

O-94021

# Transport av tungmetaller fra norske kisgruver



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-94021	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3294	

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

Rapportens tittel: Transport av tungmetaller fra norske kisgruver.	Dato: 25.04.1995	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Miljøteknologi	
Forfatter(e): Rolf Tore Arnesen Eigil R. Iversen	Geografisk område: Norge	
	Antall sider: 164	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref.: G. Braastad
---	---------------------------------

## Ekstrakt:

Rapporten beskriver forurensningssituasjonen i 17 norske gruveområder med sulfidmalmdrift. Primært er transport av kopper og sink fra de enkelte områdene beregnet, og der datagrunnlaget har gjort det mulig er utviklingen fram til 1993 presentert som tidsveiede årsmiddel. Datamaterialet har varierende kvalitet og omfang, og det er stor forskjell i usikkerheten for de enkelte transportverdiene.

Sammen med transportverdien for de ulike gruveområdene er det gjort en oppsummering av historie, resipientforhold og forurensningshindrende tiltak for hvert av de 17 områdene.

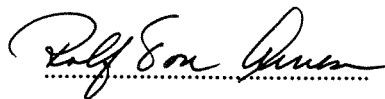
4 emneord, norske

1. Gruveforurensning
2. Kopper
3. Sink
4. Forurensningstransport

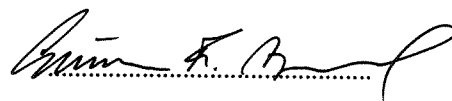
4 emneord, engelske

1. Mine pollution
2. Copper
3. Zink
4. Pollution transport

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN-82-577-2816-0

**O-94021**

**Transport av tungmetaller  
fra  
norske kisgruver**

Oslo,                    august 1995

Prosjektleder:    Rolf Tore Arnesen

Medarbeider:    Egil R. Iversen

Forsidebilde:    Taubanestasjonen ved Christianus Sextus gruve,  
                         Nordgruvefeltet, Røros

Foto:                ARN

# Innhold

## Forord

## Sammendrag

<b>1. Bakgrunn</b> .....	15
1.1. Prosjektet - fra SFT .....	15
1.2. Behov for oversikt - prioriteringer/resultatoppfølging .....	15
1.3. NIVAs database .....	17
1.4. Avgrensninger og problemer .....	17
<b>2. Forurensningene</b> .....	19
2.1. Årsak, prosesser, kilder .....	19
2.2. Usikkerhet .....	20
2.3. Referanser .....	22
<b>3. De enkelte områdene</b> .....	23
3.1. Bleikvasli Gruber, Bleikvassli .....	23
3.1.1. Lokalisering .....	23
3.1.2. Forurensningskilder .....	24
3.1.3. Resipientforhold .....	25
3.1.4. Gjennomførte tiltak .....	26
3.1.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	26
3.1.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	30
3.1.7. Konklusjoner, Bleikvassli .....	31
3.1.8. Referanser, Bleikvassli .....	31
3.2. Ertelien Nikkelgruve, Ringerike .....	33
3.2.1. Lokalisering .....	33
3.2.2. Forurensningskilder .....	34
3.2.3. Resipientforhold .....	34
3.2.4. Gjennomførte tiltak .....	35
3.2.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	35
3.2.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	36
3.2.7. Konklusjoner, Ertelien .....	37
3.2.8. Referanser, Ertelien .....	37
3.3. Flåt Nikkelgruve, Evje .....	38
3.3.1. Lokalisering .....	38
3.3.2. Forurensningskilder .....	39
3.3.3. Resipientforhold .....	40
3.3.4. Gjennomførte tiltak .....	41
3.3.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	41
3.3.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	41
3.3.7. Konklusjoner - Flåt .....	42
3.3.8. Referanser - Flåt .....	42

3.4. Folldal Verk, Folldal sentrum .....	44
3.4.1. Lokalisering .....	44
3.4.2. Forurensningskilder .....	46
3.4.3. Resipientforhold .....	46
3.4.4. Gjennomførte tiltak.....	46
3.4.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	49
3.4.6. Transportverdier - utviklingstrender.....	49
3.4.7. Konklusjoner, Folldal .....	51
3.4.8. Referanser, Folldal.....	51
3.5. Folldal Verk, Hjerkin .....	54
3.5.1. Lokalisering .....	54
3.5.2. Forurensningskilder .....	55
3.5.3. Resipientforhold .....	56
3.5.4. Gjennomførte tiltak.....	56
3.5.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	56
3.5.6. Transportverdier - utviklingstrender.....	59
3.5.7. Konklusjoner, Hjerkin .....	60
3.5.8. Referanser, Hjerkin.....	61
3.6. Grong Gruber, Joma.....	64
3.6.1. Lokalisering .....	64
3.6.2. Forurensningskilder .....	65
3.6.3. Resipientforhold .....	66
3.6.4. Gjennomførte tiltak.....	66
3.6.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	66
3.6.6. Transportverdier - utviklingstrender.....	69
3.6.7. Konklusjoner, Grong gruber .....	71
3.6.8. Referanser .....	71
3.7. Killingdal gruver .....	74
3.7.1. Lokalisering .....	74
3.7.2. Forurensningskilder .....	76
3.7.3. Resipientforhold .....	76
3.7.4. Gjennomførte tiltak.....	76
3.7.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	77
3.7.6. Transportverdier - utviklingstrender.....	79
3.7.7. Konklusjoner, Killingdal .....	80
3.7.8. Referanser, Killingdal.....	80
3.8. Kjøli gruver .....	81
3.8.1. Lokalisering .....	81
3.8.2. Forurensningskilder .....	82
3.8.3. Resipientforhold .....	83
3.8.4. Gjennomførte tiltak.....	83
3.8.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	83
3.8.6. Transportverdier - utviklingstrender.....	86
3.8.7. Konklusjon, Kjøli .....	86
3.8.8. Referanser, Kjøli.....	87

3.9. Kvikne kobberverk, Kvikne .....	89
3.9.1. Forurensningskilder .....	90
3.9.2. Resipientforhold .....	91
3.9.3. Gjennomførte tiltak .....	91
3.9.4. Konsentrasjoner, virkninger .....	91
3.9.5. Transportverdier - utviklingstrender .....	91
3.9.6. Konklusjoner Kvikne kobberverk .....	93
3.9.7. Referanser, Kvikne .....	93
3.10. Løkken gruver .....	95
3.10.1. Lokalisering .....	95
3.10.2. Forurensningskilder .....	97
3.10.3. Resipientforhold .....	98
3.10.4. Gjennomførte tiltak .....	99
3.10.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	99
3.10.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	103
3.10.7. Konklusjoner, Løkken .....	105
3.10.8. Referanser, Løkken .....	105
3.11. Nikkel og Olivin AS, Ballangen .....	108
3.11.1. Lokalisering .....	108
3.11.2. Forurensningskilder .....	109
3.11.3. Resipientforhold .....	109
3.11.4. Gjennomførte tiltak .....	109
3.11.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	110
3.11.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	110
3.11.7. Konklusjoner, Nikkel og Olivin AS .....	111
3.11.8. Referanser Nikkel og Olivin AS .....	111
3.12. Røros Kobberverk, Nordgruvefeltet .....	112
3.12.1. Lokalisering og drift .....	112
3.12.2. Forurensningskilder .....	114
3.12.3. Resipientforhold .....	115
3.12.4. Gjennomførte tiltak .....	116
3.12.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	117
3.12.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	120
3.12.7. Konklusjoner, Nordgruvefeltet .....	121
3.12.8. Referanser, Nordgruvefeltet .....	122
3.13. Røros Kobberverk, Storwartz-området .....	123
3.13.1. Lokalisering .....	123
3.13.2. Forurensningskilder .....	124
3.13.3. Resipientforhold .....	125
3.13.4. Gjennomførte tiltak .....	125
3.13.5. Konsentrasjoner, virkninger .....	125
3.13.6. Transportverdier - utviklingstrender .....	126
3.13.7. Konklusjoner, Storwartz .....	127
3.13.8. Referanser, Storwartz .....	128

3.14.	Røstvangen Gruber, Tynset.....	129
3.14.1.	Lokalisering .....	129
3.14.2.	Forurensningskilder .....	130
3.14.3.	Resipientforhold .....	131
3.14.4.	Gjennomførte tiltak.....	132
3.14.5.	Konsentrasjoner, virkninger .....	132
3.14.6.	Transportverdier - utviklingstrender.....	133
3.14.7.	Konklusjoner - Røstvangen .....	134
3.14.8.	Referanser, Røstvangen.....	135
3.15.	Skorovas Gruber .....	136
3.15.1.	Lokalisering .....	136
3.15.2.	Forurensningskilder .....	138
3.15.3.	Resipientforhold .....	139
3.15.4.	Gjennomførte tiltak.....	139
3.15.5.	Konsentrasjoner, virkninger .....	141
3.15.6.	Transportverdier - utviklingstrender.....	146
3.15.7.	Konklusjoner, Skorovatn.....	148
3.15.8.	Referanser, Skorovatn .....	149
3.16.	Sulitjelma Bergverk, Fauske kommune.....	152
3.16.1.	Lokalisering .....	152
3.16.2.	Forurensningskilder .....	155
3.16.3.	Resipientforhold .....	155
3.16.4.	Gjennomførte tiltak.....	156
3.16.5.	Konsentrasjoner, virkninger .....	156
3.16.6.	Transportverdier - utviklingstrender.....	159
3.16.7.	Konklusjoner, Sulitjelma.....	160
3.16.8.	Referanser, Sulitjelma .....	161
3.17.	Vigsnes kobberverk, Karmøy .....	162
3.17.1.	Lokalisering .....	162
3.17.2.	Forurensningskilder .....	164
3.17.3.	Resipientforhold .....	164
3.17.4.	Gjennomførte tiltak.....	164
3.17.5.	Konsentrasjoner, virkninger .....	165
3.17.5.	Transportverdier - utviklingstrender.....	166
3.17.6.	Konklusjoner, Vigsnes .....	167
3.17.7.	Referanser, Vigsnes.....	167

## Forord

*NIVAs mangeårige samarbeid med Bergvesenet, Statens forurensningstilsyn og de forskjellige gruveselskaper har ført til at et stort datamateriale om vannforurensning fra sulfidmalmgruver er samlet på instituttet. Materialet er forholdsvis lett tilgjengelig på en database, men har aldri tidligere vært bearbeidet på en ensartet måte og for ett formål.*

*SFTs bevilgning for dette prosjektet ga en kjærkommen anledning til en slik bearbeiding. Den interessante oppgaven førte til et engasjement som ble betydelig større enn opprinnelig forutsatt, noe som er kompensert med en stor egeninnsats fra NIVA.*

*Undertegnede, som har fått anledning til å samle og presentere materialet, har satt stor pris på oppgaven. Det praktiske arbeidet som ligger bak rapporten er imidlertid utført over lang tid av en rekke NIVA-medarbeidere i team, noe som bl.a. framgår av de mange referanser som finnes under omtalen av de enkelte gruvene.*

*Vi vil rette en spesiell takk til avdelingsing. Grethe Braastad, SFT for hennes interesse for arbeidet, vilje til samarbeid og ikke minst overbærenhet i perioder der framdriften i prosjektet ikke var som ønsket.*

*Fargefoto i rapporten er tatt av Rolf Tore Arnesen (ARN), Grethe Braastad (G.B.) og Eigil Rune Iversen (IVE)*

*Brekke 25. april 1995*

*Rolf Tore Arnesen*





## Sammendrag

Etter 30 års arbeid med vannforurensning fra sulfidmalmgruver har NIVA samlet et betydelig data-materiale. Dette materialet er etter hvert samlet på en database som gjør det mulig å trekke ut og bearbeide data for ønskede formål. Dette har gjort det mulig å anslå avrenning av tungmetaller, spesielt kopper og sink, fra 17 ulike gruveområder. For å gjennomføre arbeidet bevilget SFT i desember 1993 midler til et slikt arbeid. De vurderte gruveområdene har vært:

Bleikvassli Gruber, Hemnes	Løkken Gruber, Meldal
Ertelien Nikkelgruve, Ringerike	Nikkel og Olivin, Ballangen
Flåt Nikkelgruve, Evje og Hornes	Røros Kobberverk, Nordgruvefeltet, Røros
Folldal Verk, Folldal	Røros Kobberverk, Storz, Røros
Folldal Verk, Hjerking, Dovre	Røstvangen Gruber, Tynset
Grong Gruber, Røyrvik	Skorovas Gruber, Namsskogan
Killingdal Gruver, Holtålen	Sulitjelma Bergverk, Fauske
Kjøli Gruver, Holtålen	Vigsnes Kobberverk, Karmøy
Kvikne Kobberverk, Tynset	

De ovennevnte gruvene drives eller er tidligere drevet på komplekse sulfidmalmer, der kopper og sink som regel var de viktigste metallene. I Bleikvassli produseres også bly, og ved Ertelien, Flåt og Nikkel og Olivin er nikkel viktigste metall. Det sistnevnte bergverket er i en særstilling forurensningsmessig, fordi olivininnholdet fører til en meget høy pH i avrenningen.

Selv om det foreligger et stort datamateriale, er det likevel betydelig usikkerhet i en del av de angitte verdiene. Arbeidet har foregått over lang tid, og i løpet av denne tiden har det foregått betydelige endringer i analysemetodene for tungmetaller. Selv i årene siden 1985 har det skjedd stor utvikling i metodene for lave metallkonsentrasjoner. For mange områder foreligger bare korte dataserier, fra noen kun spredte prøvetakinger. Den største usikkerheten skyldes imidlertid mangelen på pålitelige data for vannføring.

For gruveområder der det foreligger dataserier for ett eller flere år, er det beregnet årlige tidsveiede middelveier for pH og konduktivitet og for konsentrasjoner av sulfat, jern, kopper, sink, kadmium, bly og nikkel i den utstrekning de ulike analysevariablene er bestemt. Der det finnes tilstrekkelige data for konsentrasjon og vannføring, er tidsveiede årlige middelveier for transport av kopper, sink, kadmium, bly og nikkel også beregnet.

Det er ikke mulig å gi noe sammendrag av de enkelte kapitlene i denne rapporten. De er hver for seg sammendrag av et stort antall rapporter og ofte et stort datamateriale. På grunn av usikkerheten i de beregnede transportverdiene er det nødvendig å vurdere bakgrunnen for verdiene ved bruk av enkeltverdier. Vi vil derfor anbefale at ikke bare sammendraget, men hele rapporten legges til grunn for et videre arbeid med å redusere avrenningen fra sulfidmalmgruvene våre.

I de fleste norske gruvevassdrag er det først og fremst kopper og til dels sink som har ført til de største skadevirkningene f. eks. fiskedød o.l. Dette har ført til at det først og fremst er disse metallene vi har gode data for.

I rapporten er det gitt en meget kortfattet beskrivelse av forurensningsproblemene som skyldes avrenning fra sulfidmalmgruver.

For de enkelte gruveområdene er det lagt vekt på en enhetlig framstilling med følgende inndeling:

- Lokalisering
- Forurensningskilder
- Resipientforhold
- Konsentrasjon og virkninger
- Transportverdier og utviklingstrender
- Konklusjoner.

Gjennom hele rapporten er det dessuten henvist til rapporter og annen litteratur som gjør det mulig å gå tilbake til originaldata for nærmere studier.

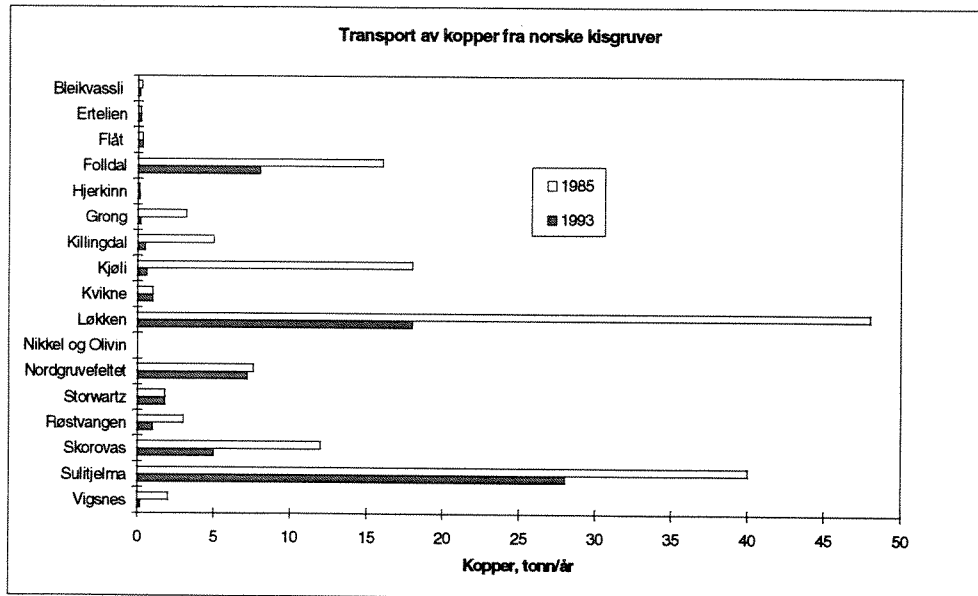
I tabell 1 finnes en oversikt over de 17 gruveområdene med anslåtte verdier for den aktuelle metalltransporten. Tilsvarende data for kopper og sink er fremstilt grafisk i figurene 1 og 2.

Tabell 1 Samlet transport av tungmetaller fra norske gruver. De ti første områdene i tabellen er de ti som var prioritert av SFT for tiltak.

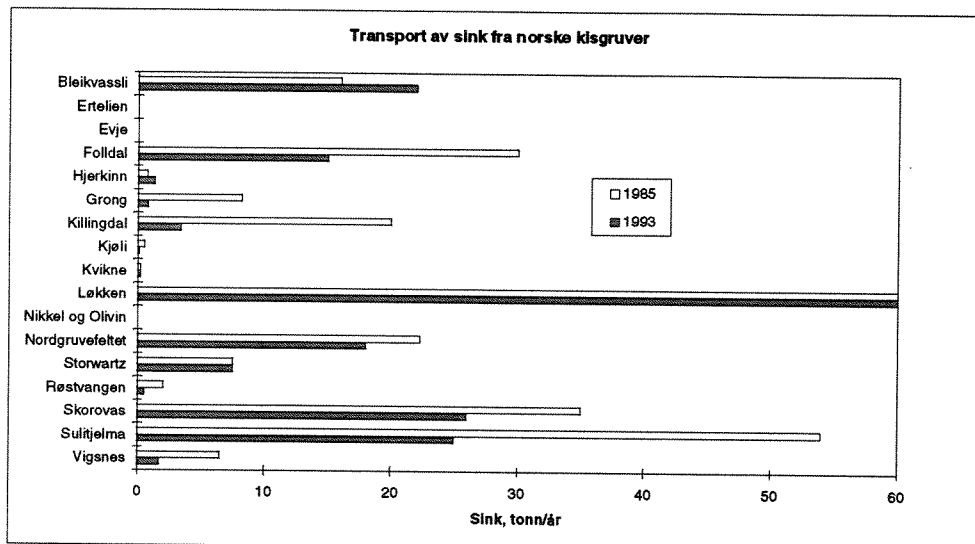
Datagrunnlag og usikkerhet er nærmere omtalt i rapportens innledende kapitler og under omtalen av hvert enkelt område.

	Kopper		Sink		Kadmium		Bly		Nikkel		Arsen 1985/93
	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	
Folldal Verk. Folldal	16	8	30	15							
Grong Gruber	3.2	0.2	8.3	0.8							
Killingdal Gruver	5	0.5	20	3.4							
Kjøli Gruver	18	0.6	0.5	0.1							
Løkken Gruber	48	18	60	64							
Røros. Nordgruvefeltet	7.6	7.2	22.3	18	25	19.8					
Røros. Størwart	1.8	1.8	7.5	7.5	8	8					
Skorovas Gruber	12	5	35	26							
Sulitjelma Bergverk	40	28	54	25							
Bleikvassli Gruber	0.25	0.12	16	22			0.56	0.42	0.7	0.7	
Ertelien Nikkelgruve	0.2	0.2							1.8	1.8	
Flåt Nikkelgruve. Evje	0.3	0.3									
Folldal Verk. Hjerkin	0.1	0.13	0.7	1.3							
Kvikne Kobberverk	1	1	0.2	0.2							
Nikkel og Olivin									0.1	0.1	0.27
Røstvangen Gruber	3	1	2	0.5							
Vigsnes Kobberverk	2	0.2	6.5	1.7							





Figur 1 Transport av kopper fra norske sulfidmalmgruver.



Figur 2 Transport av sink fra norske sulfidmalmgruver



# 1. Bakgrunn

## 1.1. Prosjektet - fra SFT

Datamaterialet NIVA har samlet gjennom mer enn 30 års arbeid med vannforurensning fra sulfidmalmgruver er meget omfattende. For en rekke gruver finnes data om avrenning og vannkvalitet helt tilbake til 1960-årene. Det er ikke tidligere gjort en samlet behandling av dette materialet der databearbeiding og presentasjon er gjort ensartet. Dette har blant annet ført til en viss usikkerhet om hvor store tungmetallutslippene fra norske gruver har vært og hvordan de har endret seg med tiden.

For å få en slik ensartet fremstilling av NIVAs datamateriale foreslo NIVA i november 1993 et prosjekt med følgende hovedmål:

**"I arbeidet som foreslås her vil NIVA foreta en beregning av forurensningsbelastning fra 15 av de gruveområdene som gir størst avrenning av tungmetaller her i landet."**

I prosjektforslaget ble følgende 17 områder nevnt:

Bleikvassli Gruber, Hemnes	Løkken Gruber, Meldal
Ertelien Nikkelgruve, Ringerike	Nikkel og Olivin, Ballangen
Flåt Nikkelgruve, Evje og Hornes	Røros Kobberverk, Nordgruvefeltet, Røros
Folldal Verk, Folldal	Røros Kobberverk, Storwartz, Røros
Folldal Verk, Hjerkind, Dovre	Røstvangen Gruber, Tynset
Grong Gruber, Joma, Røyrvik	Skorovas Gruber, Namsskogan
Killingdal Gruver, Holtålen	Sulitjelma Bergverk, Fauske
Kjøli Gruver, Holtålen	Vigsnes Kobberverk, Karmøy
Kvikne Kobberverk, Tynset	

Den geografiske beliggenheten av gruveområdene er angitt ved kommunenavn og vist på kartet i figur 1.

I brev av 3. desember 1993 ga SFT tilsagn om midler til gjennomføring av prosjektet fullstendig i samsvar med NIVAs forslag, og alle de 17 områdene ble inkludert i arbeidet.

## 1.2. Behov for oversikt - prioriteringer/resultatoppfølging

Både nasjonalt og internasjonalt er utslipp av tungmetaller fra sulfidmalmgruver et viktig problem, som har ført til fiskedød og annen skade på akvatiske økosystemer. I internasjonale avtaler er reduksjonen av utslipp av en rekke tungmetaller prioritert. Dette har ført til behov for kvantifisering av slike utslipp her i landet, dels for å fastslå status, men også som et utgangspunkt for prioritering av tiltak ut fra kost/nytte-vurderinger.

Sulfidmalmgruvene her i landet har representert de største utslippene av kopper, sink, nikkel og til dels kadmium og bly. Tiltak som reduserer avrenningen fra enkelte av gruveområdene kan derfor ha betydelig effekt på våre totale utslipp av enkelte tungmetaller.





Figur 1.1.1 Den geografiske beliggenheten av gruveområdene.

I løpet av de siste 10 årene er det dessuten gjennomført tiltak for å redusere forurensningene fra en rekke gruver. Det er viktig å dokumentere effektene av de disse tiltakene i forhold til våre internasjonale forpliktelser, men like viktig er det å registrere virkningen av ulike typer tiltak ut fra en faglig målsetning. En beskrivelse av forurensningssituasjonen før, under og etter et tiltak er nødvendig for å optimalisere fremtidige tiltak.

### 1.3. NIVAs database

NIVAs arbeid med vannforurensning fra sulfidmalmgruver startet i 1962 med undersøkelsene i Skorovatn-området. Siden den gang er alle kjemiske analysedata fra slike undersøkelser samlet i en PC-basert database. Det vil si at samtlige enkeltdata som ligger til grunn for den foreliggende rapport, kan trekkes ut og bearbeides videre.

Foreløpig har databasen en forholdsvis enkel struktur, og utdrag av data kan bare skje i samarbeid med saksbehandler ved NIVA. Det foreligger en rekke muligheter for modellberegninger, statistisk bearbeiding, dels med kjemiske data alene, dels sammen med data fra biologiske undersøkelser. En bearbeiding av dette materialet vil være en viktig oppgave for å forbedre forståelsen av de prosesser som fører til forurensninger fra sulfidmalmgruver. Slik kunnskap er et viktig middel til å hindre at forurensning oppstår eller å redusere den forurensning som allerede foregår i et område.

I arbeidet som ligger til grunn for den foreliggende rapport, har databasen vært til stor nytte. Det ville være av stor interesse å oppdatere rapporten med jevne mellomrom i årene framover, og da ville databasen bli et nødvendig hjelpemiddel. Arbeidet med å forbedre den nåværende utgave av basen ville i så fall være en god investering.

### 1.4. Avgrensninger og problemer

Hvor mange og hvilke gruver som skulle inkluderes i denne rapporten ble i stor grad bestemt ut fra det datamaterialet NIVA hadde på den tiden prosjektet ble foreslått. Det finnes antakelig gruveområder hvor avrenning av tungmetaller kan være like stor som i enkelte av de gruveområdene som er beskrevet. Det finnes dessuten et stort antall gruveområder der avrenningen ikke er kvantifisert.

