastningen i dette vassdraget.



Figur 29. Konsentrasjoner av metallotionin (MT) i lever og gjelle fra ørret samlet inn i Tevla og Torsbjørka. Svarte sirkler er lever, mens grå sirkler er gjelle. Metallotionin er signifikant høyere i både lever (log-transformert, $p < 0.0001$) og gjeller ($p = 0.006$) hos ørret fra Torsbjørka sammenlignet med ørret fra Tevla.

6. Samlet vurdering

Meråker gruvefelt eller rettere gruvefeltet til Selbo Kobberværk er et felt der gruvene er spredt over et stort geografisk område. Ved samtlige gruver kan det påvises kilder som genererer surt tungmetallholdig sigevann. Den foreliggende rapporten gir hovedsaklig en beskrivelse av forurensningstilførsler og effekter ved de gruveområdene som drenerer til Stjørdalselvas nedbørfelt der også forurensningsproblemene er størst.

I Meråkerfeltet drenerer de fleste og de mest forurensende gruvene til to vassdrag, Gilsåa/Dalåa og Torsbjørka. Begge vassdragene er regulerte med overføring til et felles inntaksmagasin i Tevla oppstrøms Meråker.

Den gruva som betyr mest for forurensningssituasjonen i området, er Lillefjell gruve som bidrar med henholdsvis 80 og 68 % av kobber- og sinktilførslene til Stjørdalselva. De største problemene her er knyttet til avrenning fra bergveltene. Avrenningen fra Lillefjell påvirker vannkvaliteten på hele vassdragstrekningen ned til inntaket i Dalåa og sannsynligvis også i Dalåa nedenfor inntaksdammen i betydelig grad. Dersom det er aktuelt med forurensningsbegrensende tiltak i området, vil det derfor være naturlig å begynne med Lillefjell gruve.

I Torsbjørka er også vannkvaliteten merkbart påvirket av tilførsler fra gruveområdene og spesielt fra Mannfjellet gruve som er den største. Forurensningstilførslene fra gruveområdene i dette nedbørfeltet er vesentlig mindre enn i Gilsåa og de effekter som en kan påvise i nedre Torsbjørka idag skyldes for en stor del at vassdraget er regulert med den følge at tilførslene fra Torsbjørka og Mannfjellet gruver blir mindre fortennet.

Påvekst (perifyton) i metallbelastede deler av Dalåa- og Torsbjørka-vassdragene hadde ikke høyere toleranse for metaller enn påvekst i sidevassdrag uten metall-belastning. All påvekst tålte høye metallnivåer og metoden skilte trolig for dårlig mellom påvekst fra de ulike vassdragene.

Bunndyr i Dalåa var klart påvirket og det er sannsynlig at det er avrenning fra gruver som er årsaken. Det var overraskende lite effekter på bunndyr på de to stasjonene i Torsbjørka nedstrøms gruvefeltene, som ikke skilte seg vesentlig fra referanselokalitetene. På grunn av andre aktiviteter (landbruk) er det tilførsel av organisk materiale til den nederste stasjonen i Torsbjørka, noe som trolig gir økt artsantall og biomasse. Det var tilsynelatende naturlig bunnfauna på begge stasjonene i Stjørdalselva.

Ørret i både Dalåa og Torsbjørka ble påvirket av avrenning fra gruvene i området. I Dalåa/Gilsåa var det høy dødelighet og akkumulering av Cu og Cd i gjellene til fisk som overlevde. Ørret som ble holdt i Torsbjørka syntes å akkumulere noe Cd i gjellene. Mengden av kadmium som ble akkumulert er langt under det som vil kunne føre til nivåer som gjør at fisk fra de angitte områdene ikke bør benyttes til menneskeføde.

Villfisk fra Torsbjørka hadde imidlertid klart forhøyde nivåer av det metallbindende proteinet metallotionin i gjeller og lever sammenlignet med ørret fra Tevla, noe som viser at ørret i Torsbjørka er metall-belastet. Det var ingen klare effekter på ørret holdt i bur i Stjørdalselva nedstrøms Meråker.

Konsentrasjonene av Cu (1.9-14.9 µg/l) og/eller Cd (0.01-0.1 µg/l) i vannet ved Tronset, Torsbjørka, er tydeligvis tilstrekkelig til å påvirke ørret (økt metallotionin i lever og gjeller). Det er sannsynlig at metallbelastningen som førte til denne påvirkningen, må ha vært tilstede senest noen uker før inn-samlingstidspunktet. Konsentrasjonene av kobber i Torsbjørka faller stort sett inn i tilstandsklasse III, "nokså dårlig", i det opprinnelige klassifikasjonssystemet (Holtan & Rosland, 1992), mens konsentrasjonene av kadmium i elva faller inn i tilstandsklasse II, "mindre god".

I denne undersøkelsen har en i første rekke lagt vekt på å kartlegge fourensningstilstanden i nedre del av Torsbjørka, Gilsåa/Dalåa og i Stjørdalselva nedenfor Meråker. Det er da også på disse vassdragsstrekningene en vil finne de største effektene. Ut fra de erfaringer som er gjort ved befaringene til de mindre gruvene i feltet og vurdering av det fysisk/kjemiske analysemateriale herfra, ser en at det kan være behov for en mer detaljert kartlegging av de biologiske forhold i vassdraget for å få en bedre oversikt over effektene av tilførselene fra gruveområdene. En viktig årsak til dette er at de vassdragsreguleringer som er gjort kan ha bidratt til en forverring av fourensningstilstanden i deler av nedbørfeltet. Dette gjelder spesielt i Torsbjørka nedenfor inntaket til kraftverket og ved klekkeriet som mottar vann fra Stjørdalselva oppstrøms Nustadfoss etter samløp med Tevla, Dalåa og Torsbjørka. Vi vil også påpeke at tungmetallbelastet vann fra inntaksdammen i Tevla overføres til Fjergen-magasinet via Tevla pumpekraftverk. Det er heller ikke kartlagt mulige biologiske effekter på vassdragsstrekningen fra Kongens gruve og ned til inntaket i Torsbjørka. Det kan videre være ønskelig med mer kunnskap om hvorvidt episodiske høye nivåer av metaller, særlig i gyteperioden, kan påvirke laks i Stjørdalselva.

7. Referanser

- Arnekleiv, J.V., 1985. Fiskeribiologiske undersøkelser i øvre deler av Stjørdalsvassdraget i forbindelse med planlagt vannkraftutbygging. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie, 1985-4, 87 s.
- Arnekleiv, J.V., 1986. Ungfiskundersøkelser i øvre deler av Stjørdalsvassdraget i 1985. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie, 1986-1, 87 s.
- Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Johansen, S.W., Haug, A., Bongard, T., 1995. Fiskeribiologiske referanseundersøkelser i Stjørdalsvassdraget 1990-1994, i forbindelse med Meråkerutbyggingen. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie, 1995-5, 86 s.
- Berger, H.M., Paulsen, L.I., Andreassen, S.-A., Rikstad, A., 1988. Fisk og forurensning i elver i Stjørdal kommune, Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen, Rapport 7-1988,30s.
- Grande, M., 1991. Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger. NIVA-rapport, O-98103. L.nr. 2562. 136 pp.
- Helland, A., 1909. Norges land og folk. Topografisk-statistisk beskrivelse over Nordre Trondhjems Amt. Første og andre del.
- Holtan, H. og Rosland, D.S., 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06. 32 pp.
- Hylland, K., Arnesen, R.T., Bakke, T., Bakketun, Å., Bækken, T., Iversen, E., Lindstrøm, E., Tobiesen, A. og Aanes, K.J., 1998. Sink i ferskvann - kjemi, tilførsler og biologiske effekter. NIVA-Rapport, L.nr. 3801-97, O-97143. 70 pp.
- Iversen, E.R., 1998. Vannforurensning fra nedlagte gruver. Del VI. NIVA-rapport. O-96100, L.nr. 3787-98. 63 pp.
- Iversen, E.R. og Arnesen, R.T., 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver. Del II. NIVA-rapport, O-89106. L.nr. 2363, 51 pp.
- Iversen, E.R. 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver. Del III. NIVA-rapport, O-90138, L.nr. 2531. 20 pp.
- Iversen, E.R., 1994. Vannforurensning fra nedlagte gruver. Del IV. NIVA-rapport, O-92152, L.nr. 3045. 36 pp.
- Iversen, E.R., 1994. Vannforurensning fra nedlagte gruver, øvre Gauldal - Tydal. NIVA-rapport, O-94011, Lnr. 3151. 31 pp.
- Iversen, E.R. og Grande, M., 1994. Måling av avrenning fra Lillefjell gruve. NIVA-rapport, O-93097, L.nr. 3009. 10 pp.
- Iversen, E.R., 1997. Kjøli gruve. Avrenning 1995-96. NIVA-rapport, O-95171, L.nr. 3598-97. 19 pp.