Det er ikke grunn til å tro at disse områdene enkeltvis er av stor forurensningsmessig betydning, men lokalt kan de ha betydning for arealplanlegging, f.eks. i relasjon til vannforsyning eller boligbygging. Flere slike områder kan til sammen gi forurensningsvirkninger i større vassdrag. Typiske eksempler på områder der flere gruveområder har avrenning til samme vassdrag er Orkla og øvre del av Gaula og Glomma .

Når det gjennomføres tiltak på de mest forurensende kildene, vil etter hvert andre forurensningskilder relativt sett få større betydning, og det er god grunn til å regne med at krav om reduserte tungmetallutslipp kan gjøre det nødvendig å se på nye gruveområder som hittil har fått liten oppmerksomhet.

På denne bakgrunn er det viktig å vite at den foreliggende rapport ikke er en fullstendig oversikt over tungmetallutslipp fra norske sulfidmalmgruver til vassdrag.

I beskrivelsen av de ulike gruvene er det gitt en kortfattet beskrivelse av gruvas historie og den drift som har foregått i området gjennom tidene. Dette er først og fremst gjort for å gi en bakgrunn for omfanget av driften i perioder med ulike tekniske metoder og muligheter. Dette har stor betydning for det forurensningspotensiale som finnes i områdene, og dermed den utvikling som kan ventes i årene som kommer.

Disse historiske beskrivelsene er stort sett basert på tidligere NIVA-rapporter. I tillegg er det benyttet tre hovedkilder:

Jubileumsskrift  
Bergverkenes Landssammenslutning gjennom 50 år. 1907-1957.  
Oslo, 1957.

Valmot, O. (red)  
1900-1975.  
NIF - Bergingeniørenes avdeling.  
PF - Norsk Bergindustriforening.  
Med beskrivelse av norske bergverk 1975.

Spesialnr. av Tidsskrift for Kjemi, Bergvesen og Metallurgi. 10 årgang, nr. 28, mars 1950  
NIF - Bergingeniørenes avdeling - 50 år  
PF - Norsk Bergindustriforening - 50 år  
1950.

For beskrivelsen av gruvene i Gauldalen og i Røros-området har også følgende tre verker gitt viktig informasjon:

Aasgaard, G., 1927  
Gruber og skjerp i kisdraget Øvre Guldal-Tydal.  
Norges Geologiske undersøkelser nr. 129, 1927.

Nissen, G. B., 1976  
Røros Kobberverk 1644-1974, Trondheim 1976.

Øysang, O., 1942  
Rørosboka bind 2, Røros Kobberverks historie.  
Globusforlaget, Trondheim 1942.

Det har vært et problem i arbeidet å gi de enkelte gruveområdene korrekte navn. Praktisk talt alle gruvene har skiftet navn i løpet av sin driftstid, enten på grunn av endrede eierforhold, eller fordi eierselskapet har endret navn. Flere norske gruver har flere hundre års historie og fordi de skiftet eiere har navnene ofte vært endret seg gjennom tidene. Å bruke de korrekte navnene på de ulike gruveselskapene i alle sammenhenger ville gitt et stort merarbeid med denne rapporten.

For å unngå å omtale de ulike områdene med forskjellige navn i forskjellige perioder er alle gruvene gitt navn i henhold til listen på side 10. Noen misforståelser skulle neppe oppstå på grunn av dette, men det kan være nødvendig å ta hensyn til dette dersom utdrag av rapporten benyttes ved omtale av et område. For å få plass i figur 1, er navnene ytterligere forkortet her.

## 2. Forurensningene

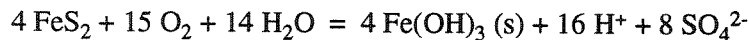
### 2.1. Årsak, prosesser, kilder

I det foreliggende arbeid er det fokusert på transportverdier for tungmetaller fra viktige gruveområder. Hvordan slike forurensninger oppstår og hvordan de kan reduseres, er nærmere omtalt i tidligere NIVA-rapporter. (Arnesen 1993 og Arnesen og Iversen 1993).

Metallene i sulfidmineralene er i utgangspunktet så sterkt kjemisk bundet at kontakt med rent vann ikke fører til spredning av oppløste tungmetaller, og så lenge sulfidmineralene ikke tilføres oksygen er de praktisk talt upåvirkelige. Ved gruedrift legges store kisflater åpne for luftens oksygen og fuktighet. Dette fører til oksidasjon som igjen gir sur avrenning og tungmetallforurensning.

Det vanligste sulfidmineralet her og i de fleste andre land som har problemer med vannforurensninger fra gruver er svovelkis, vanligvis som pyritt med formelen  $\text{FeS}_2$ . Av andre viktige sulfidmineraler kan nevnes det mer jernholdige magnetkis, kopperkis ( $\text{CuFeS}_2$ ), sinkblende ( $\text{ZnS}$ ), blyglans ( $\text{PbS}$ ) og pentlanditt ( $(\text{Ni, Fe})_9\text{S}_8$ ). Mange sulfidmalmer inneholder dessuten små mengder andre metaller f.eks. kadmium, arsen og kobolt. Alle disse mineralene har forekommet i sulfidmalmgruver som gjennom tidene er drevet her i landet.

En mer grunnleggende kjemisk beskrivelse av de prosessene som foregår når sulfidmalm oksideres og tungmetaller frigjøres, kan beskrives med følgende likning (Stumm and Morgan 1981):



Med ord kan prosessen beskrives slik: Sulfidmalm reagerer med oksygen og vann og gir jern(III) som felles ut som hydroksid samtidig som dannet svovelsyre senker pH i resipienten. Denne kjemiske forvitringen av pyritt er en av de mest syredannende reaksjoner i naturen. Når oksidasjonen skjer rent kjemisk, går den forholdsvis langsomt, men den katalyseres sterkt av spesielle bakterier.

Den samme syklus er sannsynligvis ansvarlig for forvitring og oppløsning av andre metallsulfider som finnes i sulfidmalm-gruver, men de kjemiske reaksjoner som skjer mellom tungmetallene som inngår i prosessen, har antakelig betydning for reaksjonsforløpet.

Svovelsyren som dannes ved prosessen, fører til at aluminium, kalsium og magnesium løses ut fra omkringliggende bergarter. Avløpsvann fra gruveområder har derfor høyt innhold av disse elementer. Skadevirkningene av aluminium i gruvesammenheng er uklar, men ved beregning av alkalibehov for nøytralisasjon av gruveavløp er aluminium viktig. I forbindelse med forsuredde vassdrag er det påvist at lav pH sammen med høye aluminiumkonsentrasjoner virker giftig på fisk.

Vannforurensning fra gruveområder kommer stort sett fra tre ulike kilder:

- Gruvevann som er grunnvann og overflatevann som kommer inn gjennom sprekker og svakhetssoner i berggrunnen, og overflatevann som renner inn gjennom dagåpningene. For gruver i drift kommer i tillegg driftsvann fra bormaskiner og annet driftsutstyr.

- Avrenning fra gråbergvelter som består av forholdsvis grovt materiale med større og mindre innhold av kisminerale.
- Avrenning fra avgangsdeponier. Denne avrenningen kan være meget forskjellig avhengig av om deponiet er i drift eller ikke, og hvilke tiltak som er gjennomført ved en eventuell nedleggelse.

Avfallet fra gruvedriften, veltene, gir god kontakt mellom luft og vann. Det samme gjelder de åpne gruverommene der vannet sildrer ned over store kisflater. Gamle avgangsdeponier som ikke er lukket med vann eller tette masser, kan gi meget store kontaktflater mellom sulfid og luft/vann. I tillegg var ofte de gamle oppredningsprosessene mindre effektive enn dagens, og ukontrollerte opplag av slikt materiale gir store forurensningsmengder.

Det er stor forskjell på forurensningspåvirkningen fra en gruve til den neste. Årsaken til dette er ikke uten videre klar, men det er antatt at enkelte mineraler og mineralkombinasjoner er spesielt reaktive. Balansen mellom sure og basiske mineraler i forekomsten er også viktig. Overskudd av sulfidmineraler øker faren for at avløpsvannet i fremtiden vil bli surt og metallholdig.

Metallene som frigjøres ved oksidasjon av sulfidmineralene, kan opptre i flere forskjellige kjemiske tilstandsformer, som fri ioner, oppløste eller utfelte forbindelser. I tillegg adsorberes ofte tungmetallene til faste partikler. Det kan ikke gis generelle regler for hva som er giftigst av frie metallioner eller komplekse forbindelser. Ofte er imidlertid de frie metallionene mest giftige. Utfelte forbindelser og ioner adsorbert til partikler har oftest liten direkte effekt på vannlevende organismer, men avsetning av slam i bunnområder kan ha stor betydning for bunnfauna og flora.

En viktig kjemisk egenskap ved tungmetallene er at de danner tungt løselige forbindelser som felles ut og sedimenterer. Dette har stor betydning for metallenes skjebne i naturen. Utfellingen skjer først og fremst i innsjøer og fjorder, og fører til forhøyede metallkonsentrasjoner i sedimentene. Det er spesielt i elvenes utløpsområder at slike konsentrasjonsøkninger kan forekomme. Fellingsprosessen fører samtidig til at tungmetallenes bevegelighet reduseres, og hindrer at slik forurensning får regional eller global utbredelse. Det må understrekes at dette ikke gjelder et metall som kvikksølv, som kan bli reaktivert fra sedimentene ved bakteriell aktivitet (metylering). Det er ikke påvist at norsk sulfidmalminndustr i har bidratt til spredning av kvikksølv i vassdrag.

Tungmetaller er antakelig den gruppe stoffer hvis giftvirkninger er best undersøkt i ferskvann. NIVA har gjennom mange år gjort en rekke undersøkelser både i laboratoriet og naturlige ferskvannsføremster. Dette arbeidet er nylig oppsummert i en rapport (Grande 1991). Av Grandes arbeid fremgår bl.a. at det kan være gode fiskebestander i vassdrag som er påvirket av gruveforurensning, selv om tungmetallkonsentrasjonene er betydelig høyere enn det som er påvist som skadelig i laboratorieforsøk.

## 2.2. Usikkerhet

Datamaterialet fra NIVAs undersøkelser er samlet inn over et langt tidsrom. I løpet av denne tiden er analysemetoder blitt betydelig bedre og vår kompetanse forbedret. Denne utviklingen har fortsatt helt til de siste år, og datagrunnlag og konklusjoner fra undersøkelser i de senere år, er derfor betydelig bedre enn fra tidligere år. Noen klare grenser for endringer i datakvalitet kan imidlertid ikke gis.

I tillegg til denne mer "tekniske" kvaliteten, finnes tilfeldige feil ved alle undersøkelser i naturen, der først og fremst meteorologiske forhold spiller en betydelig rolle.

Ved de fleste av undersøkelsene som inngår i rapporten, er det maksimalt tatt vannprøver 12 ganger pr. år, og vannføringen er, hvis den er registrert, kun avlest ved prøvetakingen. Med de store variasjonene det kan være fra dag til dag i små vassdrag, må en regne med betydelige variasjoner i resultatene, avhengig av hvilke dager prøvetakingen skjer.

Nedbørmengden og dermed avrenningen kan dessuten variere fra år til år med  $\pm 30 - 40 \%$  i forhold til normalverdien. I tillegg til usikkerheten som skyldes prøvetakingstidspunktene kommer denne "meteorologiske" usikkerheten inn i den årlige transportverdien slik at samlet usikkerhet nok kan være  $\pm 50 \%$  for enkelte år. Ved å se på flere år i sammenheng kan denne usikkerheten reduseres betydelig.

Dersom måling av vannføring mangler, er beregnet avrenning fra området benyttet i stedet. Den er beregnet ut fra nedbørfeltets areal og avrenningskoeffisienten for området, tatt fra Avrenningskart over Norge (1987). Den normalavrenningen er justert ut fra %-vis avvik fra normalen i årsnedbør.

I den foreliggende rapporten er statistikk ikke benyttet i så stor grad som det kunne være ønskelig. Med så mye data er det tidkrevende å foreta omfattende statistiske analyser av datamaterialet. For sammenlikning av enkelte dataserier er Students t-test benyttet. Dette er en test som angir sannsynligheten for at to middelverdier er forskjellige. Det finnes imidlertid ingen test som kan vise at to tilfeldige dataserier er like.

Ved presentasjon av analysedata er det i rapporten stort sett benyttet tidsveiede årsmiddel. I tillegg er antall observasjoner som ligger til grunn for middelverdien og standard avvik angitt. Antall observasjoner er et mål for verdiens pålitelighet, mens standard avvik gir et inntrykk av spredningen i materialet.

En annen type statistiske metoder er dem som benyttes for å analysere tidsserier. For langvarige overvåkingsprosjekter er tidsserieanalyser velegnete metoder. For denne rapporten har det ikke vært mulig å bruke dette hjelpemidlet, på grunn av tidsmessige og økonomiske rammer. Det ville vært av stor interesse å gjennomføre slike analyser på en del av datamaterialet fra norske gruver.

Ved omtalen av de enkelte gruveområdene er fremstillingen forsøkt gjort så enhetlig som mulig. Beskrivelse av de ulike forurensningskildene er gjort ut fra behovet for å kunne vurdere hvilke kilder som betyr mest og hvilke som lettest kan reduseres. Resipientbeskrivelsene må som regel bli forskjellig fra sted til sted, men de enkelte elementer i beskrivelsen kan være omtrent de samme.

De absolutte transportverdiene er som tidligere nevnt beheftet med betydelig usikkerhet. Forholdet mellom transportverdiene for de forskjellige områdene er antakelig noe mer pålitelige.

De 17 områdene som er mer detaljert behandlet i de følgende kapitler, er antakelig blant de aller største kilder til tungmetallforurensning i Norge, men det finnes fortsatt områder som ikke er beskrevet. Det vil være av interesse å oppdatere den foreliggende rapport med noen års mellomrom i den grad det kommer nye data..

### 2.3. Refaranser

Arnesen, R. T., 1993

Vannforurensning fra sulfidmalmgruver med utslipp til ferskvann.  
NIVA-rapport O-67084/O-92204, L. nr. 2849, januar 1993.

Arnesen, R. T. og Iversen, E. R., 1993

Langtidsvirkninger ved deponering av sulfidholdig avgang under vann.  
NIVA-rapport O-89116/E-8782, L. nr. 2919, juli 1993.

Grande, M., 1991

Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger.  
NIVA-rapport O-89103, L. nr. 2562, mars 1991.

Stumm, W. and Morgan, J. J., 1981

Aquatic Chemistry, J. Wiley & Sons, Inc 1981.  
ISBN 0-471-04831-3.

## 3. De enkelte områdene

### 3.1. Bleikvassli Gruber, Bleikvassli

#### 3.1.1. Lokalisering

Bleikvassli Gruber ligger i Hemnes kommune i Nordland fylke. En kartskisse over området rundt gruva med aktuelle resipienter finnes i Figur 3.1.2. Tabell 3.1.1 inneholder en del informasjon om områdets geografiske beliggenhet.



Foto: IVE

Figur 3.1.1 Lille Bleikevatn med flomløp og det gamle avgangsdeponiet.

Tabell 3.1.1 Geografiske data om beliggenheten til Bleikvassli Gruber.  
Karthenvisningene gjelder M711-serien.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Nordland	Hemnes	Røssvatnet, 1926 I	33W VP 4811

Malmforekomsten ble funnet i 1917, men først i 1947 ble det satt igang prøvedrift. I første del av 50-årene ble gruva drevet med en beskjeden årsproduksjon - ca. 12.000 tonn råmalm i 1950. Oppredningen foregikk ved Bergverkselskapet Nord-Norge (BNN, Andfiskåga nær Mo i Rana). Under prøvedriften ble det drevet et mindre dagbrudd der ca. 20.000 tonn malm ble tatt ut.

Den planlagte produksjonen var ved start av normal drift ca. 100.000 tonn råmalm pr. år, med sammensetning: ca. 5,5 % Zn, ca. 3,0 % Pb og ca. 22 % S. Det skulle produseres svovelkis i tillegg til sink- og blykonsentrat, og avgangsmengden ble anslått til ca. 50.000 tonn pr. år. Etter hvert er produksjonen øket til ca. vel 150.000 tonn råmalm pr. år.



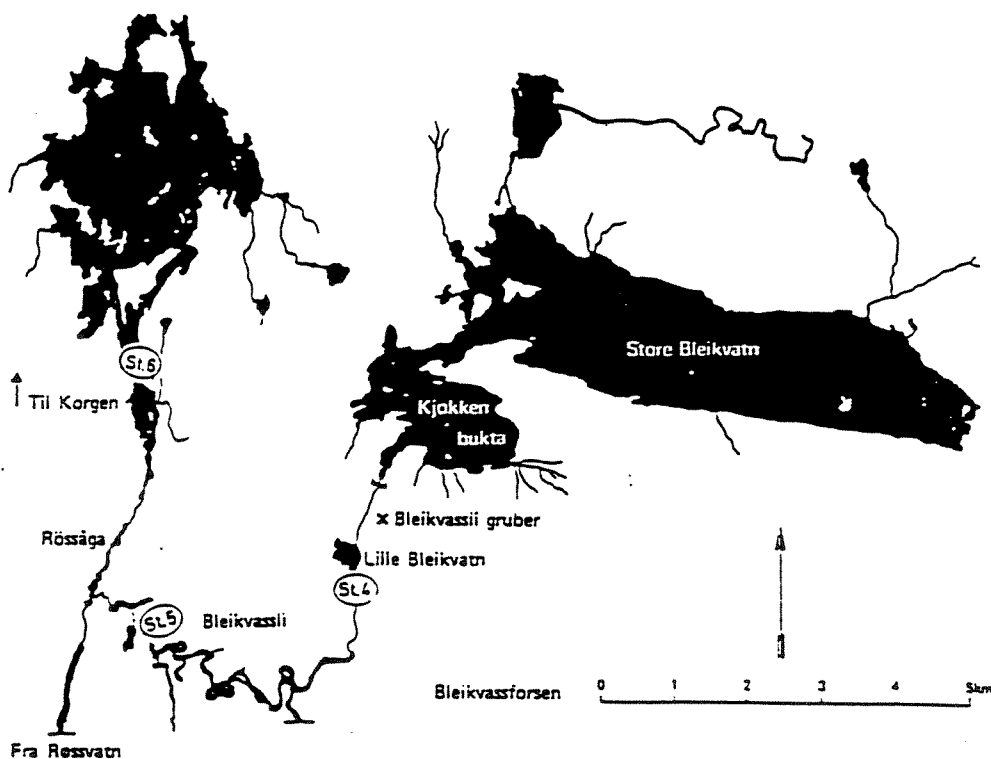
Det finnes to ulike typer malm i gruva:

- Svovelrik malm med sinkblende, blyglans, magnetkis og kopperkis.
- Magnetkisrik malm med sinkblende, blyglans, kopperkis og lite eller ingen svovelkis. Denne malmen er betydelig mer kopperrik enn den svovelkisrike.

Det nåværende flotasjonsanlegget sto ferdig i juni 1957. Fram til februar 1984 ble avgangen fra flotasjonsverket deponert i Lille Bleikvatn.

På den tiden ble det gamle avgangsdeponiet overfylt, og det ble nødvendig å se etter andre deponeringsmuligheter. Fra februar 1984 er flotasjonsavgangen fra Bleikvassli Gruber deponert i Kjøkkenbukta, en vik som er naturlig "avstengt" med grunne terskler i Store Bleikvatn.

I forbindelse med at avgangsutslippet ble flyttet til Store Bleikvatn startet NIVA overvåking av utslippsområdet og resipientene nedstrøms de ulike forurensningskildene i området. Alle data fra NIVA's arbeid i Bleikvassli er samlet i en rekke rapporter som er listet i kap 3.1.8.



Figur 3.1.2 Kartskisse over Bleikvassli-området med resipienter for avgang og avløpsvann.

### 3.1.2. Forurensningskilder

Det finnes forholdsvis lite velter i vanlig forstand ved Bleikvassli Gruber. Gråberg med sulfidinnhold er imidlertid spredt i området som fyllmateriale. Dammen som avgrenser avgangen mot resten av Lille Bleikvatn inneholder antakelig også noe sulfider. Gjennom tidene har det også skjedd uhell med transport av avgang til deponiet slik at den har spredt seg i terrenget. Drensvann fra gruveområdet med dagbrudd og områder med avfallsmasser bidrar derfor som diffus avrenning til totalavløpet.

For å få bedre kontroll over utslipp og spredning av avgang ble det bygget en dam i Lille Bleikvatn, og den nordlige delen av innsjøen ble fylt med avgang. Dette gamle deponiet inneholder betydelige mengder sulfidholdig avgang som kan avgi tungmetaller. Tidligere lå en del avgang uten overdekking og det foregikk antakelig en viss oksidasjon. Fram til 1984 ble avgangen syklonert og grovfraksjonen ble tilbakefylt i gruva. Dette reduserte avgangsmengden som ble deponert i denne perioden. Det er i de senere år foretatt opprydding i gruveområdet ved at all avgang i Lille Bleikvatn nå er deponert under vann. Avgang som ved driftsuhell ble liggende i området mellom oppredningsverket og Lille Bleikvatn er fjernet og deponert i gruva. Et dagbrudd er også fylt igjen og overdekket.

Den gamle avgangsdammen er gjennomskåret av et flomløp fra Store Bleikvatn. Demningen som skiller deponiet fra resten av Lille Bleikvatn har bare delvis vært tett, og det samme gjelder antakelig jeteen som skiller avgangen fra flomløpet. Avgang er antakelig spredt i flere områder utenfor det egentlige deponiet i Lille Bleikvatn.

Avgangen fra flotasjonsverket deponeres i dag i Kjøkkenbukta i Store Bleikvatn. Denne avgangen som inneholder betydelige mengder sulfidmineraler, blandes med gruvevannet før utslipp. pH i blandingen skal om nødvendig justeres ved tilsetning av kalk. Det har imidlertid til tider vært problemer med å gjennomføre dette. Gruvevannet er surt og inneholder høye metallkonsentrasjoner. Det er derfor en potensiell forurensningskilde, men det er vist at innblanding av avgang kan redusere innholdet av løste metaller i gruvevann (Ljøkjell 1980).

I Kjøkkenbukta foregår kun en deponering av samlet avgang tilblandet gruvevann. Andre forurensninger tilføres praktisk talt ikke.

### 3.1.3. Resipientforhold

Avrenningsforholdene fra gruveområdet i Bleikvassli er kompliserte. Fra det gamle avgangsdeponiet og fra alt avfall som ellers er spredt i gruveområdet går avrenningen til Lille Bleikvatn og Bleikvasselva/Moldåga som renner inn i Røssåga ved Bleikvasslia 3 - 4 km nedenfor gruveområdet.

Nedbørfeltet ned til utløpet av Lille Bleikvatn er ganske lite, og vannføringen er normalt beskjeden. I tabell 3.1.2 er det samlet en del hydrologiske data for denne avrenningen.

Tabell 3.1.2 Hydrologiske data for Bleikvasselva ved utløp fra Lille Bleikvatn og Store Bleikvatn ved utløp.

Innsjø	Kartreferanse	Nedbørfelt km <sup>2</sup>	Avrenningskoeff. l/s·km <sup>-2</sup>	Norm. vannføring l/s
Lille Bleikvatn	33W VP 485113	1.25	40	50
Store Bleikvatn	-	100	45	4950

I forbindelse med regulering av Store Bleikvatn ble det bygget et flomoverløp fra Kjøkkenbukta i Store Bleikvatn til Lille Bleikvatn. I den sammenheng ble det laget en kanal gjennom avgangsdeponiet. Når dette overløpet trer i funksjon, kan vannføringen til Bleikvasselva bli meget stor, og i 1989 ble det registrert vannføringer opp mot 3 m<sup>3</sup>/s i utløpet av Lille Bleikvatn.

Store Bleikvatn som er resipient for gruvevann og flotasjonsavgang er en relativt stor innsjø med en lengde på 7 - 8 km. Den er sterkt regulert, og vannet herfra overføres til Røssvatnet som i dag er landets nest største innsjø med overflateareal på 210 km<sup>2</sup>.

Fra Røssvatnet renner Røssåga som er hovedresipient for all avrenning fra Bleikvassli Gruber. Denne elva har en midlere vannføring på 85 m<sup>3</sup>/s ved Sjøforsen ca. 20 km nedenfor samløpet med Moldåga. Røssåga og spesielt Stormyrbassenget 2 - 3 km nedenfor Bleikvasslia er et viktig rekreasjonsområde der det utøves et betydelig fritidsfiske. Vassdraget er sterkt regulert med flere kraftverk.

#### 3.1.4. Gjennomførte tiltak

Det er gjennomført en del inngrep i gruveområdet siden NIVAs målinger startet i 1974. De viktigste endringene som har skjedd i denne tiden har vært:

- Overføring av avgangsdeponering til Kjøkkenbukta (1984)
- Overføring av gruvevannsutslipp til Kjøkkenbukta (1984)
- Fullstendig vanndekking av all avgang i Lille Bleikvatn (1990)
- Generell opprydding og tildekking i området (1989-92)

Alle de ovennevnte tiltakene er gjennomført siden 1984, men det er ikke mulig å tidfeste alle i detalj. I forbindelse med at den gamle avgangen ble brakt under vann, ble dammen som deler Lille Bleikvatn tettet. Til tross for de nevnte tiltakene finnes det fortsatt en del diffuse forurensningskilder i området.

#### 3.1.5. Konsentrasjoner, virkninger

Utslippene fra Bleikvassli Gruber påvirker to helt adskilte primærresipienter. Avrenningen som passerer utløpet av Lille Bleikvatn kan karakteriseres og kvantifiseres forholdsvis enkelt. Utslippene til Store Bleikvatn og virkningene her er det betydelig vanskeligere å beskrive. I det følgende er de to utslippene behandlet hver for seg.