- Johannessen, M. og Iversen, E.R., 1984. Vannforurensning fra nedlagte gruver. NIVA-rapport, O-82068, L.nr. 1621, 68 pp.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J.biol.Chem.* **193**, 265-275.
- Meråker kommune, NGU, 1994. Meråker. Geologi-landskap-historie. MB-forlaget, juli 1994. ISBN 82-991318-7-1. 119 pp.
- Mjøen, T., 1996. Kultiveringsplan for innlandsfisk i Meråker kommune, 32 s.
- Pettersen, L. E., 1988. Foreløpig veiledning for bruk av den forenklete saltfortynningsmetoden ved vannføringsmålinger. Norges vassdrags- og energiverk, Vassdragsdirektoratet 1988.
- Rolseth, P.O., 1945. Selbu og Tydals historie. Selbo Kobber-Værk. Selbu og Tydal Historielag, Mars 1945. 188 pp.
- Aanes, K. J. og T. Bækken. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Rapport 1: Generell del. NIVA-rapport no. 2278. 62 s. Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) og NIVA.
- Aasgaard, G., 1927. Gruber og skjerp i kisdraget øvre Guldal – Tydal. Norges Geologiske Undersøkelse Nr. 129. Oslo 1927. 196 pp.

Vedlegg A. Forklaring til analyseprogram

Ved utarbeidelse av analyseprogram for denne undersøkelsen har en valgt å legge mest vekt på de komponenter som betyr mest for forurensningssituasjonen i gruveområdene med bakgrunn i den kjennskap en har til de enkelte gruver og forekomstenes malmsammensetning. Vi vil her gi en kortfattet forklaring til de fysisk/kjemiske symboler som forekommer i tabellene for analyseresultatene.

Konsentrasjonsangivelser.

Konsentrasjonene i denne rapporten er angitt i mg/l eller µg/l. 1 mg/l = 1000 µg/l.

pH, Surhetsgrad. Nøytralt vann har pH 7. Høye pH-verdier viser overskudd av alkali, mens lave pH-verdier viser innhold av syre. Ved forvitring av kiskmineraleler produseres syre (svovelsyre). I primærvannet, d.v.s. i det vannet som står i direkte kontakt med gruveavfallet, kan en i områder der avfallet er sterkt syreproduserende, ofte måle pH-verdier omkring 2,5 eller lavere. Innholdet av basiske bergarter i avfallet bidrar til å redusere de sure prosessene. Innholdet av sulfidmineraleler og type mineraleler i avfallet har også stor betydning for sigevannets surhetsgrad og kjemiske sammensetning forøvrig.

Konduktivitet. Konduktiviteten angis i millisiemens pr. meter (mS/m) ved 25⁰ C og er et mål for vannets innhold av oppløste salter (ioner). I forurenset sigevann fra kisgruver er det hovedsaklig innholdet av kalsium- og sulfationer som bidrar mest til konduktivitetsverdiene. Konduktiviteten benyttes også som en kvalitetskontroll på en del av de øvrige analyser og gir informasjon om generell vannkvalitet.

Sulfat SO₄. Sulfatinnholdet i sigevann fra kisgruver har sin årsak i oksidasjon av kiskmineraleler (sulfider). Sulfatanalysene gir informasjon om forvitringshastighet og materialtransport av forvitringsprodukter fra gruveområdet.

Metaller. Under forvitringsprosessene som foregår i gruverom og avfallsdeponier, løses metallene kalsium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al) og silisium (Si) ut fra bergartsmineraleler i det sure miljøet som oppstår. Konsentrasjonene av disse komponenter har liten forurensningsbetydning i seg selv da det i første rekke er innholdet av tungmetaller i sigevannet som er av størst betydning i forurensningssammenheng. Konsentrasjonene av disse metaller gir i noen grad uttrykk for innholdet av bergartsmineraleler i avfallet som virker buffrende på forvitringsprosessene. Innholdet av disse metaller i sigevannet kan også ha betydning i forbindelse med valg av prosesser for behandling av sigevann. Det er også et naturlig bakgrunnsnivå av disse komponenter i vassdragene og som varierer avhengig av nedbørfeltene geologi. Høye konsentrasjoner av kalsium og magnesium i vassdragene reduserer dessuten giftvirkningen av en del giftige metaller.