##### 3.1.5.1. Utløp Lille Bleikvatn

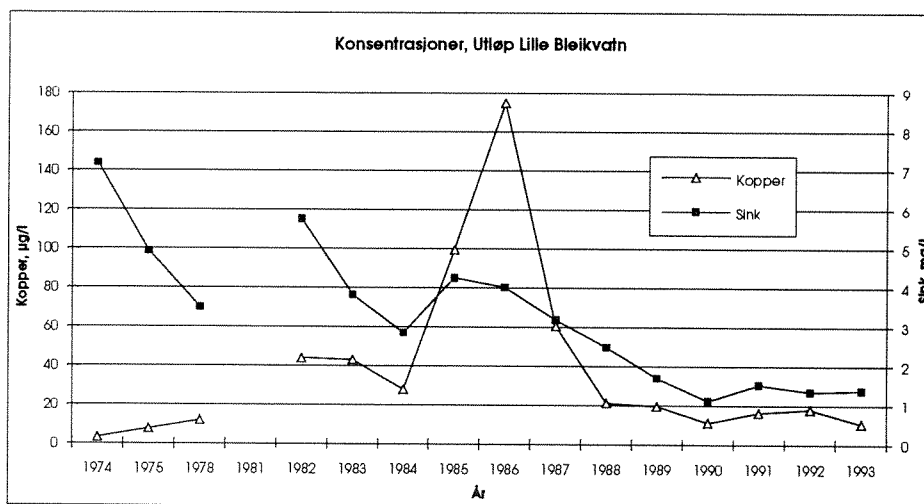
Tabell 3.1.3 viser en sammenfatning av analyseresultatene fra utløp av Lille Bleikvatn. Figur 3.1.3 viser tidsveiede middelerverdier for kopper- og sinkkonsentrasjoner fra 1974 til 1993. Figur 3.1.4 viser tilsvarende blykonsentrasjoner.

Tabell 3.1.3 Sammenfatning av analyseresultater fra utløp Lille Bleikvatn, Bleikvassli. Kartref.: 33VP 48113.

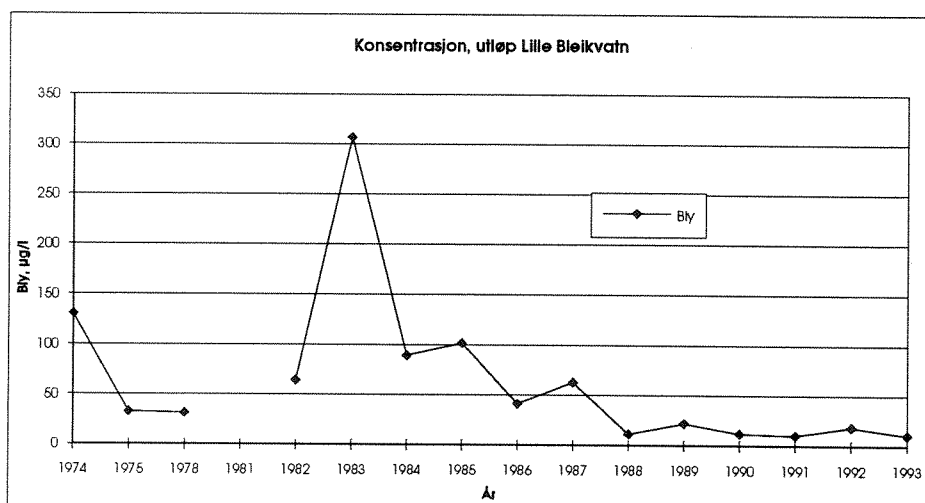
År		pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
1974	Middel	4.21	51.3	220	4050	3.3	7200	6.6	130.0
	Antall	2	2	2	2	2	2	2	2
	Std. avv.								
1975	Middel	5.36	32.6	143	3700	7.7	4933	4.9	32.3
	Antall	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. avv.	1.04	16.0	81	1510	4.5	814	2.5	19.6
1978	05.08.78				4400	12.0	3500	4.1	31.0
1982	18.12.82	4.98	34.4	128	860	44.0	5760		64.0
1983	Middel	4.12	33.6	148	2655	43.0	3817	6.2	306.7
	Antall	3	3	3	2	3	3	3	3
	Std. avv.	0.24	5.5	23		23.5	1025	2.1	76.4
1984	Middel	4.39	30.0	140	2155	28.0	2855	5.0	89.0
	Antall	1	1	1	2	2	2	2	2
	Std. avv.								
1985	Middel	5.45	26.8	109	675	99.5	4260	9.4	101.5
	Antall	2	2	2	2	2	2	2	2
	Std. avv.								
1986	Middel	4.65	27.4	108	1380	175.0	4015	11.1	41.0
	Antall	2	2	2	2	2	2	2	2
	Std. avv.								
1987	Middel	6.25	27.1	106	708	60.6	3185	7.8	62.4
	Antall	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std. avv.	0.50	4.8	25	635	65.3	1468	5.5	82.0
1988	Middel	6.58	28.2	107	611	21.2	2488	5.0	11.2
	Antall	12	12	12	11	12	12	12	12
	Std. avv.	0.58	5.5	29	429	17.7	1220	2.7	9.7
1989	Middel	6.83	18.1	58	911	19.6	1699	3.0	21.5
	Antall	17	17	17	14	22	22	22	22
	Std. avv.	0.37	10.5	48	675	16.4	1261	2.3	20.2
1990	Middel	7.02	17.0	42	446	11.3	1122	2.1	11.8
	Antall	11	11	11	10	11	11	11	11
	Std. avv.	0.17	4.0	15	162	7.8	712	1.3	11.6
1991	Middel	6.84	19.2	56	543	16.4	1527	2.9	10.2
	Antall	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std. avv.	0.18	2.8	16	327	13.5	783	1.7	8.6
1992	Middel	6.75	21.3	64	916	17.9	1349	2.3	18.0
	Antall	12	12	12	12	12	12	11	12
	Std. avv.	0.26	3.5	24	476	16.2	654	1.2	13.8
1993	Middel	6.73	18.2	48	695	10.7	1381	2.4	10.6
	Antall	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std. avv.	0.31	3.4	11	544	6.2	708	1.2	6.6

Av tabell 3.1.3 fremgår det at antall observasjoner som inngår i middelverdiene er meget lite fram til 1987. Det er derfor ikke grunn til å ta hensyn til enkelte utslag i verdiene før dette året. Det er likevel grunnlag for å anta at kopper og sinkkonsentrasjonene har avtatt fram til 1990. Deretter har konsentrasjonene vært tilnærmet konstante, knapt 20 µg/l kopper og knapt 1,5 mg/l sink. For bly har det antakelig også vært et liknende forløp, men utviklingen er mindre uttalt. De senere år har blykonsentrasjonen ligget omkring 10 µg/l. Enkelte høye blyverdier i tidligere år skyldes antakelig analysefeil. pH var i de første årene lav, men har siden 1987 vært opp mot 7.

Utslippene til Lille Bleikvatn gir forhøyede tungmetallverdier i Bleikvasselva. Spesielt er sink og blyverdiene høye. Etter innblanding i Moldåga er verdiene så lave at det må forventes små effekter. Blykonsentrasjonen har stort sett ligget nær deteksjonsgrensen for den analysemetoden som tidligere ble brukt.



Figur 3.1.3 Analyseresultater fra utløp av Lille Bleikvatn.  
Tidsveiede årsmiddel av kopper- og sink-konsentrasjoner.



Figur 3.1.4 Analyseresultater fra utløp av Lille Bleikvatn.  
Tidsveiede årsmiddel av bly-konsentrasjoner.

### 3.1.5.2. Utslipp til Kjøkkenbukta

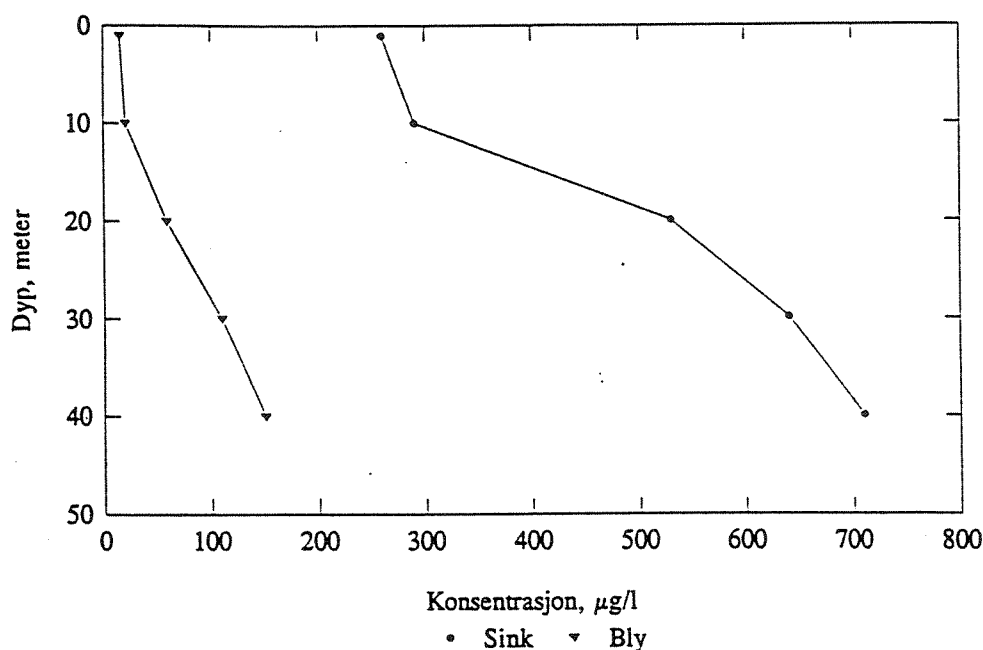
Det er betydelig vanskeligere å karakterisere utslippene til Kjøkkenbukta i Store Bleikvatn. Selv om det finnes data for gruvevannet og avgangens sammensetning, er det vanskelig å beskrive omfang og virkning av disse utslippene. Tungmetallene i gruvevannet kan bli bundet til avgangspartikler, samtidig som avgangen kan avgi forurensninger til resipienten. De undersøkelsene NIVA hittil har utført i området, har ikke gitt noe endelig avklaring i dette. For tiden pågår en undersøkelse bl.a. av avgangsdeponeringen i Kjøkkenbukta som søker å besvare slike spørsmål.

Det er ikke rimelig å inkludere metallinnholdet i avgangspartiklene i det samlede utslippet, fordi metallene er så sterkt kjemisk bundet at de bare i liten grad er mobile og derved tilgjengelige i fri vannmasser.

NIVAs undersøkelser i området har dels vært overvåking av vannkvalitet, dels undersøkelse av sedimenter. Undersøkelsene har foregått både ved uttak av sedimentprøver og ved analyse av materiale som er fanget opp i sedimentfeller i Store Bleikvatn.

Det er påvist forholdsvis høye metallkonsentrasjoner i Kjøkkenbukta. Figur 3.1.5 viser analyseverdier for sink og bly i noen prøver fra 1991. Enkle undersøkelser med filtrering av prøvene den gang tydet på at hovedmengden av metaller forelå oppløst. Det er imidlertid satt i gang undersøkelser som bedre kan beskrive metallenes tilstandsform. Resultater av disse undersøkelsene foreligger ikke ennå.

Avgangutslippet i Kjøkkenbukta påvirker de biologiske forhold, først og fremst på grunn av partikkeltransporten. Det er imidlertid vanskelig å bedømme dette på grunn av den omfattende reguleringen av Store Bleikvatn. Tungmetallkonsentrasjonen i Store Bleikvatn er noe forhøyet. Sinkverdiene har ligget i området 60 - 70  $\mu\text{g/l}$  og blykonsentrasjonene mellom 0,5 og 1  $\mu\text{g/l}$  i de senere år.



Figur 3.1.5 Enkeltverdier for sink og bly ved B6 i Kjøkkenbukta 4. juli 1991. Prøvestedet ligger ca. 500 m fra utslippstedet for avgang.

### 3.1.6. Transportverdier - utviklingstrender

Transporten av forurensninger fra gruveområdet skjer som nevnt til to primærresepienter. Den som skjer ut av Lille Bleikvatn kan til en viss grad kvantifiseres ut fra det eksisterende datamaterialet. Registrering av vannføring har imidlertid vært så ufullstendig at normalavrenningen korrigert med nedbørdata er brukt for beregning av årlige transportverdier. I tabell 3.1.2 er det samlet en del hydrologiske data for utløpet av Lille Bleikvatn. Tabell 3.1.4 viser årlig transport av forurensninger fra Bleikvassli-området, beregnet på dette grunnlaget.

Tabell 3.1.4 Transport av forurensninger fra Bleikvassli-området ved utløp av Lille Bleikvatn, Kartref.: 33W VP 485113.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år	Bly kg/år
1983	309	5.5	0.09	8.0	13.0	640
1984	172	2.7	0.03	3.5	6.2	109
1985	169	1.0	0.15	6.6	14.5	158
1986	144	1.8	0.23	5.4	14.9	55
1987	142	0.9	0.08	4.3	10.4	83
1988	144	0.8	0.03	3.3	6.8	15
1989	134	2.1	0.05	3.9	7.1	50
1990	72	0.8	0.02	1.9	3.6	20
1991	95	0.9	0.03	2.6	4.9	17
1992	118	1.7	0.03	2.5	4.2	33
1993	69	1.0	0.02	2.0	3.4	15

Ved en slik beregningsmåte får man ikke med de høye transportverdiene i den tiden flomoverløpet var i drift i 1989. Dette er imidlertid en så atypisk situasjon at denne feilen er av mindre betydning. Tungmetallkonsentrasjonene er lave i flomvannet, men på grunn av vannmengden vil transportverdiene likevel bli høye.

Før avgangen slippes ut i Kjøkkenbukta, blir den blandet med gruvevann og tilsatt kalk. Analyse av filtret avgang som er behandlet slik, viser meget varierende metallkonsentrasjoner, bl.a. på grunn av dårlig pH-kontroll ved tilsetning av kalk. Hvilke reaksjoner som skjer i utslippsområdet og i hvilken grad disse metallene felles ut eller frigjøres er lite kjent.

Antall analyserte avgangsprøver årlig har vært lavt. Siden 1987 har det stort sett vært 6 prøver i året, men før den tid var ble bare 1 - 2 prøver analysert årlig. Ut fra dette datamaterialet kan utslippet i avgangen anslås til ca. 100 kg i året for kopper, 5 - 50 tonn for sink og 200 kg - 2 tonn for bly. Den store spredningen i resultatene kan ha med analysemetoder, driftssituasjon og prøvetakingsstidspunkt å gjøre, og de er neppe representative for utslippet.

På grunn av usikkerheten om hvor stor andel av metallene i avgangen som transporteres videre fra avgangen er data om avgangen ikke lagt til grunn for beregning av tungmetalltransporten fra Bleikvassli-området. I stedet er tungmetallkonsentrasjonen i Store Bleikvatn og normalavrenningen ut av innsjøen benyttet. På det grunnlaget er transporten ut av Store Bleikvatn i 1985 anslått til 100 kg kopper, 9.5 tonn sink og 400 kg bly. Verdiene for 1993 er på tilsvarende grunnlag anslått til det samme for kopper og bly, mens transport av sink var ca. 20 tonn.

### 3.1.7. Konklusjoner, Bleikvassli Gruber

Utslippsforholdene i Bleikvassli er kompliserte, og det er umulig å beregne totale metallutslipp på en enkel måte.

En rekke tiltak i selve gruveområdet har redusert metalltransporten gjennom Lille Bleikvatn, og i dag er denne transporten ca. 2 tonn sink, 20 kg kopper, 15 kg bly og 3,4 kg kadmium pr. år. I forhold til verdiene i 1985 er dette en reduksjon på nærmere 70 % for sink, 60 % for kopper kanskje opp mot 90 % for bly og ca 70 % for kadmium.

Utslippet til Kjøkkenbukta i Store Bleikvatn har antakelig økt betydelig siden 1987, men det er vanskelig å kvantifisere dette. Det har antakelig ført til en økning i forurensningstransporten ut av området. Ut av Store Bleikvatn er denne transporten for 1985 anslått til 100 kg kopper, 9,5 tonn sink og 400 kg bly. De samme verdier for 1993 er på tilsvarende måte anslått til 100 kg kopper, 20 tonn sink og 400 kg bly. Tabell 3.1.5 viser et sammendrag av transportdata for Bleikvassli-området.

Tabell 3.1.5 Samlet transport av tungmetaller fra Bleikvassli-området.  
Alle verdier i tonn pr. år.

	Kopper	Sink	Bly
1985			
Lille Bleikvatn	0.15	6	0.160
Store Bleikvatn	0.1	10	0.400
Sum	0.25	16	0.56
1993			
Lille Bleikvatn	0.02	2	0.015
Store Bleikvatn	0.1	20	0.400
Sum	0.12	22	0.415

### 3.1.8. Referanser, Bleikvassli Gruber

Johannessen, M. og Iversen, E. 1983

A/S Bleikvassli Gruber, Vurdering av miljøkonsekvenser ved avgangsdeponering.

NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 1462, pp. 34, Mars 1983

Johannessen, M., Iversen, E., Grande, M., Aanes, K. J., Rørslett, B. og Mjelde, M. 1984

A/S Bleikvassli Gruber, Kjemiske og biologiske forundersøkelser i Kjøkkenbukta og Store Bleikvatn

NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 1643, pp. 39, Juli 1984

Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1987

A/S Bleikvassli Gruber, Kontr.- og overvåkingsunders. i resipientene for avgang og avrenning fra gruveomr. 1986

NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2040, pp. 47, Aug. 1987

Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1988

A/S Bleikvassli Gruber, Kontr.- og overvåkingsunders. i resipientene for avgang og avrenning fra gruveomr. 1987

NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2104, pp. 28, Mars 1988



Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1989  
A/S Bleikvassli Gruber, Kontroll- og overvåkingsundersøkelser 1988.  
Tiltaksrettede undersøkelser av avrenningen.  
NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2234, pp. 52, April 1989

Iversen, E. R. og Grande, M. 1990  
A/S Bleikvassli Gruber, Kontroll- og overvåkingsundersøkelser 1989  
NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2446, pp. 40, Juni 1990

Iversen, E. R., Grande, M. og Bækken, T. 1991  
A/S Bleikvassli Gruber, Kontroll- og overvåkingsundersøkelser 1990  
NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2548, pp. 23, Mars 1991

Iversen, E. R. og Grande, M. 1992  
A/S Bleikvassli Gruber, Kontroll- og overvåkingsundersøkelser 1991  
NIVA-rapport O-82121, L.nr.: 2681, pp. 28, Januar 1992

## 3.2. Ertelien Nikkelgruve, Ringerike

### 3.2.1. Lokalisering

Ertelien Nikkelgruve, som var en del av Ringerikes Nikkelverk, ble opprinnelig startet som en koppergruve omkring 1675. Virksomheten ved gravene på Ringerike er bl. a. beskrevet av G.A. Johannesen (1982). Med mange avbrudd og ulike former for drift ble en mindre virksomhet opprettholdt inntil man omkring 1850 fant at mineralene på Ringerike inneholdt nikkel. Omkring 1860 startet driften ved Ertelien Nikkelgruve, og med enkelte avbrudd fortsatte den frem til 1920. Til tider var virksomheten stor, og totalt ble det produsert 287 000 tonn nikkelmalm fra de i alt 25 gravene i Holleia og Soknedalen på Ringerike. I 1876 hadde Ringerike Nikkelverk 251 arbeidere og produserte 100 tonn nikkel, d.v.s. 1/7 av verdensproduksjonen. En stor del av dette ble tatt ut av gravene ved Ertelien. Rundt Åsterudtjernet ved Ertelien ligger det forøvrig en rekke større og mindre gruver, Åsterud koppergruver 1 - 3, Ertelien Gruver 1 - 5, Presthaug gruve og flere skjerp. Av disse er Ertelien 2 den største. Her ble det like før gruva ble nedlagt (1920) drevet en heissjakt ned til 300 m dyp. Man rakk imidlertid aldri å oppfare dette dypeste nivået.



Foto: ARN

Figur 3.2.1 Ertelien Nikkelgruve, velter i det sentrale gruveområdet.

Tabell 3.2.1 inneholder data om gruveområdets geografiske beliggenhet. Figur 3.2.2 viser en kartskisse over de ulike gravenes plassering innenfor Ertelien gruvefelt.

Tabell 3.2.1 Geografiske data om beliggenheten av Ertelien Nikkelgruve.  
Karthenvisningene gjelder Statens Kartverks serie M711.

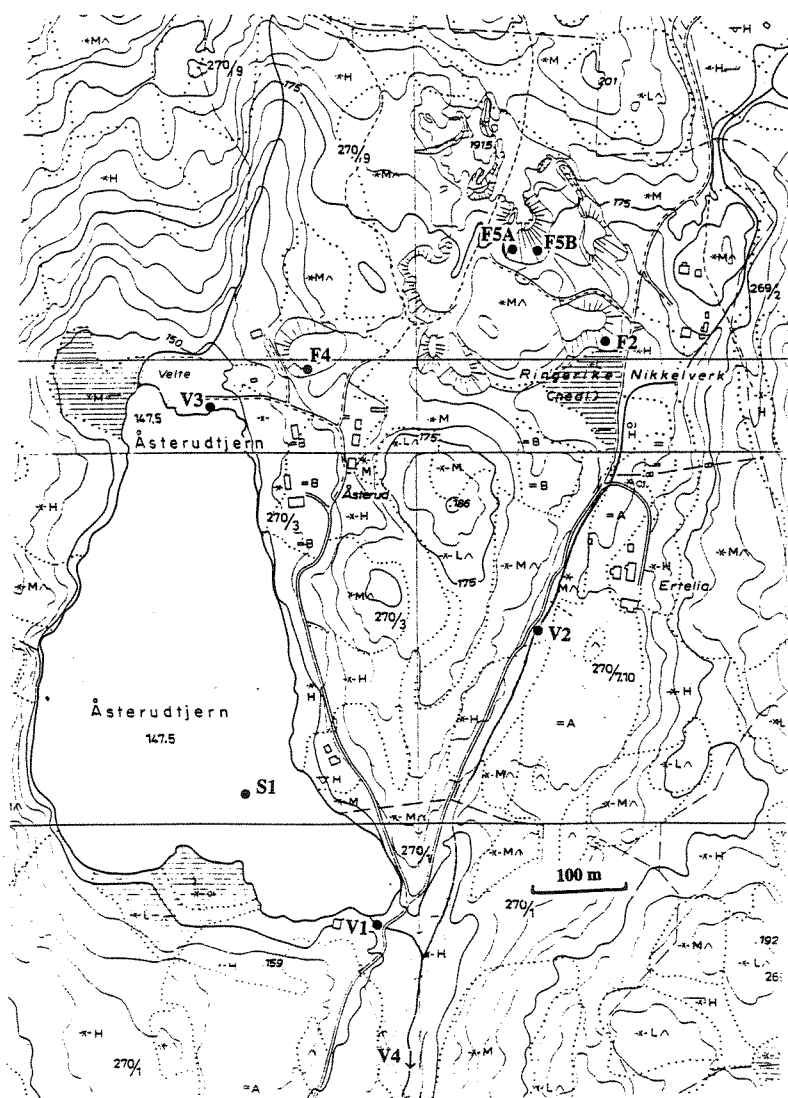
Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Buskerud	Ringerike	Hønefoss 1815 III	32V NM 57/58 59

### 3.2.2. Forurensningskilder

Fra juli 1993 til juli 1994 har NIVA på oppdrag fra Bergvesenet foretatt en undersøkelse av forurensningstransporten fra Ertelien Nikkelgruve (Arnesen 1995). I denne sammenheng er de ulike forurensningskildene i området vurdert. Det er store velter i området mens mengden av gruvevann synes å være relativt liten. Fra hovedgruva - Gruve 2 - kommer antakelig noe gruvevann ut igjennom en av veltene, slik at det er umulig å fastslå fordeling mellom gruvevann og sigevann fra veltene. Stort sett kan det antas at det er veltene som utgjør den største forurensningskilden i området.

### 3.2.3. Resipientforhold

Avrenningen fra Ertelien-området renner til to forskjellige primærresipienter. Den østlige delen av området, antakelig inkludert gruvevannet fra gruve 2, renner til Tjerslibekken, mens de vestlige gruvene (Åsterud 1 - 3) og antakelig gruve 3 drenerer til bekken som renner inn i nordenden av Åsterudtjern. Ved NIVAs undersøkelser i 1993/94 ble det tatt vannprøver og målt vannføring i utløpet av Åsterudtjern og i Tjerslibekken.



Figur 3.2.2 Kartskisse over området.

Bekken fra utløpet av Åsterudtjern og Tjernslibekken renner sammen umiddelbart etter utløpet fra innsjøen. Like nedenfor samløpet renner bekken inn i et rør som drenerer et større jordbruksområde. Ca . 1 km lengre sør går bekken i en kulvert under veien. Her ble det også tatt regelmessige vannprøver i 1993/94. Ytterligere 1 km lengre nede renner bekken inn i Henoa, som er en av tilløpselvene til Tyrifjorden i Drammensvassdraget.

### 3.2.4. Gjennomførte tiltak

Det er ikke gjennomført bevisste tiltak i området for å redusere forurensningstransporten. Som ofte er tilfelle i gruveområder der bl.a. forurensning av vann ikke er så fremtredende, har mange forsynt seg med fyllmateriale fra veltene. Det er derfor betydelig mindre velter nå enn det antakelig var da driften ble nedlagt. Det er helt umulig å anslå betydningen av dette, men det er helt klart at det har bidratt til å spre forurensningene fra Ertelien i et geografisk større område.