Tungmetaller. Jern (Fe), kobber (Cu), sink (Zn), kadmium (Cd), bly (Pb) og nikkell (Ni) er de viktigste tungmetallene i sigevann fra norske kisgruver. Konsentrasjonsnivåene for de enkelte metaller avhenger av malmtyper, avfallstyper og deponeringsforhold. Metallene jern, kobber og sink er vanligvis de metaller som forekommer i de høyeste konsentrasjoner. Kobber er som regel det metall som har størst betydning i forurensningssammenheng p.g.a. kobberets sterkt giftige egenskaper over for laksefisk (ørret, røye, laks). I Norge er det erfaringer for skadelige virkninger på fiskebestanden allerede ved et konsentrasjonsnivå på 10 µg/l for kobber. I f.eks. primærvannet fra en avfallstipp ved en kobbergruve kan en finne kobberkonsentrasjoner opp til størrelsesorden 100 mg/l. I sigevann fra gruveområder kan jern forekomme i to tilstandsformer, som toverdigg eller treverdigg jern. I primærvannet kan ofte jernet være toverdigg. Vannet er da fargeløst og ofte sterkt surt (pH<3). Etterhvert som

sigevannet fortynnes i bekken nedenfor, øker pH-verdien og jernet oksideres til treverdig. Dette er synlig ved at bekken ser brun ut på grunn av jernutfellinger (okeravsetninger).

Til grunn for valg av analyseprogram er benyttet et fast program eller analysepakke som laboratoriet tilbyr og som omfatter de vanligste tungmetaller (ICP-teknikk). Analysepakken omfatter også en del elementer en tidligere ikke har utført rutinemessige analyser av, delvis på grunn av antatt lave konsentrasjoner og mindre betydning i forurensningssammenheng. Av slike metaller kan nevnes kobolt (Co), krom (Cr), vanadium (V) og arsen (As). Tungmetallenes naturlige bakgrunnsnivå i norske ferskvannsføremøster varierer en del avhengig av geologiske forhold i nedbørfeltene. I denne undersøkelsen kan en viss informasjon om bakgrunnsnivåene fås ved å studere resultatene for de elver som er lite påvirket av avrenning fra gruveavfall.

Vedlegg B. Meteorologiske data

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
KLIMAAVDELINGEN

Værstasjon:
69370
MERÅKER - UTSYN

Obs.periode:
1994.08 -

Stasjonshøyde:
239 m o.h.

Koordinater:
63°25'N, 11°45'Ø

Fylke:
NORD-TRØNDELAG

Kommune:
MERÅKER

DØGNETS MIDDELTEMPERATUR MÅLEENHET: GRADER CELSIUS
1998

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	2.7	-2.0	-4.9	-0.5	5.8	6.4	12.9	12.6	9.6	7.1	*	*
2	2.1	-7.7	-6.5	-2.9	*	*	9.1	12.5	11.2	3.1	*	*
3	1.9	-15.5	-11.9	-4.2	2.4	*	9.7	14.8	10.4	2.8	*	*
4	2.1	-11.0	-5.8	-2.3	*	*	10.9	11.8	15.2	5.3	*	*
5	-2.6	-6.5	-5.3	-1.5	*	*	11.8	10.0	14.4	2.6	*	*
6	-6.2	-2.6	-10.8	-1.7	*	8.6	9.1	11.6	13.1	2.6	*	*
7	-2.8	2.3	-5.7	-2.2	*	10.0	8.6	10.4	12.9	2.2	*	*
8	-0.3	0.7	-4.4	-4.9	*	*	14.0	10.4	15.5	5.2	*	*
9	-4.2	5.1	-3.7	-4.8	8.3	*	11.0	9.8	16.3	8.9	*	*
10	2.9	1.6	-7.7	-5.5	*	*	10.8	12.0	14.2	6.7	*	*
11	3.8	0.6	-0.8	-1.8	*	*	13.9	11.1	13.4	4.0	*	*
12	4.7	-0.6	-3.9	-2.1	*	*	11.7	13.5	11.2	3.2	*	*
13	3.3	-1.7	-2.0	-2.2	*	5.1	17.4	16.4	12.1	4.6	*	*
14	6.2	1.5	-2.4	-1.0	*	8.9	14.1	14.2	15.1	4.7	*	*
15	4.3	2.3	3.4	1.4	*	*	13.4	13.6	11.4	0.9	*	*
16	-0.5	-0.6	2.8	2.2	12.0	*	10.0	11.6	11.0	2.0	*	*
17	0.2	0.5	5.0	3.3	*	*	11.7	10.5	8.0	1.0	*	*
18	-4.4	6.0	-1.7	3.7	*	*	15.1	9.8	6.0	0.9	*	*
19	-10.1	3.7	-2.7	3.3	*	*	12.4	8.6	9.2	-0.2	*	*
20	-12.9	4.5	-1.3	3.1	*	*	11.4	10.3	8.9	-1.7	*	*
21	-3.5	7.1	0.2	3.7	2.6	*	16.8	11.6	12.7	0.6	*	*
22	2.6	0.7	2.9	6.8	*	*	17.0	11.5	9.9	*	*	*
23	0.1	1.9	3.0	9.2	3.9	*	16.1	10.0	6.9	*	*	*
24	-0.9	-0.8	0.4	8.9	*	*	15.3	8.7	6.0	*	*	*
25	1.0	5.3	1.5	9.0	*	*	11.3	7.0	2.3	*	*	*
26	3.0	2.7	4.1	7.9	*	*	10.7	7.5	6.4	*	*	*
27	-1.5	-0.3	4.0	5.3	*	*	12.4	8.8	3.7	*	*	*
28	-5.2	-1.6	3.6	5.0	*	*	13.9	9.7	6.7	*	*	*
29	-4.1		7.1	6.4	*	*	15.9	10.6	9.4	*	*	*
30	-13.2		4.7	6.0	9.3	*	13.2	12.4	6.8	*	*	*
31	-19.0		2.9		5.8		13.0	9.2		*		*

STATISTIKK

Middel	-1.6	-0.2	-1.2	1.6	*	*	12.7	11.0	10.3	*	*	*
St.avv.	5.8	5.0	4.8	4.6	*	*	2.4	2.1	3.6	*	*	*
Norm61-90	-4.5	-4.2	-1.3	2.2	*	*	13.0	12.3	8.5	*	*	*
Avvik	2.9	4.0	0.1	-0.6	*	*	-0.3	-1.3	1.8	*	*	*
Laveste	-19.0	-15.5	-11.9	-5.5	*	*	8.6	7.0	2.3	*	*	*
Dag	31	3	3	10	*	*	7	25	25	*	*	*
Høyeste	6.2	7.1	7.1	9.2	*	*	17.4	16.4	16.3	*	*	*
Dag	14	21	29	23	*	*	13	13	9	*	*	*

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
KLIMAAVDELINGEN

Værstasjon:
69370
MERÅKER - UTSYN

Obs.periode:
1994.08 -

Stasjonshøyde:
239 m o.h.

Koordinater:
63°25'N, 11°45'Ø

Fylke:
NORD-TRØNDELAG

Kommune:
MERÅKER

DØGNETS MIDDELTEMPERATUR MÅLEENHET: GRADER CELSIUS
1997

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	-2.1	-1.6	3.6	2.2	6.3	8.0	19.2	19.4	15.8	6.6	0.5	-2.0
2	-6.9	-5.0	5.2	-0.3	2.1	10.1	20.2	15.8	17.4	5.2	-2.1	-6.5
3	-1.7	1.0	0.4	-0.9	0.2	7.3	14.3	13.8	15.3	4.8	-1.7	-7.8
4	0.4	0.2	-0.4	-1.5	0.3	8.0	13.7	15.1	16.0	4.9	-2.8	-4.1
5	-0.3	-1.9	2.7	-3.2	0.1	11.7	12.6	14.6	17.2	4.4	-1.0	0.0
6	0.4	-0.1	3.0	-2.6	3.7	13.7	14.1	18.0	13.2	2.4	-3.5	-2.2
7	0.5	2.5	4.2	-1.8	6.6	17.1	11.8	18.8	11.5	7.5	-4.6	5.0
8	-4.1	0.1	2.6	-2.6	7.4	20.6	10.2	21.2	10.0	6.0	1.7	6.6
9	-9.3	-1.7	2.7	3.1	4.5	15.7	9.8	18.3	7.2	6.7	2.3	5.8
10	-7.5	1.8	4.9	2.5	6.8	9.9	13.9	12.9	7.7	7.3	0.0	5.1
11	-15.4	1.4	3.0	-0.1	6.4	11.5	17.2	13.4	7.7	4.3	1.3	4.9
12	-4.1	0.0	3.9	-0.4	7.2	16.5	19.8	14.5	9.7	3.5	5.4	1.5
13	4.0	-8.5	-2.3	2.9	8.9	18.9	19.3	11.5	7.1	3.7	2.7	-4.1
14	4.2	-14.7	-2.2	-2.2	9.5	15.9	19.9	11.9	7.7	1.8	-4.2	-3.1
15	4.5	-15.9	-5.2	0.8	6.7	8.7	20.0	14.3	7.5	-0.9	-1.0	0.0
16	1.0	-12.5	-4.4	3.4	6.5	6.2	18.8	15.0	10.7	0.5	4.8	2.2
17	-0.8	-5.5	-6.6	0.2	8.0	7.3	17.5	17.3	6.0	4.2	5.3	1.0
18	0.6	-1.6	-8.9	-1.9	5.0	10.9	18.2	16.4	4.0	7.1	4.6	-0.6
19	1.2	-2.4	-8.7	-1.1	3.9	13.0	17.2	17.2	4.7	1.2	4.6	-7.2
20	0.5	0.5	-11.8	-0.9	2.7	14.3	17.8	18.0	6.9	-1.3	0.1	-4.0
21	6.1	-3.4	-7.3	0.2	2.6	14.5	18.5	19.0	7.9	0.4	2.2	-7.4
22	2.8	1.4	-3.1	-1.9	3.9	14.0	16.8	16.5	6.2	-0.4	-3.6	-2.5
23	0.1	5.1	-5.3	-0.6	4.3	11.2	19.2	13.3	5.3	-2.0	-1.3	-3.6
24	-6.8	3.1	-4.9	-0.7	4.1	8.7	18.9	10.9	10.2	-4.3	-5.9	1.6
25	-4.7	1.8	-1.7	0.0	6.4	8.8	18.8	11.8	12.4	-2.4	-3.1	-4.2
26	-2.2	-3.9	2.1	0.7	9.8	8.3	17.8	15.5	8.2	-1.1	-8.7	-3.0
27	0.2	-2.3	3.3	2.8	6.2	13.4	13.6	15.6	6.3	-0.8	-7.1	-9.3
28	-1.6	2.2	0.5	1.8	5.1	16.5	11.9	18.2	4.6	0.8	-11.4	-8.6
29	4.1		-0.1	5.2	5.7	13.7	12.0	19.6	9.0	4.1	-7.8	-16.8
30	1.5		3.0	4.6	8.4	14.5	13.0	18.6	7.5	3.0	-6.6	-15.6
31	-2.4		2.8		12.1		16.8	14.5		3.7		0.3