Det kan også nevnes at vann fra Åsterudtjern har vært brukt til jordbruksvanning i sommerhalvåret. Hvilken betydning dette har hatt er foreløpig ikke vurdert.

### 3.2.5. Konsentrasjoner, virkninger

Som nevnt har NIVA hatt tre stasjoner hvor det regelmessig er tatt ut vannprøver i løpet av måleperioden. Et sammendrag av resultatene fra disse målingene er gitt i tabell 3.2.2.

Tabell 3.2.2 Analyser av vannprøver fra Ertelien Nikkelgruver.  
Middelverdier og standard avvik for prøver fra Utløp fra Åsterudtjern,  
Tjernslibekken og fra samlet avløp fra området.

	Dato Enkeltpr.	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Nikkel µg/l
<b>Utløp Åsterudtjern</b>								
Kartref.: 32V NM582591								
Middelverdi 1993/94		6.62	14.65	49.9	232.5	89.8	-	458
Standard avvik		0.27	2.14	7.6	147.2	37.5	-	61
Tidl. enkelt- verdier	20.10.81	6.46	14.3	56	610	160	30	670
	18.10.83	6.51	14.7	55	590	160	30	570
	24.10.83	6.50	15.1	100	620	170	20	570
	02.11.90	6.35	15.1	52	52	110		480
<b>Tjernslibekken</b>								
Kartref.: 32V NM584595								
Middelverdi 1993/94		5.08	30.1	142	938	661	133	3687
Standard avvik		0.56	22.5	131	1457	719	135	3918
Tidl. enkelt- verdier	20.10.81	6.58	13.4	48	470	230	30	900
	18.10.83	6.42	12.0	48	230	200	30	710
	02.11.90	4.88	24.9	50	50	560		2470
<b>Samlet avrenning, bekk ved veibru</b>								
Kartref.: 32V NM579580								
Middelverdi 1993/94		6.53	21.4	70.4	645	176	-	1222
Standard avvik		0.29	9.8	41.7	379	138	-	1018

Av tabellen fremgår det at det er klart forhøyede kopper- og nikkelverdier ved alle målepunktene. Sulfat- og jernkonsentrasjonene er også noe høyere enn en forventet bakgrunnsverdi, men i forhold til avrenningen fra mange gruveområder er denne økningen liten. Konsentrasjonen av sink er ikke særlig høy, bortsett fra i Tjernslibekken, der det til tider har vært overraskende høye konsentrasjoner. For alle stasjonene viser det høye standardavviket at der meget store variasjoner i de fleste metallkonsentrasjonene.

Det er vanskelig å vurdere eventuelle skadevirkninger av metallforurensningene nedover i vassdraget. Dette består stort sett av forholdsvis små og sterkt landbrukspåvirkede bekker hvor brukerinteressene antakelig er begrensede. Undersøkelser i Henoa og nær dens munning i Tyrifjorden er ikke gjort.

I gruvas nærområde er det spesielt påvirkningen av Åsterudtjern som er viktig. Innsjøen er så vidt vi kjenner til fisketom. Den brukes dessuten til jordbruksvanning til tross for det høye innholdet av kopper og nikkel. Ved at deler av avrenningen spres på jordbruksarealer, bindes antakelig en betydelig andel av metallene i jordsmonnet og tas i en viss utstrekning opp av plantene. Den helsemessige betydningen av dette er ikke vurdert.

### 3.2.6. Transportverdier - utviklingstrender

Ved NIVAs undersøkelser er vannføringen målt regelmessig på to steder, i Tjernslibekken og i utløpet av Åsterudtjern. Ved dette sistnevnte målepunktet har vannføringen til tider vært null, bl.a. på grunn av pumping til jordbruksvanning. Den angitte transportverdien er derfor litt lavere enn den virkelige. Samtidig vil forholdsvis lite av de metallene som spres gjennom vanning (irrigasjon) av jordbruksarealer nå det nedenforliggende vassdraget.

Transportverdiene er beregnet som tidsveiede årsmiddel for perioden 1. juli 1993 til 30. juni 1994, og resultatene er samlet i tabell 3.2.3. Fordi undersøkelsen har strukket seg over et helt år og regelmessige vannføringsmålinger på to punkter inngikk i undersøkelsen, er resultatene forholdsvis pålitelige, når vi ser bort fra den naturlige variasjonen som alltid skjer fra år til år og den usikkerheten som følger med at prøvetakingsfrekvensen tross alt er lav.

Tabell 3.2.3 Transport av tungmetaller forbi målestasjonene ved Ertelien Nikkelgruve, 1993/94.

	Sulfat tonn/år	Kalsium tonn/år	Mag- nesium tonn/år	Alu- minium tonn/år	Jern kg/år	Kopper kg/år	Sink kg/år	Nikkel kg/år
Tjernslibekken								
Middel	23	5.9	2.0	1.3	217	153	19.6	595
Utløp Åsterudtjern								
Middel	14	4.3	1.4	0.030	104	30	-	137
Sum fra gruveområdet	37	10.2	3.4	1.3	321	183	19.6	732
Samlet avløp, kulvert under hovedvei								
Middel	25	8.9	2.9	1.1	214	147	-	447

Det er svært vanskelig å angi noen utviklingstrend for avrenningen fra området. Når vi ser på resultatene fra tidligere enkeltprøver, som finnes i tabell 3.2.2, i forhold til de angitte middelværdier og standard avvik, er det ikke grunnlag for å anta at det har skjedd vesentlige endringer i løpet av tiden vi har data for (1981 - 1994): Riktignok var nesten alle nikkelkonsentrasjonene fra tidligere prøver høyere enn det som ble funnet i løpet av perioden 1993/94, men materialet er for spredt til å trekke noen konklusjon.

### 3.2.7. Konklusjoner, Ertelien

1. Forurensningstransporten fra Ertelien Nikkelgruve er målt i 1993/94. Disse undersøkelsene viste at det ikke har vært påviselige endringer i løpet av de siste 10 - 15 år. Det er nikkel og kopper som er de viktigste forurensningskomponentene og transporten av nikkel og kopper er henholdsvis ca. 0,7 og 0,2 tonn pr. år.
2. Forurensningene fra den tidligere gruvevirksomheten gir først og fremst lokale effekter. Innsjøen Åsterudtjern, som ligger i gruveområdet, er fisketom. Forøvrig er antakelig bare mindre bekker påvirket av gruveavrenningen.
3. Hovedkilden for forurensningene er antakelig veltene, men foreløpig foreligger det ikke tilstrekkelig informasjon til å fastslå fordelingen mellom gruvevann og drenevann fra veltene.

### 3.2.8. Referanser, Ertelien

Arnesen, R. T., 1995

Kartlegging av forurensningstransport fra Ertelien Nikkelgruve.

NIVA-rapport O-93083, L. nr. 3220, mars 1995.

Johansen, . A., 1982

Volund 1982, pp. 46-71.

Årbok for Norsk Teknisk Museum, Oslo.

### 3.3. Flåt Nikkelgruve, Evje

#### 3.3.1. Lokalisering

Flåt Nikkelgruve ligger i Evje og Hornnes kommune i Aust-Agder fylke. Fra 1844 - 54 ble gruva drevet som koppergruve, og fra 1872 ble ordinær drift på nikkel startet. Gruva var deretter i drift i tiden frem til 1945, bortsett fra årene 1894-99 og 1920-27. Området er bl. a. beskrevet av H. Bjørlykke (1947).



Foto: ARN

Figur 3.3.1 Flåt Nikkelgruve, rester av gjenværende velte

I tabell 3.3.1 er det samlet en del informasjon om områdets beliggenhet.

Tabell 3.3.1 Geografiske data for beliggenheten av Flåt Nikkelgruve.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Aust-Agder	Evje og Hornnes	Evje 1512 III	32V MK 3496

I 1917 ble det bygget et flotasjonsverk som i 1927 ble ombygd for å øke kapasiteten. Dette ble igjen utvidet i 1929.

I årene fra 1927 - 1944 var råmalmproduksjonen ca. 2,1 mill. tonn malm, med et gjennomsnittlig innhold av nikkel og kopper på henholdsvis 0,70 og 0,48 %.

Sulfidmineralene i malmen var bl.a. pyritt, magnetkis, pentlanditt og kopperkis. Innholdet av kobolt i malmen kunne være opptil 1 %.

Totalt er det tatt ut 3, 4 mill. tonn materiale fra Flåt gruve. Av dette er det produsert 202 000 tonn nikkell og 14 500 tonn kopper.

Avgangen fra flotasjonsverket er deponert i to store dammer, og en del avgang ligger antakelig betydelig over grunnvannsnivået. Deler av den øvre avgangsdammen er av kommunen lagt ut som skistadion.

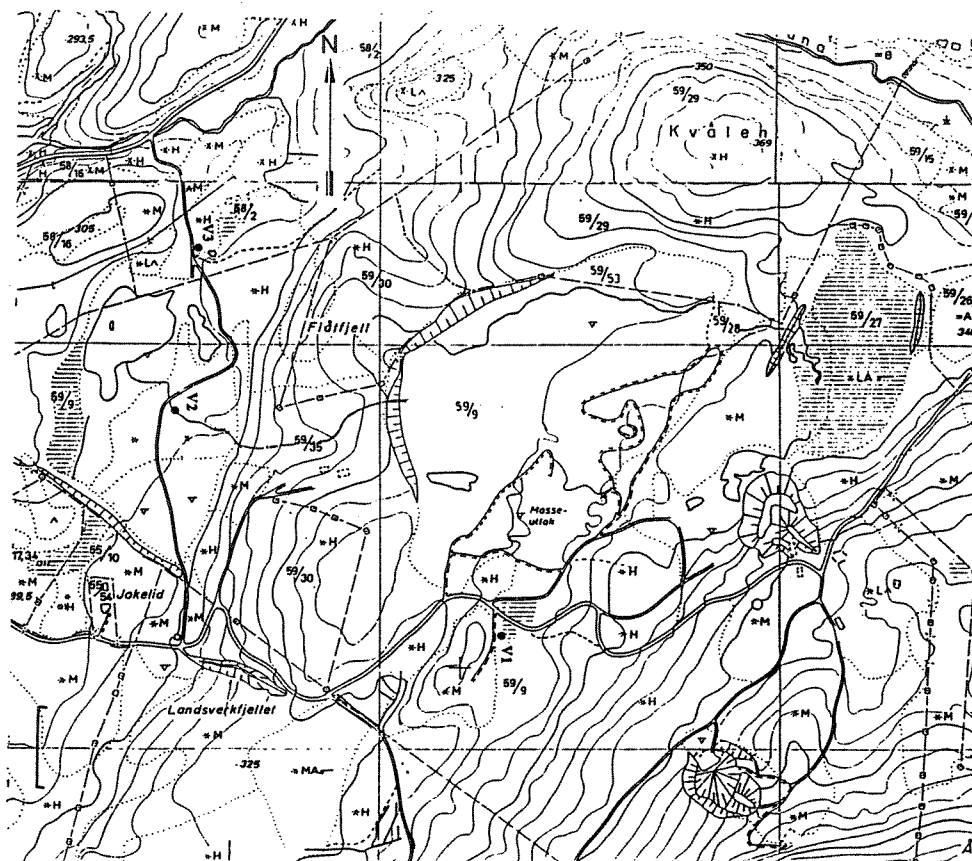
I 1989 besøkte NIVA området i forbindelse med prosjektet "Vannforurensning fra nedlagte gruver" (Iversen og Arnesen 1990). På oppdrag fra Bergvesenet undersøkte NIVA avrenningen fra Flåt-området i 1991 - 92 (Arnesen og Iversen 1992).

Figur 3.3.2 viser selve gruveområdet der velter, avgangsdammer og prøvetakingssteder for vann er avmerket. Velten lengst i sør er fjernet siden kartet ble tegnet. Massene herifra er behandlet i et pukkverk og brukt i veier o.l.

### 3.3.2. Forurensningskilder

Som det fremgår av det ovenstående hadde Flåt Nikkelgruve i sin tid en meget omfattende virksomhet, og det er store mengder gruveavfall spredt over et stort areal ved Evje. Det vil være en meget omfattende oppgave å få en fullstendig oversikt over forekomster av gruveavfall og transportveier for tungmetaller i dette området. I denne analysen er det derfor lagt vekt på å beskrive vesentlige forurensningskilder og forurensningstransport i overflatevann.

Avgangen er antakelig deponert ved selvføll i terrenget nedenfor oppredningsverket. For å begrense spredning av avgangen er det bygget demninger som tilsammen danner to adskilte deponier (Figur 3.3.2).



Figur 3.3.2 Kart over gruveområdet - Flåt Nikkelgruve. Prøvesteder er inntegnet.



Arealet av avgangsdeponiene er bestemt ved planimetrering på kart i målestokk 1:5000. Det er vanskelig å ta ut avgrensningen av deponiene både fra kartet og i terrenget, fordi de i noen grad er tilgrodd med gress og mindre trær. Det er imidlertid fortsatt relativt store arealer som er fullstendig uten vegetasjon. Grensen for utstrekning er derfor skjønnsmessig satt. Tabell 3.3.2 viser de anslåtte arealer for avgangsdammene utstrekning. Innenfor arealene er avgangen dels fullstendig dekket av vann, dels tørr og uten vegetasjon og dels tilgrodd med gress, busker og mindre trær. En stor del av overflaten er uten vann eller vegetasjon.

Tabell 3.3.2 Areal av avgangsdammene.

Deponi	Areal m <sup>2</sup>
Øvre dam	151.000
Nedre dam	55.500

Avgangsmengden som totalt er deponert i området er av ulike lokale kilder angitt å være vel 2 millioner tonn. Dette stemmer godt med oppgitt produksjonsmengde (Bjørlykke 1947). Gruva har vært vannfylt i mange år, og gruvevannet hadde ved undersøkelsen liten betydning for totalbelastningen.

### 3.3.3. Resipientforhold

Primærresipient for avrenningen fra Flåt er Søråna og videre Oddebekken som renner inn i Otra ved Evje sentrum. Det er tatt to prøver av Oddebekken i tettbebyggelsen sør for Evje kirke. Her er pH så lav at det i dag neppe kan opprettholdes en fiskebestand. I tillegg er både kopper- og nikkelkonsentrasjonene så høye at de kan ha negative effekter på fisk og andre organismer i bekkene. Ved de lave pH-verdiene som er målt i bekken er også aluminiumkonsentrasjonen skadelig, selv om kalsiumkonsentrasjonen er relativt høy (Rosseland *et al.* 1992). Den sure nedbøren i området fører til at aluminium ikke bare tilføres fra Flåt-området, men i enda større grad fra resten av nedbørfeltet.

Otra er undersøkt av NIVA bl.a. i forbindelse med reguleringen i Øvre Otra. I rapporten (Rørslett *et al.* 1981) er det ikke omtalt negative effekter av tungmetallutslipp fra Evje. Fisket i Otra på den aktuelle strekningen er omtalt slik:

"Mellom Syrtveitfossen og Fennefoss er aurebestanden meget stor og fisken småfallen, av dårlig kvalitet og til dels befengt med snyltere, bl.a. rundmark (*Eustrongylides*) og bendelormer. Av og til fiskes stor fisk på opptil 4 - 5 kg. Nedenfor Fennefoss er auren kanskje litt bedre i kvalitet og størrelse. I de store utvidelsene av elven, Breiflå og Kilefjorden, kan det forekomme noe større fisk. På hele strekningen er den imidlertid til dels betydelig befengt med parasitter. Gytteforholdene for aure er meget gode i hele vassdraget."

"Abbor (lokalt navn: skjebbe) finnes i Otra fra Fennefoss og nedover i vassdraget, og fiskens kvalitet og størrelse er god i de større utvidelsene av elva (Breiflå, Kilefjorden). Vanlig størrelse er fra 100 - 200 g, men større eksemplarer fra 0,5 - 1,0 kg forekommer også."

Forøvrig synes de biologiske forhold (begroing) å være normale, ut fra den vannkjemi som er observert. Otra renner gjennom områder som i stor grad er påvirket av forurenset nedbør, og pH er derfor relativt lav for en så stor elv, gjennomgående under 6 ved Evje.

### 3.3.4. Gjennomførte tiltak

Det er ikke gjennomført tiltak i området for primært å redusere forurenningstransporten. Det var tidligere store velter fra gruvedriften, bl.a. av håndskedet materiale. Det meste av disse veltene er fjernet og brukt som fyllmasser i veier og andre byggeprosjekter. Dette har antakelig ført til at forureningsbelastningen fra det lokale området er blitt mindre, mens den totale belastningen er høyere og spredningen av forurenninger er større.

### 3.3.5. Konsentrasjoner, virkninger

I tabell 3.3.3 er det gitt et sammendrag av kjemiske analysedata fra avrenningen fra gruveområdet. Av tabellen fremgår det at vannet fra gruveområdet er surt og at det har høye konsentrasjoner av aluminium, kobber og nikkel. Sinkkonsentrasjonene er også høye, men de har neppe betydning for forurenningssituasjonen i forhold til de nevnte metallene.

Tabell 3.3.3 Analysedata fra Flåt gruveområde.

	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Alu- minium µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Nikkel µg/l
Gruvebekken, gruvevann (V1) Kartref.: 32V MK343960							
Middelverdi	3.68	26.72	68	2580	776	151	2150
Standard avvik	0.20	10.13	35	1187	331	78	1551
Avløp nedre avgangsdam (V3) Kartref.: 32V MK336965							
Middelverdi	3.11	105.15	348	5466	511	236	5192
Standard avvik	0.12	19.16	102	1682	216	240	1478

Som nevnt er pH i Oddebekken lav, men det er sannsynlig at dette i stor grad skyldes den sure nedbøren som er vanlig i området.

Ved en prøvetaking i 1991 (Arnesen og Iversen 1992) ble det påvist litt høyere nikkelkonsentrasjoner i Otra ovenfor enn nedenfor Evje. Konsentrasjonene er imidlertid lave, og i forhold til SFTs vannkvalitetskriterier for ferskvann (SFT 1989), ville Otra ved Evje etter disse analysene tilfredsstillende til kl. 1 for tungmetaller.

### 3.3.6. Transportverdier - utviklingstrender

Forurenningstransporten fra Flåt-området skjer først og fremst gjennom bekken fra det nedre avgangsdeponiet mot nord og i gruvevannet som renner mot vest. Transportverdiene er beregnet som tidsveiede middel av momentanverdiene ved de enkelte prøvetakingene. Transportverdier for hver av hovedavløpene og summen fra området er angitt i tabell 3.3.4.

Tabell 3.3.4 Tidsveiede årlige transportverdier fra Flåat Nikkelgruve.

	Sulfat tonn/år	Aluminium tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Nikkel tonn/år
Gruvebekken, gruvevann					
	9	0.35	0.13	0.034	0.3
Utløp nedre avgangsdam					
	93	1.58	0.17	0.047	1.5
Sum	102	1.93	0.30	0.081	1.8

Ut fra feltobservasjoner er det grunn til å regne med at det foregår transport av tungmetaller i grunnvannet, spesielt vestover fra det nedre avgangsdeponiet. Omfanget av denne transporten har NIVA ikke undersøkt.

### 3.3.7. Konklusjoner - Flåt

NIVAs undersøkelser i Flåt-området gir grunnlag for følgende konklusjoner:

- De viktigste forurensningskomponenter i avrenningen fra området er nikkel og kopper. Årlig transport av nikkel ut av området er ca. 1,5 tonn pr. år. Koppertransporten er betydelig mindre, ca. 300 kg/år.
- Hovedkilde for forurensning er sannsynligvis øvre avgangsdam, men det har ikke vært mulig å skille klart mellom forurensning fra avgang og fra velter.
- På grunn av sur nedbør i dette området er pH i Oddebekken lav, og aluminiumkonsentrasjonen høy. Forsuringen i vassdraget skyldes bare i liten grad fra gruveområdet.
- Grunnvannet i området er påvirket av tungmetaller. NIVA har ikke gjort undersøkelser for å vurdere denne forurensningstransporten.

### 3.3.8. Referanser - Flåt

Bjørlykke, H. 1947

Flåt Nickel Mine, Norges Geologiske Undersøkelser Nr. 168b. Oslo 1947.

Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1992

Kartlegging av forurensning fra Flåt Nikkelgruve, Evje.

NIVA-rapport O-91144, L.nr.: 2822, pp 22.

Iversen, E.R. og Arnesen, R.T. 1990

Vannforurensning fra nedlagte gruver, Del II. NIVA-rapport

O-89106, L.nr. : 2363. Oslo januar 1990.

Rosseland, B. O., Brandrud, T. E. and Raddum, G. G. 1992

Effects of Aluminium in Acidified Aquatic Ecosystems

NIVA-rapport O-91097/E-92458, L.nr.: 2806, Nov. 1992

Rørslett, B., Tjomsland, T., Løvik, J., Lydersen, E., Mjelde, M. Grande, G. 1981  
Undersøkelse av Øvre Otra, NIVA-rapport O-72198, L.nr.: 1263, April 1981

SFT 1989

Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Statens forurensningstilsyn TA-630, Oslo, mars 1989.

### 3.4. Folldal Verk, Folldal sentrum

#### 3.4.1. Lokalisering

Folldal Verk ligger i Folldal kommune i Hedmark fylke. Figur 3.4.2 viser området beliggenhet i forhold til det lokale vassdraget Folla. Tabell 3.4.1 inneholder en del data om gruveområdets beliggenhet.

Gruvevirksomheten i Folldalen startet ved et malmsfunn omkring 1745. Driften kom formelt i gang i 1748 da kongebrevet ble utstedt. Da ble Folldal hovedgruve, senere kalt Gammelgruva åpnet. Fram til 1878 var det bare malmens kopperinnhold som hadde interesse. Den antatte produksjonen i denne perioden var ca. 250 000 tonn råmalm, som ga ca 3 500 tonn kopper. I 1907 startet produksjonen av svovelkis, som ble transportert til Alvdal med taubane. Hovedgruva ble nedlagt i 1941 da den var tom. Virksomheten er drevet på flere andre forekomster i området frem til 1968 da gruvedrift og oppredning ble flyttet til Hjerkind. Noen av disse lå samlet i Folldal sentrum (Nordgruva), mens bl. a. Nordre og Søndre Geiteryggen og Nygruva lå 4 - 5 km henholdsvis øst og sørvest for sentrum.

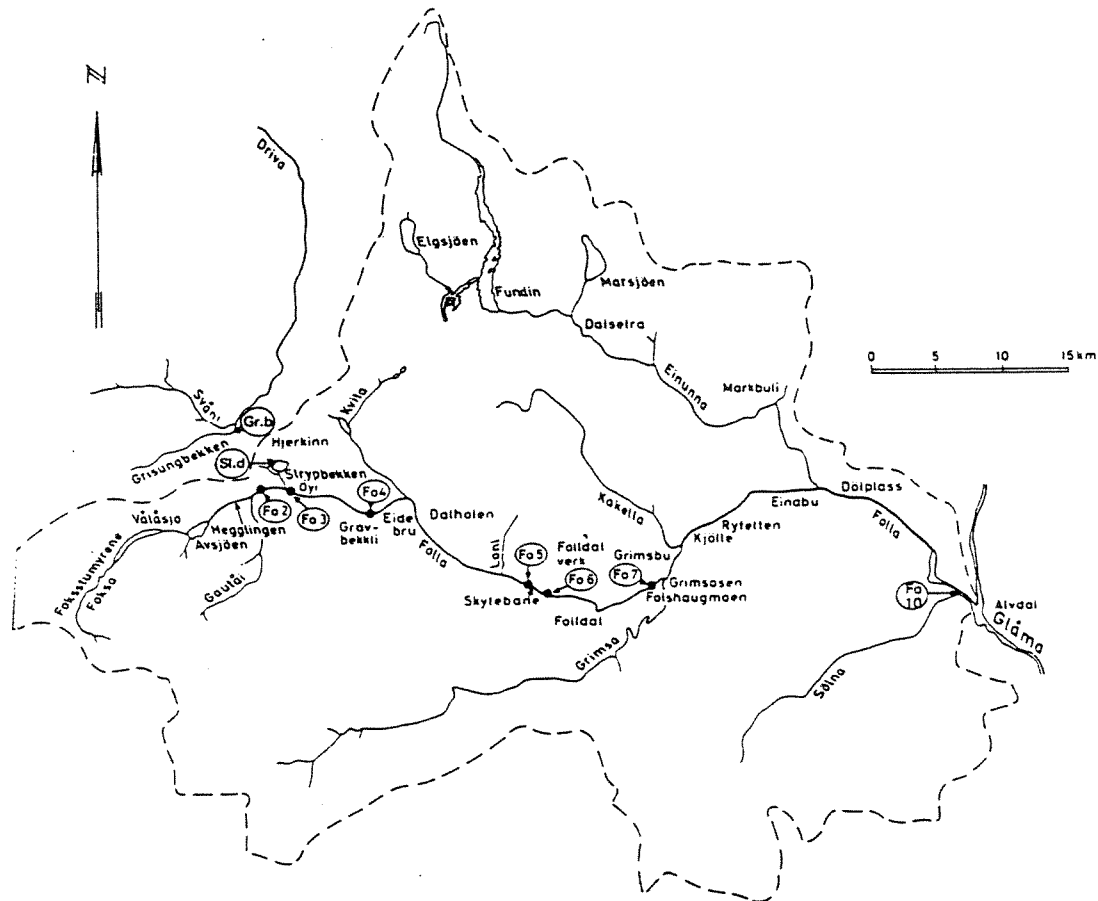


Foto: IVE

Figur 3.4.1 Folldal Verk, gruveområdet i Folldal med den gamle slamdammen i forgrunnen

Tabell 3.4.1 Geografiske data om beliggenheten til Folldal Verk, Folldalen.  
Karthenvisningene gjelder M711 serien.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Hedmark	Folldal	Folldal 1519 II	32V NP 5190



Figur 3.4.2 Kart over området ved Folldal Verk i Folldalen.

De fleste av de andre gruver og skjerp i Folldal-området er små og har forurensningsmessig bare lokal betydning. Geiteryggen gruver er vannfylte. Selv om det foreligger spredte målinger herfra og fra de andre gruvene i Folldalen, finnes det ikke tilstrekkelig undersøkelser til å gi noen kvantitativ vurdering av avrenningen. I denne rapporten er det antatt at bare gruvene i Folldal sentrum har forurensningsmessig betydning, og bare disse er nærmere beskrevet.

Gruvene har vært drevet av en rekke forskjellige selskaper gjennom tidene, og det har vært stans i virksomheten flere ganger. En slik periode var årene 1878 - 1903.

I 1934 - 35 ble det bygget et oppredningsverk for selektiv flotasjon i Folldalen. Det ble opprinnelig dimensjonert for en råmalmpåsetning på ca. 35 000 tonn/år, men i siste halvdel av 1940-årene ble kapasiteten utvidet til ca. 70 000 tonn/år.

Avgangen fra verket ble ført direkte til Folla i en trefenne frem til våren 1968. Ulempene for tømmerfløting i vassdraget var imidlertid så stor at verket bygget en dam som samlet opp avgangen hver vår. Når fløtingen var over, ble dammen igjen åpnet, og avgangen gikk i elva. Den siste våren før driften ble flyttet til Hjerkin ble dammen ikke åpnet igjen.

### 3.4.2. Forurensningskilder

Forurensningskildene i Folldalen omfatter alle de tre hovedtypene som er typiske for sulfidmalmgruver. Dalsiden nord for bebyggelsen i Folldal er praktisk talt dekket med velter i et stort område. En rekke bygninger er bygget på og mellom veltene, og selv om verket gjorde et stort arbeid for å kartlegge disse veltene, er det vanskelig å vurdere hvor grensene går.

I den første tiden etter at flotasjonsverket var bygget, fulgte avgangen bekkeløpet ned mot Folla. Senere skjedde tilsvarende utslipp på grunn av uhell ved flotasjonsverket og skader på rennene som ledet avgangen til Folla. Dette førte til at avgang ble spredt over store områder særlig mellom riksvegen og Folla. Mye av dette ble ikke fjernet og ble liggende dels åpent og dels dekket av andre masser. Som nevnt ble en del avgang også liggende i et deponi som var laget våren 1968. Denne avgangen ble ikke tildekket og det ble etter hvert en kraftig oksidasjon som førte til betydelig utløsning av tungmetaller fra massene.

Gruvevannet i Folldal er meget sterkt forurenset. Mengden er forholdsvis liten, men fordi en stor del av gruva ikke er vannfylt og deler av den er fylt med forurensede masser, blir konsentrasjonene høye. I den øvre delen av gruva er det dessuten et dagbrudd som i liten grad er tildekket. Det foreligger ikke data for gruvevannets mengde, så betydningen av denne forurensningskilden kan ikke kvantifiseres i den foreliggende rapport. For tiden foregår det imidlertid målinger som vil gi data for en slik beregning.

### 3.4.3. Resipientforhold

Hoveresipient for avrenningen fra Folldal er elva Folla, som er en sideelv til Glomma. Den renner fra Fokstumyrene og Vålåsjøen nord-østover mot Hjerkin. Nedbørfeltet er her høyfjell med lite bebyggelse, og påvirkning av lokale forurensninger er liten. Ved Hjerkin tilføres elva avrenningen fra gruveanleggene der (kap.: 3.5). Selv om Folla tilføres denne avrenningen, er den lite forurenset ovenfor Folldal, og selv om det er en del jordbruk i dalen nedenfor Hjerkin, er elva fortsatt lite påvirket og en god fiskeelv før den mottar avrenningen fra gruveområdet i Folldal. Folldalen er forholdsvis flat, og elva renner østover med jevnt fall hele veien til Alvdal. Viktige sideelver er Grimsa og Einunna, som begge er lite forurensede elver med utspring i høyfjellsområdene på hver side av Folla.

### 3.4.4. Gjennomførte tiltak

I 1970-årene ble det gjort en del enkle tiltak med dekkning og tilsåing av velter og andre forurensede masser. Det er ikke gjort nærmere undersøkelser av effektene av dette.

Da virksomheten på Hjerkin ble nedlagt våren 1993, startet oppryddingstiltak i Folldalen. Avgangsdammen fra 1968, og det meste av avgangen som ellers var spredt i området, ble fjernet og deponert i gruverom på Hjerkin. Også store mengder avfall fra veltene ble flyttet til gruverom på Hjerkin, selv om det meste av veltene ligger igjen, bl. a. av hensyn til vern av kulturminner. I tillegg til fjerning av forurensede masser ble det foretatt betydelige arbeider for å lede ikke forurenset vann utenom gruva og veltene. Gjennomføring av tiltakene ble avsluttet våren 1994.

Tabell 3.4.2 Tidsveiede årsmiddel for kjemiske analyseresultater for prøver fra Folla (Fo7).  
Kartreferanse: 32V NB 595897.

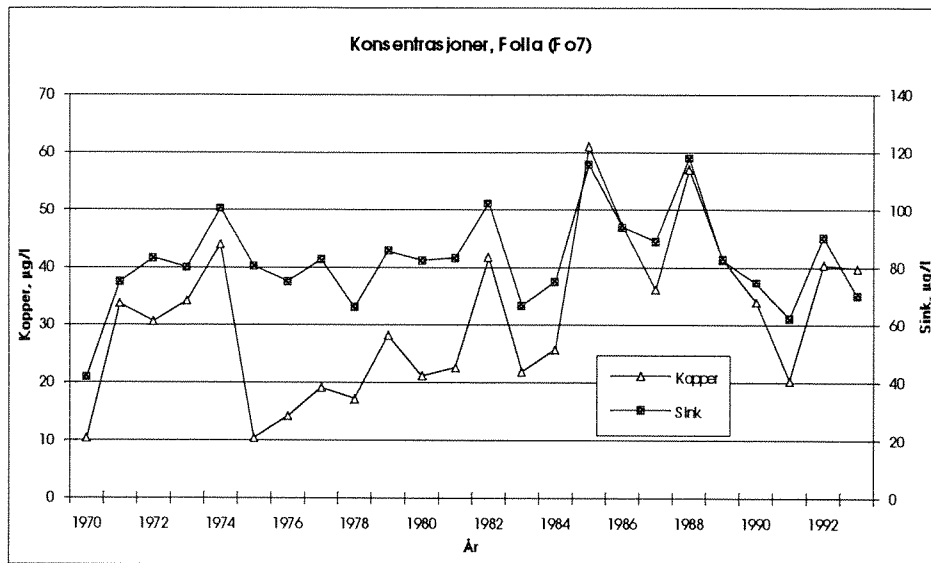
År		pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kad- mium µg/l	Bly µg/l	Vann- føring m <sup>2</sup> /s
1970	Middel	7.38	17.7	32	276	10.4	42.0			
	Antall	9	9	9	9	9	9			
	Std. avv.	0.27	5.8	18	173	8.7	15.2			
1971	Middel	7.23	16.8	48	544	33.6	75.1			
	Antall	7	7	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.20	5.9	22	622	23.5	43.1			
1972	Middel	7.29	19.9	68	216	30.6	83.3			
	Antall	6	6	6	6	6	6			
	Std. avv.	0.21	7.1	42	110	19.9	30.8			
1973	Middel	7.26	18.3	51	177	34.2	80.1			
	Antall	7	7	7	7	7	6			
	Std. avv.	0.14	7.5	29	130	36.3	25.7			
1974	Middel	7.20	15.8	36	478	44.1	100.5			
	Antall	6	6	6	6	6	6			
	Std. avv.	0.22	5.9	21	566	67.1	71.1			
1975	Middel	7.32	18.1	45	268	10.5	80.5			
	Antall	10	10	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.25	6.3	26	141	3.2	27.5			
1976	Middel	7.24	17.1	39	392	14.2	75.2			
	Antall	10	10	10	10	10	10			
	Std. avv.	0.26	7.3	26	157	13.8	24.6			
1977	Middel	7.18	12.6	38	447	19.2	82.8			
	Antall	6	6	6	6	6	6			
	Std. avv.	0.16	8.4	25	174	12.8	25.2			
1978	Middel	7.27	14.9	37	402	17.2	66.0			
	Antall	7	7	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.27	6.9	19	66	7.5	30.0			
1979	Middel	7.04	14.5	34	403	28.1	85.7			
	Antall	7	7	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.26	9.5	28	173	16.2	26.2			
1980	Middel	7.26	15.9	41	331	21.2	82.4			
	Antall	7	7	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.27	8.3	27	101	8.8	51.5			
1981	Middel	7.24	15.2	44	350	22.6	83.3	0.445	0.85	
	Antall	7	7	7	7	7	7	2	2	
	Std. avv.	0.27	8.1	32	125	9.2	35.1	0.035	0.07	

Tabell 3.4.2 forts.



Tabell 3.4.2 Tidsveiede årsmiddel for kjemiske analyseresultater for prøver fra Folla (Fo7).  
Kartreferanse: 32V NB 595897. Forts.

År		pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kad- mium µg/l	Bly µg/l	Vann- føring m <sup>2</sup> /s
1982	Middel	7.32	17.7	48	475	41.7	102.4	0.309	1.01	
	Antall	7	7	7	7	7	7	7	7	
	Std. avv.	0.22	6.2	26	452	75.7	72.6	0.263	0.45	
1983	Middel	7.31	16.1	53	259	21.9	66.7			
	Antall	7	7	7	7	7	7			
	Std. avv.	0.24	8.7	47	255	18.4	24.1			
1984	Middel	7.31	16.9	50	319	25.7	75.1	0.160		12
	Antall	8	8	8	9	9	9	5		9
	Std. avv.	0.27	8.7	38	74	14.8	29.6	0.127		19
1985	Middel	7.17	16.1	43	773	61	116	0.472		21
	Antall	8	8	8	8	8	8	8		8
	Std. avv.	0.23	7.7	28	1203	78.8	121.4	0.508		34
1986	Middel	7	20	55	629	47	94	0.326		32
	Antall	25	25	25	25	25	25	25		20
	Std. avv.	0.18	7.5	26	468	77.5	29.8	0.334		20
1987	Middel	7	17	47	453	36	89	0.283		
	Antall	12	12	12	11	12	12	12		
	Std. avv.	0.22	9.7	39	201	16.6	23.5	0.081		
1988	Middel	7	17	42	710	57	118	0.360		
	Antall	11	11	11	11	11	11	11		
	Std. avv.	0.20	8.0	28	530	57.7	111.0	0.425		
1989	Middel	7	15	33	835	41	83	0.214		
	Antall	14	14	54	54	54	54.0	52		
	Std. avv.	0.19	6.2	15	721	42.7	48.2	0.156		
1990	Middel	7.37	15.2	36	532	34.0	74.5	0.219		
	Antall	11	11	11	11	11	11	11		
	Std. avv.	0.24	6.1	20	582	38.4	38.8	0.233		
1991	Middel	7.32	19.0	46	408	20.4	62.3	0.138		
	Antall	11	11	10	11	11	11	11		
	Std. avv.	0.20	7.2	23	172	9.8	25.7	0.068		
1992	Middel	7.27	17.8	43	610	40.4	90.5	0.187	1.33	
	Antall	12	12	26	27	28	28	13	12	
	Std. avv.	0.25	8.4	22	491	29.3	69.5	0.169	2.42	
1993	Middel	7.21	15.2	35	667	39.8	70.1	0.234	0.33	
	Antall	9	9	9	9	9	9	9	8	
	Std. avv.	0.24	8.5	30	261	22.5	35.7	0.144	0.25	



Figur 3.4.3 Tidsveide årsmiddel for konsentrasjonen av kopper og sink i Folla nedenfor Folldal sentrum (Fo7).

### 3.4.5. Konsentrasjoner, virkninger

Avrenningen fra gruvene i Folldalen fører til markert endring i vannkvaliteten i Folla. Høye jernkonsentrasjoner gir synlig påvirkning der gruvevannet når elva. Tabell 3.4.2 viser middelverdier for konsentrasjoner av ulike forurensningskomponenter. I figur 3.4.3 er de samme verdiene fremstilt grafisk. Stedet hvor prøvene er tatt (Fo7) ligger ca. 8 km nedstrøms Folldal sentrum.

Til tross for de høye nivåene av kopper og sink i Folla fra Folldal til Grimsmoen, der konsentrasjonene går noe ned på grunn av fortykning med Grimsa, har NIVAs undersøkelser vist at det er en bestand av harr og aure i elva og at reproduksjonen er god (Kap. 3.4.8).

Nedenfor gruveområdene i Folldalen er det påvist en sterk reduksjon av bunndyrfaunaen på grunn av tungmetallinnholdet (Kap. 3.4.8).

### 3.4.6. Transportverdier - utviklingstrender

Det har ikke foregått løpende målinger som gir mulighet for beregning av forurensningstransport fra gruveområdene i Folldal. NIVA gjorde en undersøkelse i 1984/85 der transportberegninger var en viktig del av arbeidet (Iversen og Aanes 1986). I 1989 gjennomførte Folldal Verk tilsvarende undersøkelser i egen regi (Folldal Verk 1990).

De to undersøkelsene ga betydelige forskjeller i transportverdiene, beregnet i Folla nedstrøms gruveområdet. Ved de to undersøkelsene ble det også foretatt målinger lokalt i gruveområdet. Ved NIVAs målinger fant man at transporten i Folla var betydelig høyere enn den man fant ved å summere delstrømmene i gruveområdet. Dette ble forklart ved at en betydelig del av forurensningene ble transportert som grunnvann, som ikke ble fanget opp av måleprogrammet. Undersøkelsene i 1989 viste tilsvarende forskjell for sink, mens det for transporten av kopper i Folla og i gruveområdet var bedre overensstemmelse.

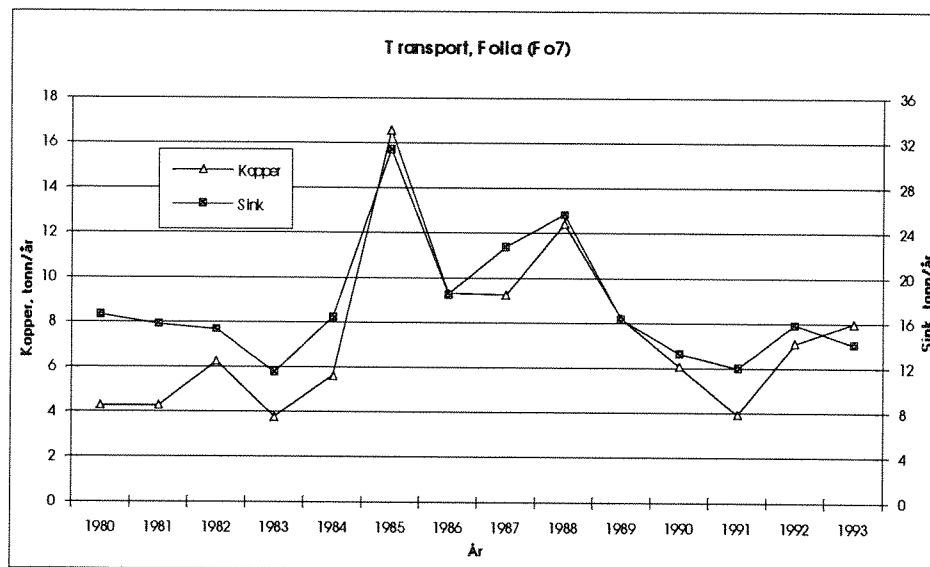
I tabell 3.4.3 er transportverdiene som ble funnet ved de to undersøkelsene listet.

Tabell 3.4.3 Transportverdiene som ble funnet ved de to undersøkelsesområdene.

Måleperiode	Felt	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
NIVA, 1984/85	Sum Gruveområdet	413	34.7	29.6	92.1
	Folla (Fo7)	483	41.6	125	329
Folldal Verk 1989	Sum Gruveområdet	152.6	11.9	8.4	33
	Folla (Fo7)	144	12.2	16.1	35

Det er stor forskjell mellom de to undersøkelsene og det er antakelig mer enn en årsak til dette. 1985 var et meget nedbørrikt år i denne delen av landet. Slike år vil generelt gi høye transportverdier i vassdrag. I tillegg endrer vannføringen i Folla seg meget raskt fordi det er få innsjøer som kan virke regulerende. Et lite antall prøvetakinger kan lett gi en skjev fordeling av prøver i forhold til variasjonsmønsteret i elva. Det er imidlertid neppe tvil om at det var en reell forskjell i materialtransporten ved de to undersøkelsene. Dette skyldtes naturlige forhold.

For å gi en samlet fremstilling av hvordan transporten av kopper og sink fra gruveområdet i Folldal har utviklet seg over tid, viser Figur 3.4.4 slike verdier beregnet på samme måte for årene 1980 - 1993. Grunnlag er her tidsveiede årsmiddel for konsentrasjonsverdier og normalvannføring korrigert for avvik fra årlig normalverdi for nedbørhøyde. Denne beregningsmetoden gir stor usikkerhet i enkeltverdiene, men relativt sett er resultatene mer sammenliknbare.



Figur 3.4.4 Årlig transport av kopper og sink fra Folldal Verk i Folldalen.

Tabell 3.4.4 Hydrologiske data for Folla ved Husom. Kilde: Avrenningskart over Norge, Norges vassdrags- og energiverk, Hydr. avd. 1987.

Kartreferanse	Nedbørfelt km <sup>2</sup>	Avrenningskoeffisient l/s·km <sup>-2</sup>	Normal vannføring m <sup>3</sup> /s
32V NP 496897	487	11.2	6.18

Figur 3.4.4 tyder på at det har vært en økning i transporten av kopper og sink i årene 1985 - 88. Etter dette avtok transporten fram til 1991. De siste 3 årene har det vært små endringer i sinkverdiene, mens det antakelig har vært en viss økning for kopper, men den er så liten at det er vanskelig å vurdere om den er reell.

En sammenlikning mellom transporten i 1985 og i 1993 kan tyde på at verdiene både for kopper og sink er redusert på denne tiden. Denne forskjellen skyldes neppe bevisste tiltak, men er bl. a. et uttrykk for de store naturlige variasjonene det kan være i et gruveforurenset vassdrag.

Tiltakene som ble gjennomført i 1993/94 synes ikke å ha redusert forurensningstransporten foreløpig. Det er normalt at denne typen tiltak først får full effekt etter lang tid. I den første tiden kan transporten av tungmetaller til og med øke.

### 3.4.7. Konklusjoner, Folldal

Datamaterialet fra Folldal er ikke tilstrekkelig til å gi en pålitelig beskrivelse av forurensningstransporten fra området. Det har ikke vært mulig å se noen direkte sammenheng mellom tiltakene som er gjort i området og transport av kopper og sink. Stort sett synes disse verdiene å være styrt av avrenningen. En sammenlikning av transportverdier fra forskjellige år kan derfor gi et galt inntrykk av situasjonen.

Transporten av kopper har ligget på ca. 5 tonn i "normalår", mens verdien var 2 - 3 ganger så høy i årene 1985 - 88 som alle hadde mye nedbør. Sinktransporten har ligget omkring 15 tonn i normalår, mens den var omtrent dobbelt så høy i det "vannrike" året 1985.

Betydningen av de ulike forurensningskildene i forhold til hverandre er det foreløpig vanskelig å kvantifisere. Det foregår for tiden mållinger som bl.a. vil avklare gruvevannets betydning i forhold til total avrenning.

### 3.4.8. Referanser, Folldal

Arnesen, R. T., Grande, M. og Gjessing, E. 1969  
Undersøkelse av Folla, Del 1. 1966 - august 1968  
NIVA-rapport O-64120, pp. 75, Sept. 1969

Arnesen, R. T., Grande, M. og Gjessing, E. 1970  
Undersøkelse av Folla, Del 2. September 1968 - februar 1970  
NIVA-rapport O-64120, pp. 39, Mai 1970

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1971  
Undersøkelse av Folla, Supplerende observasjoner april 1970 - april 1971  
NIVA-rapport O-64120, pp. 14, Juni 1971

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1973 .  
Undersøkelse av Folla, Supplerende observasjoner juni 1971 - desember 1972  
NIVA-rapport O-64120, pp. 23, Feb. 1973

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1974  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1973 og sammenfattendeoversikt over utviklingen i perioden 1966 - 1973  
NIVA-rapport O-64120, pp. 53, Juli 1974

- Arnesen, R. T., Grande, M. og Iversen, E. R. 1975  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1974  
NIVA-rapport O-64120, pp. 35, April 1975
- Arnesen, R. T., Grande, M. og Iversen, E. R. 1976  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1975  
NIVA-rapport O-64120, pp. 37, Juni 1976
- Arnesen, R. T., Grande, M., Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1977  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1976  
NIVA-rapport O-64120, pp. 35, Okt. 1977
- Arnesen, R. T., Grande, M., Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1978  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1977  
NIVA-rapport O-64120, pp. 67, Nov. 1978
- Iversen, E. R. og Grande, M. 1980  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1978 - 1979  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 1227, pp. 49, Aug. 1980
- Iversen, E. R. og Grande, M. 1981  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1980  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 1323, pp. 61, Okt. 1981
- Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1983  
Rutineovervåking i Folla 1981  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1448, pp. 73, Jan. 1983
- Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1983  
Rutineovervåking i Folla 1982  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1514, pp. 50, Juli 1983
- Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1984  
Rutineovervåking i Folla 1983  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1619, pp. 46, Mai 1984
- Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1986  
Rutineovervåking i Folla 1984 - 1985  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1927, pp. 74, Sept. 1986
- Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1987  
Rutineovervåking i Folla 1986  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 2022, pp. 63, Mai 1987
- Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1988  
Rutineovervåking i Folla 1987  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 2200, pp. 54, April 1988
- Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1989  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1988  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2268, pp. 25, Juli 1989

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1990  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1989  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2450, pp. 34, Juni 1990

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1990  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1990  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2682, pp. 27, Nov. 1990

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1992  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1991  
NIVA-rapport O-64120, pp. 33, L.nr.: 2756, Mai 1992

## 3.5. Folldal Verk, Hjerkinn

### 3.5.1. Lokalisering

Produksjonsdrift ved Folldal Verk ble første gang etablert i Folldalen i Hedmark i 1645. Etter at det var drevet gruvedrift på flere geografisk spredte forekomster i Folldalen ble driften høsten 1968 nedlagt der og både gruvedrift og oppredning ble flyttet til Tverrfjellet på Hjerkinn, ca. 1100 m.o.h., i Dovre kommune i Oppland fylke. Driften ble nedlagt i mars 1993, og deponering av avgang i dammen er avsluttet. Kartskisse over området er vist i Figur 3.5.2, og en del data om områdets geografiske plassering er samlet i tabell 3.5.1.



Foto: ARN

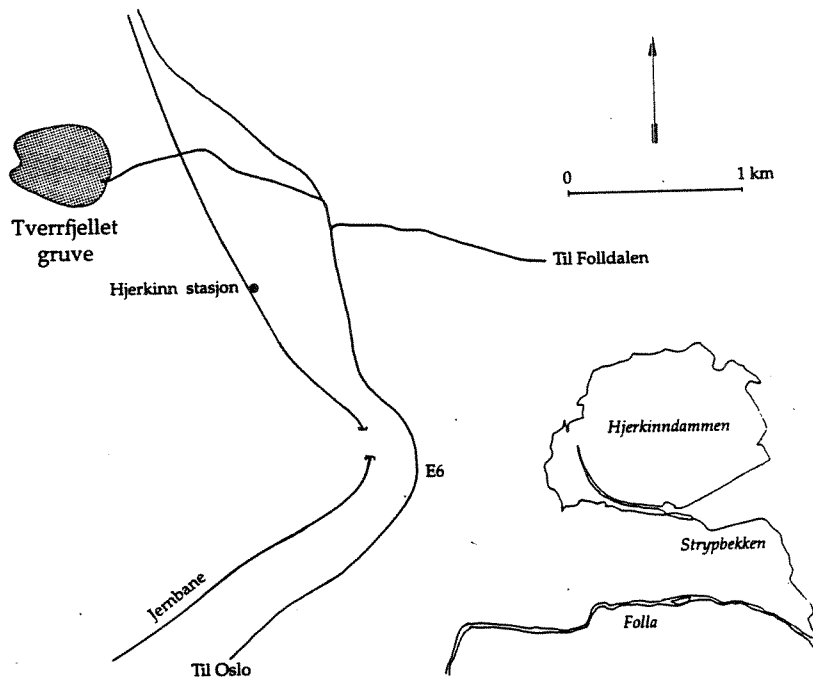
Figur 3.5.1 Folldal Verk. Anleggene på Hjerkinn med avgangsdammen i forgrunnen.

Tabell 3.5.1 Geografiske data om beliggenheten av Tverrfjellet gruve på Hjerkinn.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Oppland	Dovre	Hjerkinn 1519 III	32V NP 2699 og 32V NP 2799

Hovedmineralene i malmen i Tverrfjellet gruve på Hjerkinn var svovelkis, magnetkis, kopperkis, sinkblende og magnetitt. I midten av 70-årene ble gjennomsnittsinhold for utnyttbare elementer oppgitt til Cu 1,0 %, Zn 1,2 % og S 32 %. I de senere år ble ca. 700 000 tonn råmalm behandlet årlig ved selektiv flotasjon. Svovel-, kopper- og sink-konsentratene ble lastet opp på jernbane i fjellanlegget nær Hjerkinn stasjon. Ca. 325 000 tonn relativt svovelfattig avgang ble deponert årlig i en dam ca. 4 km fra oppredningsverket. Den deponerte avgangen skulle være dekket av vann til enhver tid.