STATISTIKK

Middel	-1.2	-2.1	-0.8	0.3	5.5	12.3	16.2	15.8	9.4	2.6	-1.4	-2.5
St.avv.	4.6	5.2	4.7	2.2	2.9	3.8	3.2	2.7	3.9	3.2	4.5	5.7
Norm61-90	-4.5	-4.2	-1.3	2.2	7.8	11.7	13.0	12.3	8.5	4.8	-0.8	-3.3
Avvik	3.3	2.1	0.5	-1.9	-2.3	0.6	3.2	3.5	0.9	-2.2	-0.6	0.8
Laveste	-15.4	-15.9	-11.8	-3.2	0.1	6.2	9.8	10.9	4.0	-4.3	-11.4	-16.8
Dag	11	15	20	5	5	16	9	24	18	24	28	29
Høyeste	6.1	5.1	5.2	5.2	12.1	20.6	20.2	21.2	17.4	7.5	5.4	6.6
Dag	21	23	2	29	31	8	2	8	2	7	12	8

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
KLIMAAVDELINGEN

Nedbørstasjon: 69370 Obs.periode: 1994.08 - Stasjons høyde: 239 m o.h. Koordinater: 63°25'N, 11°45'Ø
MERÅKER - UTSYN

Fylke: Kommune:
NORD-TRØNDELAG MERÅKER

DØGNNEDBØR MÅLEENHET: MILLIMETER
1998

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	0.0SN	11.1SN	8.0SN	0.2SL	1.4RE	0.0RE	0.2RE	7.5RE	.	.	*	*
2	0.0SN	1.4SN	0.6SN	0.5SL	0.1RE	0.2RE	0.3	6.3RE	.	.	*	*
3	.	.	.	.	0.5SL	2.4RE	0.1	0.1	.	.	*	*
4	.	1.0SN	0.1SN	.	.	1.9RE	3.3	.	.	.	*	*
5	0.0SN	2.7SN	1.6SN	.	.	2.1RE	5.3	13.7	.	.	*	*
6	0.3SN	0.8SN	0.4SN	.	0.2RE	1.6RE	0.7	19.2	.	.	*	*
7	0.2SN	1.3SN	1.5SN	.	1.0RE	0.1RE	1.0	4.2	.	.	*	*
8	.	8.9SL	0.3SN	0.0SN	2.0RE	2.3RE	0.4	8.4	0.0	.	*	*
9	0.0SN	8.0SL	1.4SN	0.0SN	5.6RE	14.1RE	0.3	2.0	.	3.2	*	*
10	0.5SN	5.7RE	1.9SN	.	0.1RE	2.5RE	10.1	3.5	0.2	13.7RE	*	*
11	5.1SL	8.3SL	.	0.0SN	5.9RE	1.2RE	0.1	0.1	5.1	0.5RE	*	*
12	1.2RE	4.8SL	0.8SN	0.1SN	2.0RE	0.9RE	.	.	0.5RE	0.1RE	*	*
13	2.6RE	3.1SN	8.9SN	0.3SN	.	9.0RE	3.1	.	4.1RE	3.0	*	*
14	.	7.8SL	5.0SN	0.0SN	0.0RE	2.3RE	6.3	.	9.7RE	2.3	*	*
15	.	12.5SL	7.6SL	.	0.0RE	0.0RE	6.3	0.7	.	1.9RI	*	*
16	3.9SL	5.3SL	10.3RE	.	.	.	3.8	15.2	0.1RE	10.0SL	*	*