Avløpsvannet fra anleggene på Hjerkinn er blitt overvåket siden dammen ble etablert i 1968 og allerede før virksomheten startet ble det gjennomført undersøkelser i Folla.



Figur 3.5.2 Kartskisse over området rundt Folldal Verk, Hjerkin. Kart over Folla-vassdraget finnes i kap. 3.4. (figur 3.4.1).

### 3.5.2. Forurensningskilder

Den mest synlige forurensningskilden ved gruveanlegget på Hjerkin er avgangsdammen. I tillegg kommer gruvevannet som i driftstiden ble blandet inn i avgangen og ledet til Hjerkinndammen. Avgangen i dammen har varierende sammensetning dels fordi forholdene i produksjonen varierte og dels på grunn av fysiske forhold ved deponering av avgangen i dammen. I de første årene var f.eks. svovelinnholdet i gjennomsnitt over 15 %, mens det etter hvert kom ned i godt under 5 %.

Utløpet av dammen er i praksis målepunktet for den samlede avrenningen fra gruveområdet. Som ved de fleste dam-anlegg foregår det imidlertid en viss lekkasje av vann gjennom grunnen. Noe av dette samles opp nedenfor dammen. Målinger her viser at mengden av denne typen lekkasjevann er meget liten.

Mer nøyaktige målinger i de senere år tyder på at en liten andel av forurensningen fra dammen går i grunnen sør-østover, direkte til Folla. I forhold til overflateavrenningen er også denne mengden ubetydelig.

Dammens areal er angitt til 1 km<sup>2</sup> og nedbørfeltet til utløp 13 km<sup>2</sup> (Beck 1991). Med en avrenningskoeffisient på 13 l·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup> tilsvarer dette en normalvannføring på knapt 170 l/s. Vannføringen under drift var en del høyere, fordi driftsvann ble overført fra Driva-vassdraget.

Vannspeilet over avgangen i dammen antas å få et dyp på 1 m. Dette er antakelig neppe tilstrekkelig til å forhindre en viss resuspensjon av avgang ved sterk vind.



Tverrfjellet gruve ligger i et område med lav årsnedbør. Gruvevannsmengden var derfor liten og vannet ble i stor grad fanget opp i de øverste nivåene i gruva. Det foreligger ikke informasjon om alt gruvevannet, men for gruvevannet fra NIVÅ II, der det ble ført inn på avgangsledningen og ledet til avgangsdammen foreligger det regelmessige målinger (Iversen og Aanes 1993). Vannføringsdata er det imidlertid mer sparsomt med.

### 3.5.3. Resipientforhold

Praktisk talt hele Hjerkinns-området drenerer til elven Folla, som er en sideelv til Glomma. Den renner fra Fokstumyrene og Vålåsjøen nord-østover mot Hjerkinns. Nedbørfeltet er her høyfjell med lite bebyggelse, og påvirkning av lokale forurensninger er liten. Fra Hjerkinns renner Folla østover og passerer gruveområdene i Follidal. Lengre nede tar den opp sideelvene Grimsa og Einunna som begge er lite forurensede, og renner inn i Glomma ved Alvdal. Den lokale situasjonen ved Follidal sentrum er nærmere omtalt i kapittel 3.4.

### 3.5.4. Gjennomførte tiltak

Gruvedriften på Hjerkinns ble etablert etter at arbeid med miljøvern og bekjempelse av forurensninger i noen grad var kommet i gang her i landet. Det ble derfor lagt vekt på å finne løsninger som skulle hindre de forurensningsproblemene man tidligere hadde sett ved sulfidmalmgruver. Ut fra dette må avgangsdammen betraktes som et forurensningshinderende tiltak. Det ble likeledes satt krav til maksimalt svovelinnhold i velter som ble lagt opp utenfor gruva. Dette har ført til at en betydelig andel av gråberget kunne benyttes til veibygging o.l. I dag finnes det derfor lite veltegodt i området.

### 3.5.5. Konsentrasjoner, virkninger

De siste årene gruva var i drift, var det en viss økning av metallinnholdet i gruvevannet. pH var imidlertid stabil og over 7,1 hele tiden. Konsentrasjonen av kopper var på denne tiden ca. 1 mg/l og for sink var den ca. 7 mg/l. Gruvevannet ble som nevnt blandet med avgangen fra oppredningsverket og sinkkonsentrasjonen i utløp av avgangsdammen var noe over 200 µg/l, mens kopperkonsentrasjonen var betydelig lavere (tabell 3.5.2).

Det er foretatt kontrollundersøkelser i Follavassdraget fra før gruvedriften på Hjerkinns startet i 1968. Da virksomheten var etablert og det ble overløp i avgangsdammen, inngikk overløpet i kontrollprogrammet. Mange av analysene som ble gjort i den første tiden ga imidlertid upålitelige resultater ved de lave metallkonsentrasjonene som var aktuelle. I tabell 3.5.2 er et sammendrag av disse analyseresultatene samlet. Det er ikke enkelt å gi noen generell karakteristik av dette data-materialet, men følgende hovedtrekk kan nevnes: pH viser liten spredning og ingen utviklingstrend. pH har vært høy hele tiden. Konduktiviteten har vært omkring 100 mS/m i hele driftstiden, men etter at driften opphørte i 1993, kan det se ut som om den har avtatt litt. En tilsvarende reduksjon i sulfatkonsentrasjonen kan også sees. I metallkonsentrasjonene kan derimot ikke spores noen reduksjon i verdiene for 1993 i forhold til tidligere år.

Av tabell 3.5.2 fremgår det at avrenningen fra Hjerkinnsområdet ikke har utpreget karakter av surt gruvevann, og den påvirkningen som har skjedd i Folla på grunn av avrenningen fra avgangsdammen har foreløpig vært beskjeden. Både kjemiske og biologiske undersøkelser har bare vist små avvik fra forventet normal tilstand i vassdraget.

Utviklingen i konsentrasjonen av kopper og sink i utløpet av Hjerkinndammen er vist i Figur 3.5.3.

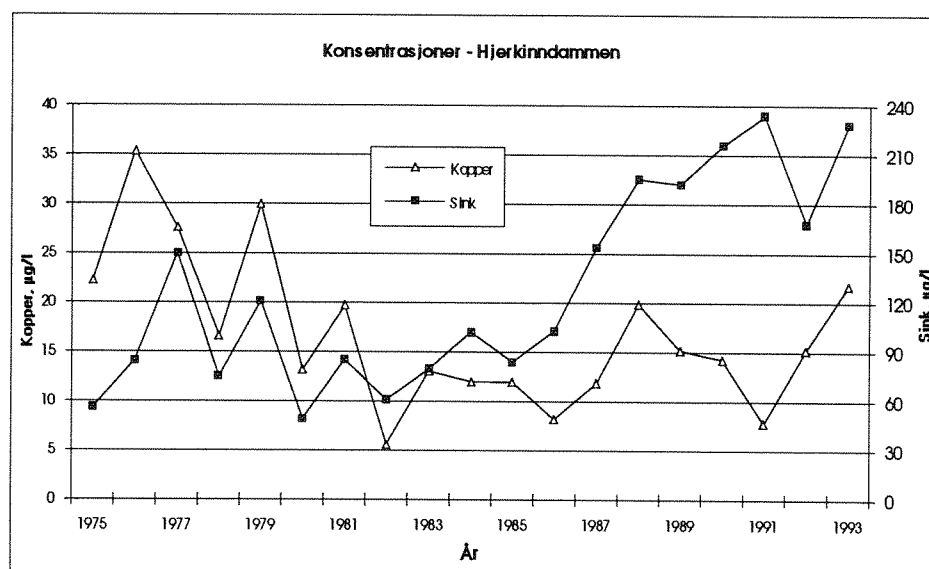
Tabell 3.5.2 Tidsveiede middelverdier for analysedata fra overløp avgangsdam, Hjerkin.  
Kartref.: 32V NP 304977.

Dato		pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kad- mium µg/l	Bly µg/l
1975	Middel	7.29	119	691	236	22.3	56		
	Antall	8	8	6	6	6	6		
	Std.avv.	0.33	24	243	227	17.6	24		
1976	Middel	7.24	107	546	344	35.4	85		
	Antall	8	8	8	8	8	8		
	Std.avv.	0.20	52	311	236	49.4	79		
1977	Middel	6.98	99	494	217	27.7	150		
	Antall	6	6	5	6	6	6		
	Std.avv.	0.25	32	248	115	20.2	64		
1978	Middel	6.94	94	467	211	16.6	75		
	Antall	7	7	7	6	6	6		
	Std.avv.	0.16	15	120	65	9.8	34		
1979	Middel	6.76	83	393	400	30.0	121		
	Antall	7	7	7	7	7	7		
	Std.avv.	0.49	36	189	230	19.4	91		
1980	Middel	7.13	90	386	232	13.2	50		
	Antall	7	7	7	7	7	7		
	Std.avv.	0.17	16	60	145	7.3	22		
1981	Middel	7.27	103	567	293	19.7	85		
	Antall	7	7	7	7	7	7		
	Std.avv.	0.27	18	121	248	27.5	46		
1982	Middel	7.17	106	543	284	5.6	61	0.38	3.9
	Antall	7	7	7	7	7	7	7	7
	Std.avv.	0.28	18	96	275	3.6	23	0.11	1.2
1983	Middel	7.34	101	513	215	13.1	80		
	Antall	8	8	8	8	8	8		
	Std.avv.	0.18	26	170	147	12.3	88		
1984	Middel	7.32	95	449	269	12.0	102		
	Antall	11	11	11	11	11	11		
	Std.avv.	0.30	21	145	259	12.7	61		
1985	Middel	7.15	109	575	396	12.0	84		
	Antall	13	13	13	13	13	13		
	Std.avv.	0.36	26	184	432	13.4	45		
1986	Middel	7.17	132	753	485	8.2	103		
	Antall	11	11	11	11	11	11		
	Std.avv.	0.22	28	187	492	5.4	53		

Tabell 3.5.2 forts.

Tabell 3.5.2 Tidsveiede middelverdier for analysedata fra overløp avgangsdam, Hjerkin. Kartref.: 32V NP 304977. Forts.

Dato		pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kad- mium µg/l	Bly µg/l
1987	Middel	7.16	112	616	573	11.9	154	0.54	
	Antall	11	11	11	11	11	11	1	
	Std.avv.	0.22	33	339	481	12.7	99		
1988	Middel	7.32	111	550	320	19.9	195	0.11	
	Antall	10	10	10	10	10	10	1	
	Std.avv.	0.49	30	168	110	22.8	56		
1989	Middel	7.16	90	445	635	15.2	192	0.86	
	Antall	12	12	12	12	12	12	2	
	Std.avv.	0.21	24	138	796	18.1	67	0.08	
1990	Middel	7.14	101	538	631	14.3	216	1.20	
	Antall	11	11	11	11	11	11	1	
	Std.avv.	0.28	23	141	488	25.6	105		
1991	Middel	7.14	123	648	606	7.8	234	0.60	
	Antall	11	11	10	11	11	11	4	
	Std.avv.	0.20	17	102	367	7.7	75	0.07	
1992	Middel	7.09	122	622	3884	15.2	168	0.44	13.8
	Antall	12	12	12	12	12	12	11	9
	Std.avv.	0.20	29	163	5941	13.6	105	0.24	10.6
1993	Middel	7.37	79	398	582	21.7	229	0.76	5.9
	Antall	9	9	9	9	9	9	9	9
	Std.avv.	0.29	50	328	562	10.9	95	0.35	6.6



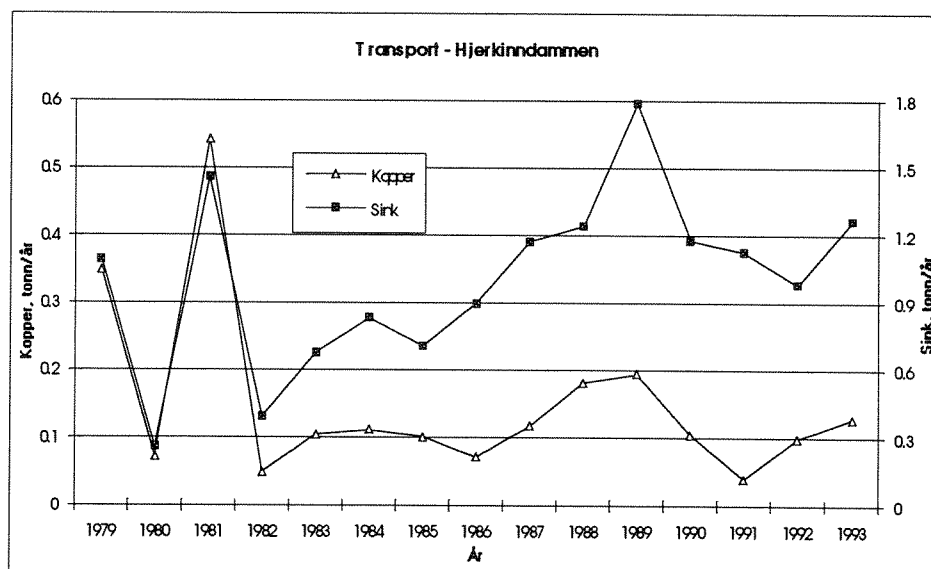
Figur 3.5.3 Analyseresultater fra overløp av avgangsdam, Hjerkin. Tidsveiede middelverdier for kopper- og sink-konsentrasjon.

### 3.5.6. Transportverdier - utviklingstrender

Vannføringen i utløpet fra Hjerkinndammen er registrert ved de prøvetakingene som er foretatt innenfor NIVAs kontrollundersøkelser. Antall vannføringsmålinger i løpet av et år har derfor variert mellom 6 og 20. For mange av årene er dette for få observasjoner til å beregne en noenlunde representativ avrenningsverdi.

Tabell 3.5.3 Transport av forurensninger ut av avgangsdammen på Hjerkin.

År	Vannf. l/s	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kad- mium kg/år	Bly kg/år
1979	257	2452	2.8	0.35	1.1		
1980	159	1927	1.1	0.07	0.3		
1981	347	5251	5.9	0.54	1.5		
1982	201	3323	3.0	0.05	0.4	2.6	26
1983	236	3140	2.4	0.10	0.7		
1984	237	3027	2.9	0.11	0.8		
1985	227	3741	3.7	0.10	0.7		
1986	236	4876	6.2	0.07	0.9		
1987	237	3690	6.1	0.12	1.2		
1988	207	3284	1.8	0.18	1.2		
1989	256	2962	9.5	0.19	1.8		
1990	176	2881	3.5	0.10	1.2		
1991	161	3224	2.9	0.04	1.1		
1992	166	3176	23.0	0.10	1.0	2.0	76
1993	193	2000	3.8	0.13	1.3	4.0	32



Figur 3.5.4 Transport av kopper og sink ut av avgangsdammen på Hjerkin.

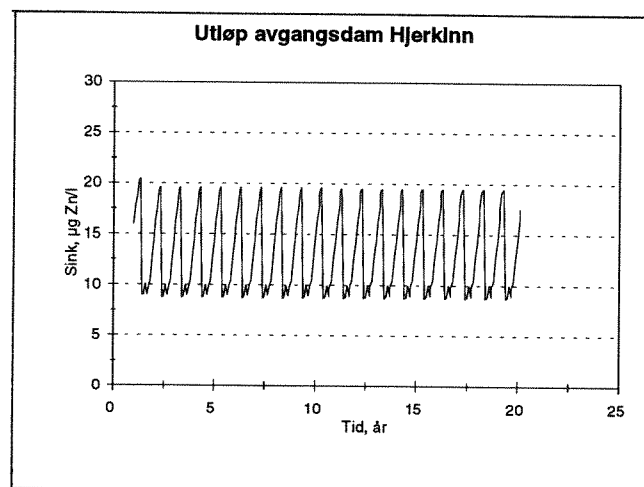
Tabell 3.5.3 og Figur 3.5.4 viser utviklingen i metalltransporten ut av avgangsdeponiet på Hjerkin. Verdiene har hele tiden vært forholdsvis lave. Koppertransporten har vært omkring 100 kg/år, mens sinktransporten etter hvert har steget til mer enn 1 tonn pr. år.

Det er ikke foretatt regelmessige undersøkelser av gruvevannet på Hjerkin. Spesielt er det lite informasjon om vannmengder. Et enkelt overslag der total vannmengde settes til 5 l/s gir følgende metalltransport i gruvevannet: 150 kg kopper og 2 tonn sink pr år. I forhold til transporten som er registrert i utløpet av avgangsdammen er disse tallene av samme størrelsesorden.

Det foreligger ikke tilstrekkelig informasjon til å avgjøre om det er utslipp av gruvevann som er årsaken til metalltransporten fra avgangsdammen. Det er vist at blanding av gruvevann og avgang fører til at tungmetaller bindes til mineralpartikler i avgangen. Dersom det var tilfelle på Hjerkin, var antakelig en betydelig andel av den registrerte metalltransporten ut av dammen bundet til partikler.

Da gruva ble nedlagt, opphørte foreløpig utslippet av gruvevann. Måleresultatene i utløp fra dammen har foreløpig ikke vist tegn til at dette har ført til endring i metalltransporten.

I en utredning utført av NIVA i 1993 ble fremtidig utvikling av vannkvalitet i avgangsdeponiet vurdert (Arnesen *et al.* 1993). Ut fra beregningene i dette arbeidet ble det antatt at sinkkonsentrasjonen ville bli betydelig lavere enn det den var i driftsperioden. Det samme gjaldt kopper. Foreløpig er det for tidlig å fastslå om dette virkelig blir utviklingen. Beregningene den gangen bygget dessuten på en del forutsetninger som foreløpig ikke er oppfylt. Figur 3.5.5 viser hvordan sinkkonsentrasjonen antas å utvikle seg i tiden etter nedleggelsen.



Figur 3.5.5 Modellberegning av forventet sinkkonsentrasjon i utløp av avgangsdammen på Hjerkin. Tiden er angitt i år etter tidspunktet da avgangsutslippet opphørte.

### 3.5.7. Konklusjoner, Hjerkin

Etter at gruedriften ble nedlagt i 1993, influeres avgangsdeponiet på Hjerkin praktisk talt ikke av ytre forurensninger fra gruveområdet. Hjerkinndammen er derfor en viktig lokalitet for studier av forurensning fra slike deponier.

På grunn av en viss lekkasje gjennom dammen og noe transport i grunnvannet, er transport av forurensninger fra deponiet utbetydelig høyere enn det som er målt i overløpet. Forskjellen er imidlertid målt ved enkelte anledninger, og den er mindre enn usikkerheten i beregning av transporten.

Til nå har forurensningsmengden fra avgangsdeponiet vært liten og det er ikke grunn til å regne med vesentlig økning i dette i årene framover, selv om det var en viss økning i sinktransporten i årene fram til nedleggelsen.

I 1985 var transporten av kopper og sink fra gruveområdet på Hjerkinns henholdsvis 100 og 700 kg/år. I 1993 var de tilsvarende verdiene 130 og 1300 kg/år.

### 3.5.8. Referanser, Hjerkinns

Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Bjerkeng, B. 1993

Fremtidig utvikling i avgangsdeponier under vann.

Hjerkinnsdammen, Hjerkinns, Bjønndalsdammen, Løkken

NIVA-rapport O-92186, L.nr.: 2962, p. 49, November 1993

Arnesen et al. Arnesen, R. T., Grande, M. og Gjessing, E. 1969

Undersøkelse av Folla, Del 1. 1966 - august 1968

NIVA-rapport O-64120, pp. 75, Sept. 1969

Arnesen, R. T., Grande, M. og Gjessing, E. 1970

Undersøkelse av Folla, Del 2. September 1968 - februar 1970

NIVA-rapport O-64120, pp. 39, Mai 1970

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1971

Undersøkelse av Folla, Supplerende observasjoner april 1970 - april 1971

NIVA-rapport O-64120, pp. 14, Juni 1971

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1973

Undersøkelse av Folla, Supplerende observasjoner juni 1971 - desember 1972

NIVA-rapport O-64120, pp. 23, Feb. 1973

Arnesen, R. T. og Grande, M. 1974

Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1973 og sammenfattende oversikt over utviklingen i perioden 1966 - 1973

NIVA-rapport O-64120, pp. 53, Juli 1974

Arnesen, R. T., Grande, M. og Iversen, E. R. 1975

Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1974

NIVA-rapport O-64120, pp. 35, April 1975

Arnesen, R. T., Grande, M. og Iversen, E. R. 1976

Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1975

NIVA-rapport O-64120, pp. 37, Juni 1976

Arnesen, R. T., Grande, M., Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1977

Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1976

NIVA-rapport O-64120, pp. 35, Okt. 1977

Arnesen, R. T., Grande, M., Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1978  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1977  
NIVA-rapport O-64120, pp. 67, Nov. 1978

Beck, P. Å. 1991  
Plan for tiltak mot forurensning ved nedleggelse av driften  
Det norske Veritas A.S, Prosjekt nr. 95004442, pp. 29

Iversen, E. R. og Grande, M. 1980  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1978 - 1979  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 1227, pp. 49, Aug. 1980

Iversen, E. R. og Grande, M. 1981  
Undersøkelse av Folla, Observasjoner 1980  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 1323, pp. 61, Okt. 1981

Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1983  
Rutineovervåking i Folla 1981  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1448, pp. 73, Jan. 1983

Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1983  
Rutineovervåking i Folla 1982  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1514, pp. 50, Juli 1983

Iversen og Aanes 1984 Iversen, E. R. og Aanes, K. J.  
Rutineovervåking i Folla 1983  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1619, pp. 46, Mai 1984

Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1986  
Rutineovervåking i Folla 1984 - 1985  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 1927, pp. 74, Sept. 1986

Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1987  
Rutineovervåking i Folla 1986  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 2022, pp. 63, Mai 1987

Iversen, E. R., Grande, M. og Aanes, K. J. 1988  
Rutineovervåking i Folla 1987  
NIVA-rapport O-80002-23, L.nr.: 2200, pp. 54, April 1988

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1989  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1988  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2268, pp. 25, Juli 1989

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1990  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1989  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2450, pp. 34, Juni 1990

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1990  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1990  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2682, pp. 27, Nov. 1990

Iversen, E. R., Aanes, K. J. og Bækken, T. 1992  
Folldal Verk A/S, Kontrollundersøkelser 1991  
NIVA-rapport O-64120, pp. 33, L.nr.: 2756, Mai 1992

Iversen, E., R. og Aanes, J. K. 1993  
Norsulfid A.S. avd. Folldal Verk, Kontrollundersøkelser 1992  
NIVA-rapport O-64120, L.nr.: 2977, p. 39, November 1993.

Ljøkjell, P. 1979  
Gruvevann og avganger - grunnlagsstudium av adsorpsjon av metallioner  
på avgangsmineraler  
Bergforskningen Teknisk rapport, Vol.: 47/I, pp. 45, April 1979

Ljøkjell, P. 1980  
Adsorpsjon av Cu og Zn-ioner på svovelkis og magnetkis  
Bergforskningen Teknisk rapport, Vol.: 47/2, pp. 51, Mai 1980

Ljøkjell, P. 1981  
Rensing av gruvevann - Laboratorieforsøk med gruvevann fra Løkken  
Bergforskningen Teknisk rapport, Vol.: 47/3, 1981, pp. 50, Aug. 1981

Ljøkjell, P., Arnesen, R. T. og Iversen, E. R. 1983  
Undersøkelse av rensing av gruvevann ved Bleikvassli Gruber  
Bergforskningen Teknisk rapport, Vol.: 47/4, pp. 29, Mai 1983



### 3.6. Grong Gruber, Joma

#### 3.6.1. Lokalisering

Grong Gruber eller NORSULFID A/S avd. Grong Gruber som den nå heter, ligger i Røyrvik kommune i Nord-Trøndelag fylke, startet produksjon i september 1972. Figur 3.6.2 viser gruvas beliggenhet, i forhold til vassdraget, og i tabell 3.6.1 er det samlet en del data om områdets geografiske plassering.



Foto: IVE

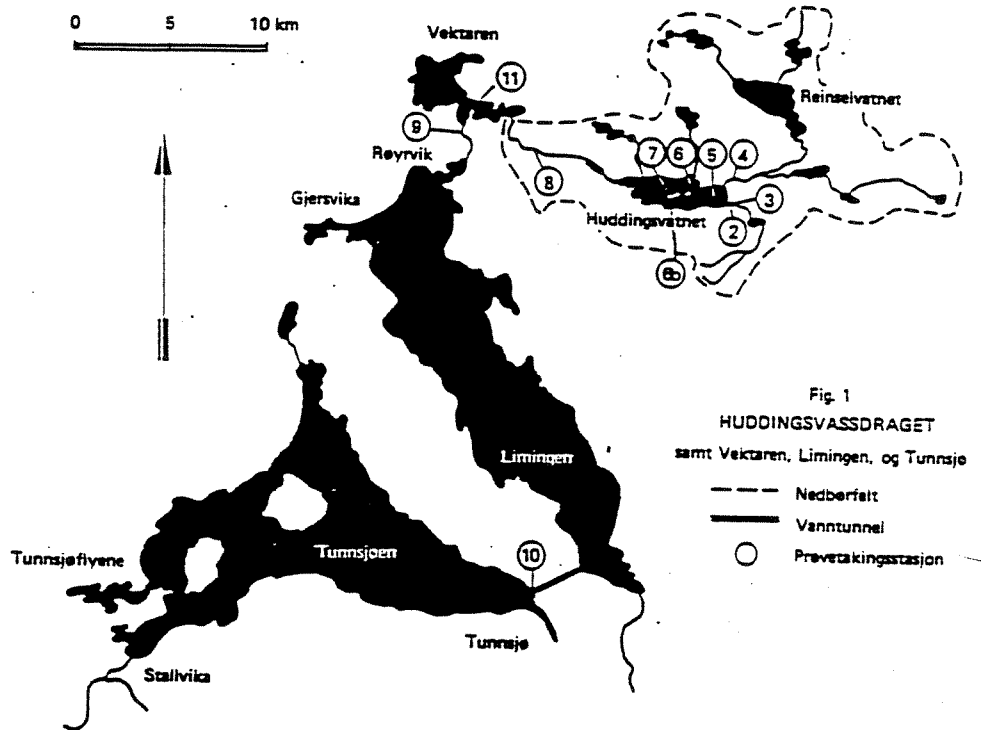
Figur 3.6.1 Grong Gruber. Flotasjonsverk med sedimenteringsdam for gruvevann i forgrunnen.