17	1.0SN	0.5SN	0.1RE	0.0SL	.	10.6RE	0.2	4.0	18.9	16.7SL	*	*
18	1.9SL	17.2SL	0.9SL	0.0RE	.	2.7RE	0.1	7.2	4.1	2.0	*	*
19	1.6SN	10.9RE	8.2SN	.	5.3RE	6.8RE	1.5	19.0RE	0.5RE	2.0	*	*
20	0.0SN	11.0SL	5.7SN	.	5.4SL	3.8RE	3.5	5.8	0.2RE	0.1SN	*	*
21	0.6SN	4.9RE	0.8SN	.	4.3SN	.	.	4.2	0.0	3.8	*	*
22	0.3RE	0.8SL	5.4SL	.	1.4SL	.	1.3	4.2RE	8.2	*	*	*
23	3.0SL	5.5SL	0.4RE	.	2.6SN	0.1RE	.	1.0	0.4	*	*	*
24	3.0SN	6.6SL	.	.	0.0SN	0.0RE	2.2	6.6	2.4	*	*	*
25	7.4SL	12.3RE	0.8SN	.	0.0RE	.	2.8	4.9	0.6	*	*	*
26	5.9SL	16.9RE	0.0SN	0.4RE	0.0RE	.	17.2	3.6	.	*	*	*
27	10.1SL	2.6SL	.	16.5RE	0.0RE	0.0RE	0.7	5.6	.	*	*	*
28	4.6SN	2.6SN	0.0RE	0.2RE	.	.	0.1	2.4	0.1	*	*	*
29	0.7SN	.	.	8.7RE	.	.	.	0.6RE	0.8	*	*	*
30	2.9SN	.	0.4RE	13.1RE	.	0.0RE	0.0	0.6	0.0	*	*	*
31	0.0SN	.	2.9RE	.	0.1RE	.	2.2	0.0	.	*	.	*

STATISTIKK

Sum	56.8	174.5	74.0	40.0	37.9	64.6	73.1	150.6	55.9	*	*	*
Norm61-90	55	45	45	40	45	60	85	80	110	*	*	*
Avvik i %	103	388	164	100	84	108	86	188	51	*	*	*
Laveste	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	*	*
Dag	3	3	3	3	4	16	12	4	1	*	*	*
Høyeste	10	17	10	17	6	14	17	19	19	*	*	*
Dag	27	18	16	27	11	9	26	6	17	*	*	*

Årssum: 788 Årsnormal: 810 Årsprosent: 97

RE - regn, SN - snø, RI - rim, DU - dugg, DR - dugg og rim
SL - regn og snø eller bare sludd

Nedbøren er målt på angitte dato og har falt i løpet av de foregående 24 timer.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
KLIMAAVDELINGENNedbørstasjon:
69370
MERÅKER - UTSYNObs.periode:
1994.08 -Stasjonshøyde:
239 m o.h.Koordinater:
63°25'N, 11°45'ØFylke:
NORD-TRØNDELAGKommune:
MERÅKERDØGNNEDBØR MÅLEENHET: MILLIMETER
1997