Tabell 3.6.1 Geografiske data om beliggenheten av Grong Gruber. Karthenvisningene gjelder serie M711.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Nord-Trøndelag	Røyrvik	Jomafjell 1924 I	33W VM 457945
Prøvetakingssted	Huddingselva	Røyrvik 1924 IV	33W VM 355972

Hovedmineralene i malmen er svovelkis og magnetkis med innhold av kopper og sink. Ved starten inneholdt malmen ca. 1,6 % kopper og 1,0 % sink. Dette har endret seg noe med tiden og i 1988 var innholdet av kopper 1,4 - 1,6 % og sinkinnholdet 1,6 - 1,7 %. Sideberget er beskrevet som meget kalkholdig, og i omgivelsene finnes flere forekomster av kalkholdige mineraler, bl.a. marmor.

Helt fra virksomheten startet er malmen oppredet ved selektiv flotasjon, og svovelkis er deponert sammen med avgangen.



Figur 3.6.2 Kartskisse over området rundt Grong Gruber. Prøvetakingsstasjoner ved vassdragsundersøkelsene er inntegnet.

Mengden avgang og i noen grad avgangens sammensetning har endret seg noe i den tiden gruva har vært i drift. I 1973 var utslippet av avgang ca. 275.000 tonn med et innhold av kopper på 0,15 % og 0,37 % sink. Fordi svovelkisen slippes ut i avgangen fra flotasjonsverket, er svovelinnholdet ca. 35 %. Kopper og sink utgjør hver ca. 0,2 % av den samlede avgangsmengden som er ca. 450.000 tonn pr. år. All avgang deponeres i den østlige delen av Huddingsvatnet nær gruva.

### 3.6.2. Forurensningskilder

Forurensningsproblemene ved Grong Gruber har hele tiden vært knyttet til utslippene av avgang i Huddingsvatnet. Et hovedproblem var at avgangen ble spredt langt utenfor deponeringsstedet i østre del av innsjøen. Det ble funnet tegn på spredning av avgang langt nedover i Huddingsvassdraget. Det var først og fremst mineralpartiklene i avgangen som ga problemer ved bl. a. tilslamming. Virkningen av en eventuell transport av tungmetaller er det fokusert mindre på.

Avgangsdeponeringen foregikk de første årene gjennom en plast avgangsledning som var forankret på flåter. Utslippet foregikk vertikalt under vann, og utslippspunktet ble flyttet regelmessig for å hindre at det bygget seg opp en høy kjegle under rørmunningen. Nå foregår utslippet gjennom en plast undervannsledning.

Etter 22 års deponering av avgang i Huddingsvatnet, er praktisk talt hele bunnen i den østre delen av innsjøen dekket med avgang. Lokalt i utslippsområdet er avgangens mektighet betydelig. Det er ikke påvist sur avrenning fra gråbergvelter ved gruva, og pH i gruvevannet har i alle år ligget langt over 7.

Den forurensningsmessige betydningen av gruvevannet er ikke vurdert inngående noen gang. NIVA har bl. a. ikke registrerte data for vannføringen.

### 3.6.3. Resipientforhold

Hele Huddingsvatnet har et areal på 6,4 km<sup>2</sup> og var opprinnelig nesten delt i to separate deler av en rekke øyer og grunne sund. Den østre delen av innsjøen der avgangen deponeres er 2,8 km<sup>2</sup> og hadde opprinnelig et maksimalt dyp på 20 m.

Årlig normal vannføring i Huddingselva er ved NIVAs prøvetakingssted, ca. 4 km nedenfor utløpet fra Huddingsvatn, 7,16 m<sup>3</sup>/s. Nedbørfeltets areal ved dette punktet er 169 km<sup>2</sup>.

Huddingsvassdraget er en del av et større vassdrag der Renseelva og Orvasselva er de største tilføpene og Huddingselva er det samlede avløpet. Huddingselva renner til Vektaren som renner til den store innsjøen Limingen som har naturlig avløp til Sverige. Vektaren er regulert, og vann som naturlig renner til Namsen er overført hit. Denne vannmengden føres tilbake til Namsenvassdraget fra Limingen, som også er regulert, ved at vann overføres til Tunnsjøen gjennom et kraftverk mellom de to innsjøene.

### 3.6.4. Gjennomførte tiltak

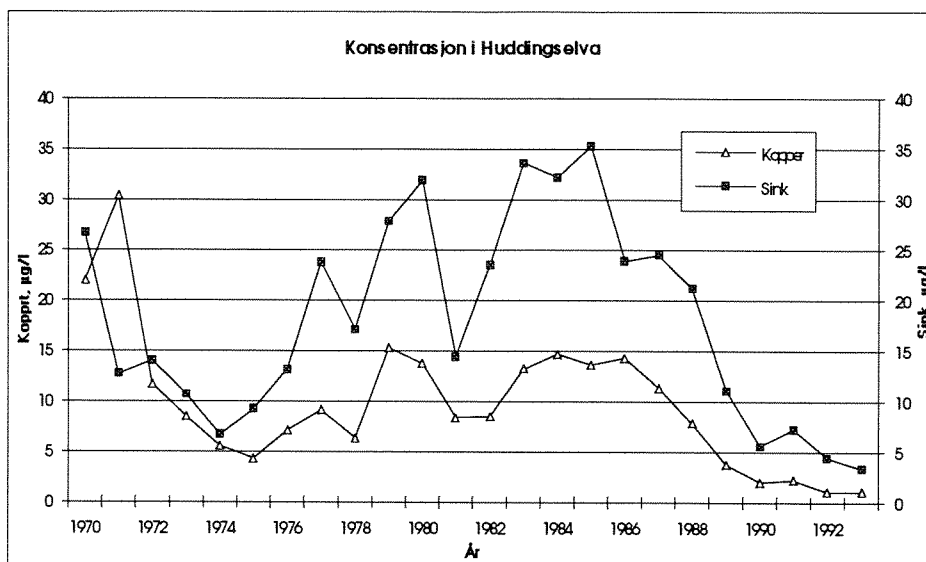
Avgangsdeponeringen ved Grong Gruber kan i tid deles i to perioder, deponering til innsjø/vassdrag og deponering i dam. I 1988/89 ble det bygget en dam som skiller de to delene fullstendig. Hovedstrømmen av vann gjennom Huddingsvatnet ble samtidig redusert betydelig, ved at elvene som munner inn i innsjøen ble avledet ved sjeteer o.l.. Etter at dette tiltaket ble gjennomført kan avgangsdeponiet ved Grong Gruber betraktes som en kunstig bygget avgangsdam.

I den første tiden etter at driften startet ble det også arbeidet mye for å hindre spredning av avgang fra utslippsstedet ved valg av egnet utslippsanordning. Dette lykkedes bare delvis. På grunn av flotasjonseffekter ble en del avgang spredd på overflaten av Huddingsvatnet. Dette problemet ble etter hvert redusert, og etter at dammen ble bygget har dette neppe vært noe problem.

### 3.6.5. Konsentrasjoner, virkninger

NIVA har utført kontrollundersøkelser i Huddingsvassvatnet og nedenforliggende vassdrag siden før gruedriften startet. Alle data fra dette arbeidet finnes i rapportene som er listet i kap. 3.6.8. Et sammendrag av analyseresultatene er samlet i tabell 3.6.2. Figur 3.6.3 viser utviklingen i årlige middelveier for kopper og sink i Huddingselva.

Forurensningsproblemene på grunn av gruveutslippene i Huddingsvassdraget har vært helt annerledes enn dem man har i de øvrige norske gruvevassdragene. I Huddingsvassdraget var det tilsynelatende avgangutslippet og partikkeltransporten som ga negative effekter, mens det i andre områder er oppløste tungmetaller som gir problemer.



Figur 3.6.3 Tidsveiede middelverdier for konsentrasjon av kopper og sink i Huddingselva (H8).

I og med at transport av avgangspartikler har vært det største problemet, kan det være av interesse å se nærmere på hvordan dette problemet utviklet seg.

Da avgangsdeponeringen startet i Huddingsvatnet i sommeren 1972 viste det seg at utslippet fikk en del virkninger som man på forhånd ikke hadde ventet. Viktige bunndyr (marflo) forsvant gradvis fra vassdraget.

Først skjedde dette lokalt i østre del av innsjøen, etter noen år skjedde dette også i innsjøens vestre del, og i slutten av 80-årene ble det også påvist skader på bunnfaunaen i Vektarbotn mer enn 10 km nedstrøms utslippet. I den første tiden var det vanskelig å påvise særlig transport av avgang i vassdraget, og det var vanskelig å tilbakeføre vannets innhold av partikulært materiale til utslippet fra flotasjonsverket. Det viste seg at relativt store partikler av svovelkis, som vanskelig kunne komme fra andre kilder enn flotasjonsverket, ble påvist i ytre del av Huddingsvatnet 4 - 5 km fra utslippet.

Det har vært vanskelig å kvantifisere den mengde avgang som har vært transportert i vassdraget først og fremst fordi målemetodene ikke er tilstrekkelig nøyaktige. Data til nå kan likevel tyde på at det har vært en nedgang i partikkeltransporten.

Det er gjort flere forsøk på å fastslå andelen av partikulært bundet tungmetall i tidligere års undersøkelser. Alle disse undersøkelsene har tydet på at praktisk talt alt det påviste tungmetallinnholdet har foreligget oppløst. De lave analyseresultatene for tungmetaller i vassdraget etter at arbeidene i 1988/89 var gjennomført, tyder imidlertid på at en betydelig andel var bundet til partikler.

Etter at tiltakene var gjennomført ble forholdene i vassdraget gradvis bedre, og i NIVAs rapport for 1993 (Grande og Iversen 1994) beskrives en positiv utvikling i vassdraget, med normal bunndyrfauna i Huddingselva og et rikt dyreplankton i Huddingsvatnet. Det finnes imidlertid fortsatt enkelte forhold som ikke er fullstendig restituert.

Tabell 3.6.2 Tidsveiede årsmiddel for analyseresultater fra Huddingselva (H8).  
Kartref.: 33W VM 355972.

År		pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1970	Middel	7,08	5,96	6,2	69	22	27	
	Antall	4	4	4	4	4	4	
	Std.avv.	0,17	2,08	2,6	36	26	18	
1971	Middel	7,16	4,12	2,4	46	30	13	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,13	0,60	0,9	5	21	4	
1972	Middel	7,18	5,52	3,5	57	12	14	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,12	0,59	1,1	11	0	13	
1973	Middel	7,11	4,94	5,7	73	8	11	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,08	1,02	1,6	28	11	7	
1974	Middel	7,20	4,52	7,4	43	6	7	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,15	0,49	3,0	8	3	8	
1975	Middel	7,21	5,24	8,0	46	4	9	
	Antall	5	5	5	5	5	5	
	Std.avv.	0,19	0,70	1,0	10	1	3	
1976	Middel	7,14	5,11	6,2	44	7	13	
	Antall	7	7	7	7	7	7	
	Std.avv.	0,12	0,49	1,4	23	6	9	
1977	Middel	7,17	5,55	9,2	42	9	24	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,13	0,61	0,9	18	3	17	
1978	Middel	7,23	5,55	11,1	111	6	17	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,12	0,88	2,7	154	2	9	
1979	Middel	7,12	6,07	11,0	59	15	28	
	Antall	6	6	6	6	6	6	
	Std.avv.	0,21	1,48	3,0	34	7	13	
1980	Middel	7,11	5,67	9,8	65	14	32	5,40
	Antall	6	6	6	6	6	6	1
	Std.avv.	0,15	0,79	4,1	37	10	15	
1981	Middel	7,18	6,08	10,1	74	8	14	0,23
	Antall	6	6	6	6	6	6	2
	Std.avv.	0,18	0,96	2,9	47	3	7	0,06
1982	Middel	7,18	6,78	11,9	56	9	23	0,13
	Antall	6	6	6	6	6	6	1
	Std.avv.	0,13	0,92	3,0	17	4	12	
1983	Middel	7,14	6,50	11,3	161	13	34	0,14
	Antall	6	6	6	6	6	6	1
	Std.avv.	0,13	0,51	3,0	222	14	28	

Tabell 3.6.2 forts.

Tabell 3.6.2 Tidsveiede årsmiddel for analyseresultater fra Huddingselva (H8).  
Kartref.: 33W VM 355972. Forts.

År		pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1984	Middel	7,14	6,19	9,8	65	15	32	0,15
	Antall	6	6	6	6	6	6	1
	Std.avv.	0,13	1,32	2,1	20	14	8	
1985	Middel	7,17	6,86	13,6	103	14	35	0,19
	Antall	5	5	5	5	5	5	3
	Std.avv.	0,19	0,89	1,7	60	5	15	0,15
1986	Middel	7,27	7,08	13,5	128	14	24	0,17
	Antall	7	7	7	7	7	7	6
	Std.avv.	0,19	0,69	2,2	92	7	14	0,10
1987	Middel	7,16	7,03	13,9	103	11	24	0,15
	Antall	6	6	6	6	6	6	6
	Std.avv.	0,15	1,34	1,8	80	4	15	0,06
1988	Middel	7,14	7,07	14,1	67	8	21	0,10
	Antall	10	10	10	10	10	10	10
	Std.avv.	0,17	0,53	2,4	38	3	10	0,08
1989	Middel	7,10	5,39	6,5	104	4	11	0,05
	Antall	6	6	6	6	6	6	6
	Std.avv.	0,22	1,13	2,4	75	1	6	0
1990	Middel	7,18	4,56	4,3	65	2	6	5,62
	Antall	11	11	11	11	11	11	11
	Std.avv.	0,22	0,55	1,0	48	1	2	0,01
1991	Middel	7,18	5,09	6,5	44	2	7	0,05
	Antall	12	12	12	12	12	12	12
	Std.avv.	0,12	0,65	3,2	10	1	5	0,00
1992	Middel	7,20	5,28	6,6	196	1	4	0,04
	Antall	12	12	12	7	12	12	12
	Std.avv.	0,19	0,84	2,4	309	0	1	0,04
1993	Middel	7,13	5,47	6,9	52	1	3	0,04
	Antall	12	12	12	12	12	12	12
	Std.avv.	0,14	0,77	2,3	20	0	1	0,02

### 3.6.6. Transportverdier - utviklingstrender

Fordi det ikke finnes pålitelige vannføringsmålinger fra selve gruveområdet, er det vanskelig å angi transportverdier for Grong Gruber. De målte konsentrasjonene av tungmetaller er dessuten så lave at det tidligere var betydelig usikkerhet i analyseverdiene. Med så lave metallkonsentrasjoner kan det dessuten være en viss usikkerhet om hvilke bakgrunnsverdier måleresultatene skal relateres til. Fra og med 1992 er analysekvaliteten for tungmetaller forbedret betydelig. Deteksjonsgrensen er derved 10-20 ganger lavere enn for tidligere metode.

Fra og med 1992 er kvaliteten på tungmetallanalysene forbedret betydelig og med en deteksjonsgrense som er 10-20 ganger lavere enn tidligere metode.

Vi har valgt å beregne transporten som total metalltransport i Huddingselva ved å multiplisere årlige middelkonsentrasjoner med korrigert normal vannføring ved prøvetakingsstasjonen. Hydrologiske data for dette punktet er samlet i tabell 3.6.3.

Tabell 3.6.3 Hydrologiske data for Huddingselva.

Kilde: Avrenningskart over Norge, Norges vassdrags- og energiverk, Hydr. avd. 1987.

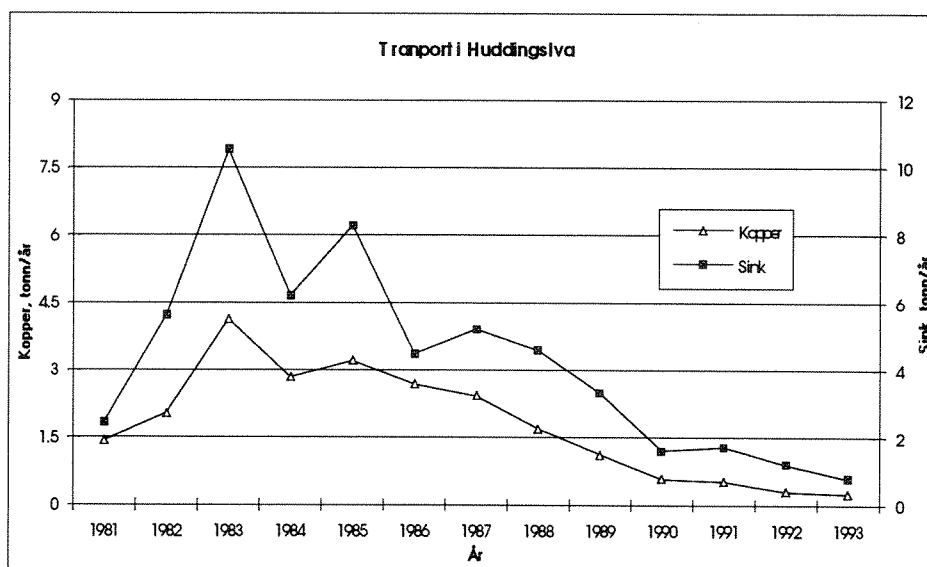
Kartreferanse	Nedbørfelt	Avrenningskoeffisient	Norm. vannføring
33W VM 355972	169 km <sup>2</sup>	42.4 l/s·km <sup>-2</sup>	7.16 m <sup>3</sup> /s

Korreksjon av vannføringen er gjort ved å multiplisere normalverdien med nedbørhøyde i % av årnormalen. Transportverdier for årene 1985 - 1993 finnes i tabell 3.6.4, og i Figur 3.6.4 er kopper- og sinktransporten fremstilt grafisk.

Tabell 3.6.4 Transport av forurensninger i Huddingselva.

Beregnet på grunnlag av tidsveiede middelerverdier for konsentrasjon og korrigerede normalvannføringer.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1981	1695	12	1.4	2.4	38
1982	2854	14	2.0	5.6	31
1983	3546	50	4.1	10.5	44
1984	1894	13	2.8	6.2	29
1985	3185	24	3.2	8.3	44
1986	2620	24	2.7	4.5	33
1987	2951	22	2.4	5.2	32
1988	3046	15	1.7	4.6	22
1989	1950	31	1.1	3.3	15
1990	1231	19	0.6	1.6	13
1991	1547	10	0.5	1.7	12
1992	1787	53	0.3	1.2	11
1993	1571	12	0.2	0.8	9



Figur 3.6.4 Tidsveiede årsmiddel av kopper- og sinktransport fra Grong Gruber i Huddingselva (H8).

Det fremgår klart at metalltransporten i Huddingsvassdraget ble betydelig redusert ved tiltakene som ble gjennomført i 1988/89.

### 3.6.7. Konklusjoner, Grong Gruber

Situasjonen i Huddingsvassdraget er betydelig annerledes enn i de fleste andre gruvevassdragene her i landet. Avgangsutslippet virket skadelig på de biologiske forhold, men det har vært vanskelig å finne den direkte årsaken til skadevirkningene som gjaldt både fisk og fiskens næringsdyr.

Antakelig er virkningen knyttet til spredning av mineralpartikler, og de målte konsentrasjoner av metaller i vassdraget har neppe hatt samme betydning her som tilsvarende verdier i vassdrag der metallet foreligger oppløst.

Figur 3.6.3 viser at det har vært store variasjoner i målte konsentrasjoner av kopper og sink. Da virksomheten startet, ble det målt høye konsentrasjoner. Etter hvert ble det bedre kontroll med spredning av avgangen, men fra 1975 og fram til 1987 var det likevel en økende tendens, spesielt for sink. Etter 1988/89 har verdiene sunket betydelig, og i 1993 var midlere kopper- og sink-konsentrasjon henholdsvis 1 og 3 µg/l.

Transportverdiene for kopper og sink er betydelig mindre pålitelige, men Figur 3.6.4 tyder på at det var et maksimum i transport i årene 1983 - 85, hvoretter det har vært avtakende verdier. Spesielt siden 1987 har denne tendensen vært klar.

I 1985 var transport av kopper og sink henholdsvis 3,2 og 8,2 tonn og for kadmiium 9 kg årlig. I 1993 var disse verdiene redusert til henholdsvis 200, 800 og 9 kg/år. For sink og kopper tilsvarer dette en reduksjon på ca. 90 % og for kadmiium omkring 80 %.

Forbedringen av kjemisk vannkvalitet har samtidig ført til en bedring i de biologiske forhold i vassdraget.

### 3.6.8. Referanser

Arnesen, R. T. 1976

Undersøkelse av partikkeltransport i resipienter for kisholdig avgang ved hjelp av elektronmikroskopi

Årbok 1976, Norsk institutt for vannforskning, pp. 55 - 58

Arnesen, R. T., Grande, M. and Iversen, E 1988

Tailings Disposal from Gong Gruber A/S under Water in Lake Huddingsvatn Intern. Conf. on Contr. of Enviromental Problems from Metal Mines,

Røros, Norway June 20.-24.1988, pp. 13

Grande, M. og Mundheim, Ø. 1971

Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S

NIVA-rapport O-69120, pp. 14, Jan. 1971

Grande, M. og Mundheim, Ø. 1972

Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S 1971

NIVA-rapport O-69120, pp. 24, Mai 1972



- Grande, M. og Arnesen, R. T. 1973  
Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S 1972  
NIVA-rapport O-69120, pp. 26, Jan. 1973
- Grande, M. og Arnesen, R. T. 1974  
Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S, 1973  
NIVA-rapport O-69120, pp. 22, Mai 1974
- Berglind, L. og Arnesen, R. T. 1974  
Fellingsforsøk med avgang fra Grong Gruber A/S, 1/11 - 9/11-1973  
NIVA-rapport O-72201, pp. 17
- Grande, M., Arnesen, R. T. og Iversen, E. R. 1975  
Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S 1974  
NIVA-rapport O-69120, pp. 44, Juli 1975
- Hald, N. C. (red.) 1976  
Avgangsutslipp i Huddingsvann, Samleutredning  
Grong Gruber A/S, Januar 1976
- Grande, M., Arnesen, R. T., Andersen, S. og Iversen, E. R. 1976  
Kontrollundersøkelser i vassdrag for Grong Gruber A/S (1975)  
NIVA-rapport O-69120, pp. 61, Jan. 1976
- Grande, M., Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Andersen, S. 1977  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag 1976  
NIVA-rapport O-69120, pp. 58, Juli 1977
- Grande, M., Arnesen, R. T. og Kvalvågnæs, K. 1977  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag,  
Dykkerundersøkelser i Huddingsvatn 21.-22.6.1977  
NIVA-rapport O-69120, pp. 12, Sept. 1977
- Grande, M., Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Andersen, S. 1978  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag 1977  
NIVA-rapport O-69120, pp. 100, Mars 1978
- Grande, M., Arnesen, R. T. 1980  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag 1978 og 1979  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1199, pp. 86, April 1980
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1981  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag. Resultater 1980  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1319, pp. 75, Sept. 1981
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1982  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1981  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1404, pp. 46, Aug. 1982
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1983  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1982  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1502, pp. 63, Juli 1983

Grande, M. og Iversen, E. R. 1983  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1982 (XV)  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1502, pp. 63, Juli 1983

Grande, M., Iversen, E. R. og Bildeng, R. 1984  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1983  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1645, pp. 64, Juli 1984

Grande, M., Iversen, E. R. og Bildeng, R. 1985  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1984  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1732, pp. 64, Juli 1985

Grande, M. og Iversen, E. R. 1986  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1985  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 1869, pp. 62, April 1986

Grande, M., Iversen, E. R. og Løvik J. E. 1987  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1986  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2013, pp. 55, Juli 1987

Grande, M., Iversen, E. R., Løvik, J. E. og Brettum, P. 1988  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1987  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2123, pp. 68, Juni 1988

Grande, M. og Iversen, E. R. 1989  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1988  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2259, pp. 45, Juni 1989

Grande, M. og Iversen, E. R. 1990  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1989  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2457, pp. 24, Juli 1990

Grande, M. og Iversen, E. R. 1991  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1990  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2608, pp. 36, Juli 1991

Grande, M. og Iversen, E., R. 1992  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1991  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2745, pp. 45, Juni 1992

Grande, M. og Iversen, E., R. 1993  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1992  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 2913, pp. 55, Juli 1993

Grande, M. og Iversen, E., R. 1994  
Grong Gruber A/S, Kontrollundersøkelser i vassdrag, Resultater 1993  
NIVA-rapport O-69120, L.nr.: 3098, pp. 51, Juni 1994

## 3.7. Killingdal Gruve

### 3.7.1. Lokalisering

Killingdal gruve som første gang ble åpnet i 1677 og sist nedlagt i 1986 ligger i Holtålen kommune i Sør-Trøndelag. Gruveområdet kan forurensningsmessig deles i to. Det gamle gruveområdet på fjellet og området i Bjørgåsen dit gruve drift ble flyttet da det ble etablert en ny skråsjakt i 1965. Gruveområdets beliggenhet er vist i Figur 3.7.2. I tabell 3.7.1 er det samlet en del geografiske data om gruvas beliggenhet.