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	1.4SN	4.6SN	0.1SL	27.1SL	6.2RE	.	13.2RE	.	22.1RE	.	15.0RE	0.2SN
2	3.1SN	0.0SN	0.4RE	16.0SL	9.6RE	0.0RE	4.6RE	.	0.0RE	3.2RE	5.1SL	0.0SN
3	0.0SN	0.0SN	6.4SL	6.9SL	3.9SL	0.0RE	16.7RE	6.7RE	5.6RE	7.7RE	2.7SN	.
4	0.2SN	0.0SN	11.8SN	5.8SN	2.8SN	0.0RE	4.0RE	0.1RE	.	7.7RE	4.8SN	0.0SN
5	5.9SL	2.6SN	3.2SL	6.5SN	0.3SN	.	0.6RE	.	0.1RE	2.7RE	0.5SN	1.5SN
6	1.4SN	1.4SN	1.0RE	7.3SN	0.1SN	.	.	.	.	0.8RE	0.0SN	3.5SN
7	1.7SL	2.2SN	0.9SL	2.2SN	1.4RE	.	.	0.3RE	9.6RE	.	.	1.2SL
8	7.8SL	7.8SL	2.4SL	0.0SN	0.0RE	.	0.2RE	.	2.7RE	.	0.0SN	1.6RE
9	0.4SN	9.6SL	2.4SL	3.7SL	.	.	1.0RE	.	13.0RE	4.8RE	0.0SL	0.0RE
10	1.4SN	12.9SL	1.7RE	6.0SL	0.0RE	0.5RE	.	2.0RE	22.6RE	.	0.0RE	0.1RE
11	0.1SN	0.3SL	0.7RE	4.9SL	0.8RE	0.3RE	0.2RE	.	5.6RE	.	0.0SN	.
12	0.5SN	13.3SL	5.6SL	0.1SN	1.6RE	.	.	.	2.8RE	1.8RE	.	0.4SL
13	2.2SL	2.3SN	10.6SL	8.0SL	4.1RE	.	1.7RE	0.2RE	0.8RE	5.0RE	.	0.9SL
14	5.6RE	0.1SN	4.4SN	7.6SL	.	0.0RE	0.0RE	.	16.3RE	1.3SL	.	1.9SN
15	3.4RE	.	3.8SN	2.5SN	0.9RE	13.3RE	.	.	17.0RE	0.7RE	.	0.3SN
16	11.3RE	.	5.4SN	3.1SL	3.7RE	12.0RE	.	.	0.2RE	.	.	6.3SL
17	2.2SL	.	1.3SN	3.2SL	0.6RE	2.7RE	0.0RE	.	4.6RE	.	.	0.1RE
18	0.2SN	0.0SN	.	1.7SN	.	5.4RE	0.0RE	.	11.7RE	5.7RE	0.0RE	0.2RE
19	6.9SL	0.0SN	.	0.8SN	0.0RE	0.1RE	0.0RE	.	7.7RE	5.6RE	.	.
20	4.9SL	1.0SN	.	0.3SN	0.0RE	0.0RE	.	0.0RE	10.1RE	13.3SL	.	.
21	0.4SL	0.3SN	0.1SN	3.6SL	0.0SN	0.1RE	.	.	17.5RE	3.4SN	.	.
22	0.1RE	0.0SN	0.5SN	3.7SN	0.0SN	0.0RE	.	.	16.3RE	17.2SL	.	0.0SN
23	3.1SL	2.4SL	0.8SN	0.8SN	0.0SL	0.5RE	0.7RE	16.9RE	18.6RE	5.3SN	.	.
24	1.4SN	0.1SL	.	.	1.1RE	6.2RE	.	1.8RE	5.3RE	8.3SN	.	.
25	.	0.0SN	.	0.3SN	0.1RE	1.8RE	8.0RE	2.7RE	0.1RE	8.4SN	0.1SN	0.7SN
26	.	.	0.9SN	2.3SN	.	0.2RE	0.1RE	16.1RE	0.3RE	17.7SN	0.0SN	0.1SN
27	1.8RE	4.8SN	6.1SL	0.1SN	1.9RE	1.5RE	1.9RE	0.8RE	1.0RE	2.2SN	.	0.0SN
28	7.7SL	5.6SN	6.5SL	0.0SN	3.4RE	0.0RE	7.4RE	0.7RE	.	2.5SN	.	0.9SN
29	11.6SL	*	7.2SN	.	5.1SL	1.2RE	16.9RE	.	.	3.0SL	.	0.1SN
30	10.3SL	.	3.7SN	.	0.5RE	5.9RE	1.1RE	.	4.7RE	4.6RE	0.5SN	.
31	12.6SL	.	37.6SL	.	0.1RE	.	.	11.4RE	.	2.0RE	.	0.0SN

STATISTIKK

Sum	109.6	71.3	125.5	124.5	48.2	51.7	78.3	59.7	216.3	134.9	28.7	20.0
Norm61-90	55	45	45	40	45	60	85	80	110	100	65	80
Avvik i %	199	158	279	311	107	86	92	75	197	135	44	25

Laveste	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dag	25	15	18	24	9	1	6	1	4	1	7	3
Høyeste	13	13	38	27	10	13	17	17	23	18	15	6
Dag	31	12	31	1	2	15	29	23	10	26	1	16

Årssum: 1068 Årsnormal: 810 Årsprosent: 132

RE - regn, SN - snø, RI - rim, DU - dugg, DR - dugg og rim
SL - regn og snø eller bare sluddNedbøren er målt på angitte dato og har falt
i løpet av de foregående 24 timer.