Foto: IVE

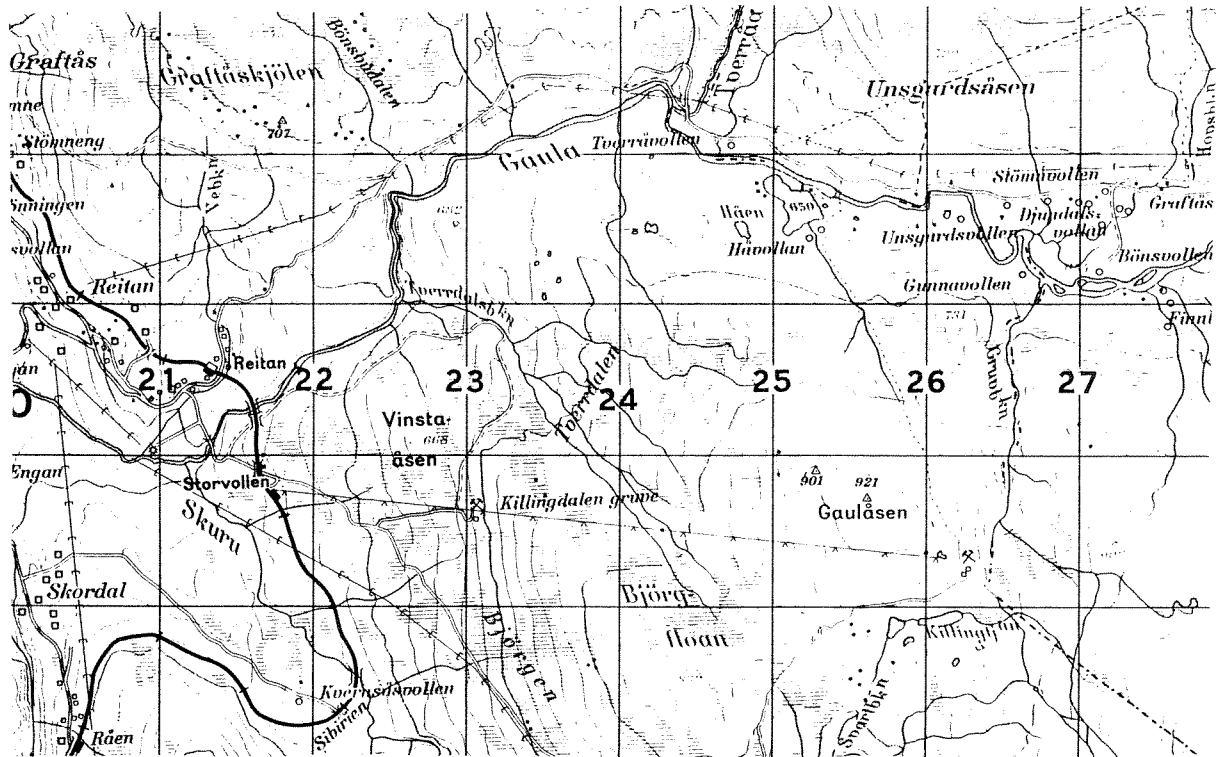
Figur 3.7.1 Killingdal gruve, velte i det øvre området før den ble flyttet.

Tabell 3.7.1 Geografiske data om gruveområdene ved Killingdal gruve.

Område	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Øvre område	Sør-Trøndelag	Holtålen	Ålen 1720 IV	32VPQ26 65
Bjørgåsen	Sør-Trøndelag	Holtålen	Ålen 1720 IV	32VPQ23 65

Det er særlig det øvre gruveområdet som har fått oppmerksomhet på grunn av forurensningen i Gaula. Virksomheten startet i 1677 på en kopperholdig svovelkis som også inneholder noe sink. Malmen var fattig på kopper og i den første tiden ga den store tap ved smeltingen, slik at driften ble nedlagt allerede i 1692. På slutten av 1700-tallet ble det på ny virksomhet, som varte til omkring 1808-09.

I 1857 ble driften tatt opp igjen og på samme måte som på Kjølvi (Kap. 3.8). Det ble antakelig produsert kopper ved utluting, og rødfarge av jernslammet som ble dannet i prosessen. Frem til 1916 var det etter den tids mål relativt stor drift, med en årsproduksjon på opptil 30.000 tonn/år. Fra 1916 ble det betydelig reduksjon i driften og dette holdt seg lenge. Etter moderne mål på gruve drift var produksjonen i Killingdal aldri stor og i de siste årene fram til 1986 var den omkring 35.000 tonn/år.



Figur 3.7.2 Kartskisse av området rundt Killingdal gruve.

Malmen ble skeidet og en forholdsvis sinkrik malm med høyt svovelinnhold ble lagt i velte ved gruva. I 1913 ble det bygget et vaskeri hvor denne malmen skulle behandles. Vaskeriet brant imidlertid ned i 1916, og det ble ikke bygget opp igjen.

Fram til 1965 ble malmen tatt ut på toppen, skeidet, knust og ført med taubane til Storvollen på Rørosbanen knapt en kilometer sør for Reitan. Senere skjedde malmtransporten gjennom den nye Bjørgensjakten, som munner ut nær Rørosbanen ca. 200 m lavere enn det opprinnelige gruveområdet.

Frem til ca. 1950 var produktet skeidet stykkmalm/kobberholdig finkis. I 1952 ble produksjonen lagt om til selektiv flotasjon ved det nye oppredningsverket ved Ilsvika i Trondheim.

Alle forurensninger fra gruva drenerer til Gaula. Mens området på fjellet drenerer til Gruvebekken som renner direkte til Gaula, drenerer området ved Bjørgåsen til Skuru som er en sidelv til Gaula.

NIVAs første undersøkelse av avrenningen fra Killingdal ble gjennomført i 1977/78 (Arnesen *et al.* 1979) samtidig med at det ble gjort tilsvarende undersøkelser ved Kjøli gruve. Ved vurdering av forurensnings-situasjonen i Gaula har det alltid vært nødvendig se disse to gruveområdene i sammenheng. Da nye undersøkelser ble gjennomført i 1987 (Iversen 1988) foregikk også da arbeidet parallelt på de to stedene.

### 3.7.2. Forurensningskilder

Det var en forholdsvis stor og mer eller mindre sammenhengende velte i det øvre gruveområdet. Materialet i velten varierte imidlertid og besto dels av sterkt kisholdige materialer, en del var mer preget av gråberg og en del var avgang fra det tidligere omtalte vaskeriet.

I tillegg ble gruvevannet tidligere pumpet gjennom hovedsjakten til dette øvre området hvor det ble ledet gjennom en vannstoll til Gruvebekken. Mengden av gruvevann var liten, men meget rik på tungmetaller. I 1977/78 ble vannet pumpet periodisk, mens det senere ble pumpet kontinuerlig, noe som tross alt ga en jevnere forurensningsbelastning på Gaula. (Arnesen et al. 1979 og Iversen 1988).

På grunn av tiltakene i det øvre området (Kap. 3.7.3) har den relative betydningen av forurensningskildene endret seg vesentlig.

I Bjørgåsen-området finnes det også en velte utenfor gruveinngangen. Materialet i denne velten har betydelig lavere innhold av sulfid enn velten i det øvre området. Det er likevel en synlig metalltransport i avrenningen uten at den er kvantifisert ved målinger. Det samme gjelder avrenning fra området omkring lasteanlegget for kis ved jernbanen, der det er synlig påvirkning i terrenget nedenfor jernbanelinjen.

Gruvevannet fra Bjørgåsen-området drenerer stort sett ned i gruva, og ble tidligere pumpet til det øvre gruveområdet.

### 3.7.3. Resipientforhold

Hovedresipient for Killingdal gruve er Gaula. Fra det gamle gruveområdet på fjellet rant tidligere alt vann til Gruvebekken, som renner inn i Gaula ca. 6 - 7 km ovenfor (øst for) Reitan.

Fra området i Bjørgåsen går avrenningen i mindre bekker til Skuru som munner ut i Gaula vest for Rørosbanen omtrent midt mellom Storvollen og Reitan.

Ved siden av avrenningen fra Killingdal grube er Gaula belastet med gruveforurensning fra Kjøligrube, gjennom Storbekken. Dette er nærmere omtalt i kap. 3.8.

Gaula er en av landets viktigste lakseelver, men på grunn av fallforholdene kan laksen foreløpig ikke passere Eggjafossen, og vassdraget ovenfor utnyttes i dag ikke for gyting og oppvekst av laks.

### 3.7.4. Gjennomførte tiltak

For å redusere forurensningsbelastningen fra det øvre gruveområdet ble det i 1991 gjennomført tiltak. Veltene ble arrondert på et minst mulig område rundt dagåpningene og drenevannet herifra ble samlet og ført inn i gruva gjennom den gamle vannstollen. Den arronderte velten ble dekket med morene, og for å hindre erosjon ble det på toppen lagt et lag med grov stein. Hensikten med tiltaket var at vann som var lite forurenset skulle renne av på overflaten, mens praktisk talt alt forurenset vann skulle samles opp og føres inn i gruva. Det var antatt at denne vannmengden var så liten at den ville fordampe og bli ført ut ved naturlig ventilasjon. Gruva skulle derved fortsatt være tørr.

Effekten av et slikt tiltak både på vannkvalitet og mengde, kunne bestemmes forholdsvis nøyaktig ved å måle mengde og sammensetning på vannet som går inn i gruva. I november 1992 etablerte NIVA en automatisk målestasjon som samler inn data om denne avrenningen. Samtidig ble det plassert sonder for måling av temperatur og oksygeninnhold på flere punkter inne i velten. Dessuten registreres flere meteorologiske parametre.

Alle data bortsett fra kjemiske analyser logges elektronisk og blir med jevne mellomrom overført til NIVA på mobiltelefon.

Våren 1994 rant det ikke vann inn i gruva i drensledningen fra velten. Dette til tross for at det sto vann i noen av kummene på denne ledningen. 17. juni begynte det igjen å renne vann inn i gruva denne veien uten at noe tiltak ble iverksatt, og det ble antatt at problemet skyldtes is i drensledningen. Vinteren 1992/93 var antakelig forholdene omtrent tilsvarende.

I juni 1994 ble det konstatert at den naturlige ventilasjonen i gruva var stanset, og det ble antatt at dette skyldtes at vannet hadde fylt gruva opp til sentralstasjonen der Hovedsjakten og Bjørgensjakten møtes. Fordampingen fra det vannet som nå føres inn i gruva vil derfor bli ubetydelig, og en gang i fremtiden vil det igjen bli overløp av gruvevann fra Killingdal. Dersom ingen tiltak blir gjennomført, vil overløpet skje gjennom Bjørgensjakten og videre til Skuru.

### 3.7.5. Konsentrasjoner, virkninger

I tabell 3.7.2 finnes et sammendrag av analysedata for prøver fra Gruvebekken

Tabell 3.7.2 Sammenfatning av analysedata fra Gruvebekken, Killingdal.  
Kartref.: 32 VPQ 263 653.

		pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium mg/l
1977/78	Middel	2.65	291.0	2077	500	40.5	162.4	
	Antall	9	9	9	9	8	9	
	Std.avv.	0.10	65.8	992	142	16.5	84.9	
1986	Middel	2.59	326.0	2493	487	38.5	182.1	0.53
	Antall	11	11	11	11	11	11	11
	Std. avv.	0.05	114.8	1619	321	25.4	131.0	0.39
1987	Middel	2.58	303.8	2420	481	39.5	172.5	0.52
	Ant.	4	4	4	4	4	4	4
	Std. avv.	0.08	87.0	1110	243	19.2	81.7	0.23
1988	Middel	2.53	317.7	2278	481	40.8	178.8	0.54
	Ant.	5	5	5	6	6	6	6
	Std.avv.	0.06	59.2	890	147	18.4	72.6	0.25
1991	Middel	2.79	214	1420	148	19	106	0.430
	Ant.	4	4	4	4	4	4	1
	Std.avv.	0.05	66	796	121	9	55	
1992	Middel	2.81	195	1157	159	15	89	0.255
	Ant.	10	10	11	11	11	11	10
	Std.avv.	0.23	86	704	109	8	50	0.125
1993	Middel	2.92	146	754	115	8	55	0.141
	Ant.	8	8	8	8	8	8	8
	Std.avv.	0.25	82	637	110	6	45	0.119

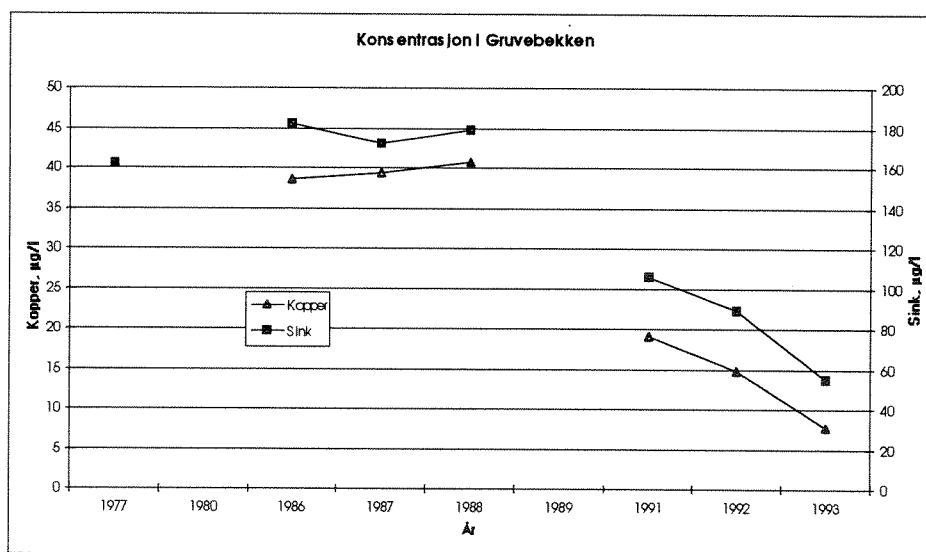
Av tabellen fremgår det at det ikke var endringer i vannkvaliteten i avrenningen fra området i årene fra 1977 til 1988. Fra tiltakene ble gjennomført i 1991 og frem til i dag har det derimot vært betydelig lavere konsentrasjoner av forurensninger i Gruvebekken, og det har vært en klar tendens til avtakende verdier. Denne endringen i avrenningen fra gruveområdet avspeiles tydelig i rapportene fra "Statlig program for forurensningsovervåking" om Gaula. Forholdene i elva ble før tiltakene ble gjennomført karakterisert slik (Traaen *et al.* 1987):

"Fra Storbekken og ned til Reitan er hovedvassdraget nærmest dødt med hensyn til algebegroing, bunndyr og fisk. Ved Ålen er begroing og bunndyr langt på vei mengdemessig restituert, men artsmangfoldet er lavt. Permanente fiskebestander opptrer først lengre ned mot Eggafossen."

En betydelig del av disse virkningene skyldtes avrenningen fra Kjøli-området, selv om også Killingdal gruve bidro med en betydelig tilførsel av tungmetaller mellom Storbekken og Reitan.

Etter at tiltakene ved Killingdal og Kjøli var gjennomført, bedret forholdene i Gaula seg raskt, og i en rapport fra 1993 (Traaen *et al.*) er forholdene beskrevet slik:

Figur 3.7.3 viser konsentrasjonen av kopper og sink fremstilt grafisk.



Figur 3.7.3 Tidsveiede årlige middelværdier for konsentrasjonen av kopper og sink i Gruvebekken fra Killingdal.

"Resultatene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av tiltakene. Det foregår en betydelig rekolonisering av flora og fauna på tidligere totalskadede lokaliteter....

...Fremdeles var imidlertid mengden og artsrikdommen av organismer lavere enn normalt i Gaulas øvre deler. Først ned ved Eggafossen synes nå flora og fauna å være nærmest fullstendig restituert.

Det ble ikke registrert fisk rett nedstrøms Storbekken og Gruvebekken (Killingdal). Det er imidlertid rapportert fangst på sportsfiskeredskap i området....

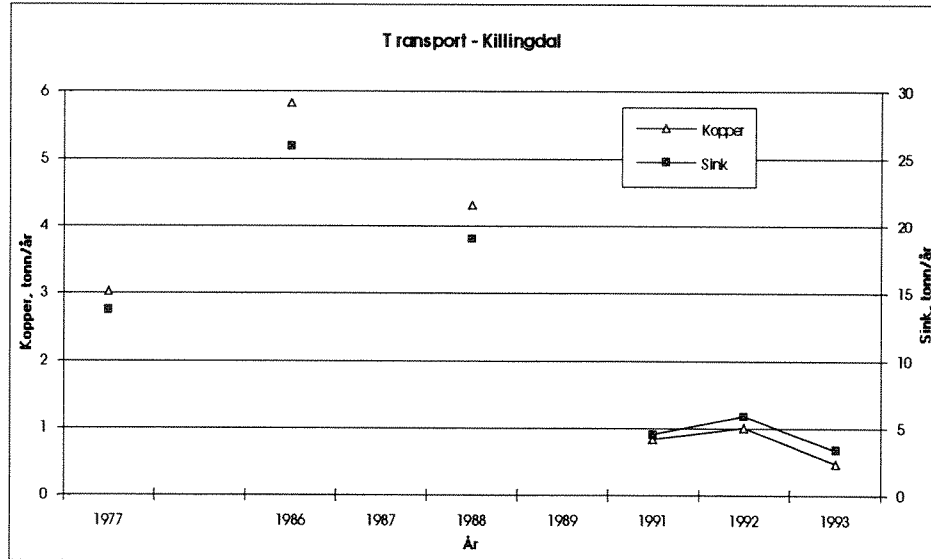
...Prøvefiske viste at det nå er ørret ved Reitan og nedover, men bestandene var fremdeles lave."

Betydningen av de to gruveområdene i forhold til hverandre er ikke vurdert i denne rapporten, men det er nevnt i rapporten fra 1993 at det er Killingdals-området som er den største kopperkilden på denne tiden. Det er imidlertid antydnet at det burde være gode muligheter for å etablere en ørretbestand på strekningen fra Sya til Gruvebekken.

### 3.7.6. Transportverdier - utviklingstrender

I tabell 3.7.3 er tidsveiede årsmiddel for forurensningstransport fra det øvre gruveområdet listet for de årene som det finnes relevante data. Tilsvarende data for kopper og sink er fremstilt grafisk i figur 3.7.4.

I og med at en betydelig andel av det forurensede vannet som tidligere rant til Gaula, nå føres inn i gruva, er det av interesse å anslå denne forurensningsmengden. NIVAs målinger har bare foregått en begrenset tidsperiode og det var i starten en del tekniske problemer. Datamaterialet er dessuten bare delvis bearbeidet. Det er likevel grunn til å regne med at forurensningsmengden som føres inn i gruva er betydelig mindre enn det som før rant til Gaula, og at den totale forurensningsproduksjonen i Kjøli-området er minst 50 % mindre i dag enn tidligere.



Figur 3.7.4 Tidsveiet årlig transport av kopper og sink i Gruvebekken fra Killingdal.



Tabell 3.7.3 Tidsveiede transportverdier for sulfat og tungmetaller. Vannføringene er tidsveiede årsmiddel.

År	Vannføring	Sulfat	Jern	Kopper	Sink	Kadmium
	l/s	tonn/år	tonn/år	tonn/år	tonn/år	kg/år
1977/78	3.7	163	59	3.0	13.8	
1980						
1986	10.5	374	81	5.8	26.0	0.073
1987						
1988	4.7	268	56	4.3	19.0	0.057
1989						
1991	2.7	67	8	0.8	4.6	
1992	6.0	75	10	1.0	5.9	0.015
1993	3.2	45	6	0.5	3.4	0.008

### 3.7.7. Konklusjoner, Killingdal

Fram til 1991 var Killingdal gruve en av de viktigste forurensningskildene i den øvre del av Gaula, og transporten av tungmetaller herfra bidro til at elven var fisketom ned til Eggafossen.

I 1991 ble det gjennomført tiltak ved at veltene ble flyttet og tildekket med morene. Dreneringen ble lagt slik at hovedmengden av forurenset vann fra velten rant inn i gruva. Pumping av gruvevannet var opphørt da gruva ble nedlagt i 1986. Disse forholdene tilsammen førte til at forurensningsmengden fra Killingdal-området ble redusert fra ca. 4 tonn kopper og 20 tonn sink til ca. 800 kg kopper og 5 tonn sink. I disse tallene inngår ikke avrenning fra Bjørgåsen, som til nå ikke er kartlagt direkte.

Gruva er under oppfylling med vann, og en gang i fremtiden vil det bli overløp med gruvevann. Dersom det ikke gjøres tiltak, vil overløpet skje gjennom Bjørgensjakten.

Den totale forurensningsproduksjonen i Killingdal-området (velter og gruvevann) er i dag betydelig mindre enn den var før tiltakene ble gjennomført i 1991.

### 3.7.8. Referanser, Killingdal

Arnesen, R. T., Grande M. og Tjomsland, T. 1979  
Vannforurensning fra gruver - Killingdal  
NIVA-rapport O-77061, L.nr.: 1107, pp. 38, Feb. 1979

Iversen, E. R. 1988  
Killingdal og Kjøli gruver, Forurensningstilførsler til Gaula  
NIVA-rapport O-87044, L.nr.: 2094, pp. 36, Feb. 1988

Traaen, T., Grande, M., Lingsten, L., Lindstrøm, E.-A., Arnekleiv, J.V. og Sæbø, H.V. 1987  
Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986  
NIVA-rapport O-8000238, L.nr.: 2024, pp. 106

Traaen, T., Grande, M., Iversen, E.R., Lindstrøm, E.-A., Arnekleiv, J.V. og Størseth, L. 1993  
Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag, Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser.  
Årsrapport for 1992, Overvåkingsrapport nr. 530/93  
NIVA-rapport O-90051, L.nr.: 2938, pp 56.

## 3.8. Kjøli gruve

### 3.8.1. Lokalisering

Kjøli gruve ligger i Holtålen kommune i Sør-Trøndelag. Gruveområdet ligger øverst i Gauldalen ca. 4 mil nord-øst for Røros ca. 1070 m.o.h. En del geografiske data som beskriver beliggenheten er samlet i tabell 3.8.1. Kartskissen i figur 3.8.2 viser gruveområdets beliggenhet.



Foto: IVE

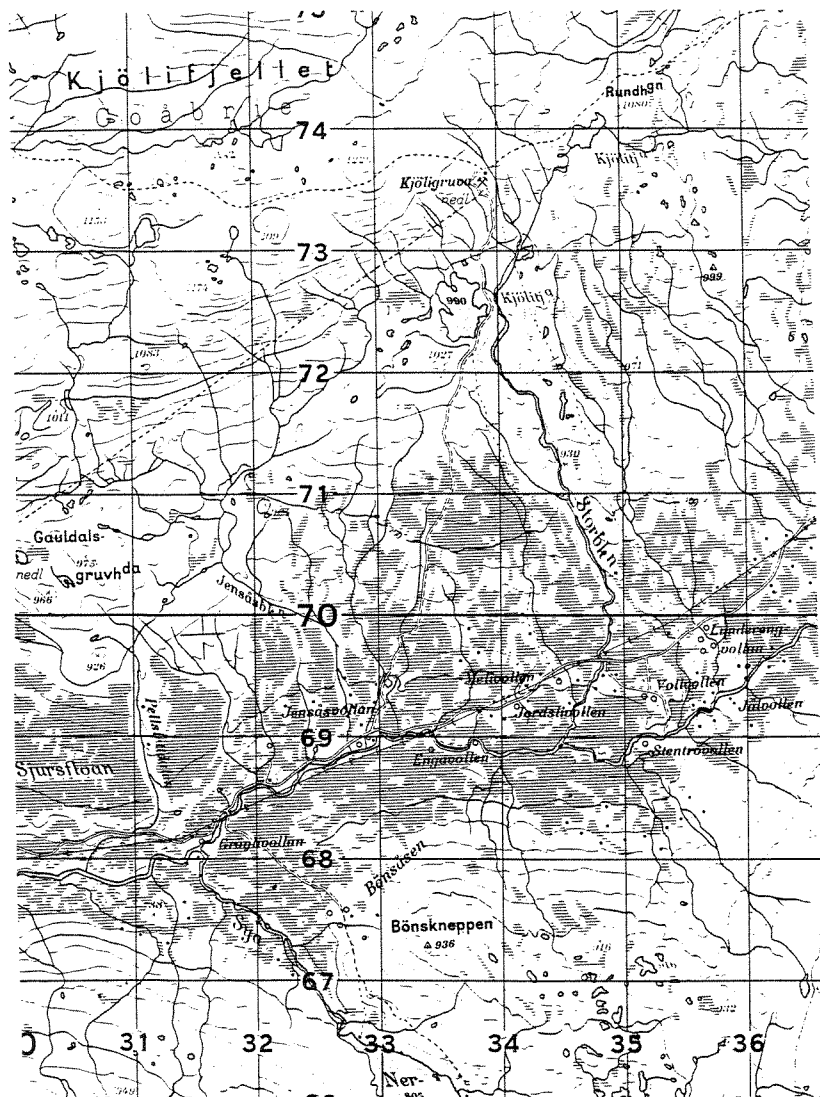
Figur 3.8.1 Kjøli gruve under arrondering av velten sommeren 1981

Tabell 3.8.1 Geografiske data som viser plassering av Kjøli gruve.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Sør-Trøndelag	Holtålen	Ålen 1720 IV	32VPQ 33 73

Gruva er drevet på kopperkis og ble først åpnet i 1766 og siste gang nedlagt i 1941. Produksjonen av kopperkis som var ganske beskjeden, foregikk i årene 1766 - 98 og 1857 - 68. I den første tiden var det kamp om rettighetene mellom Selbu og Røros kobberverk, hvor den siste sto for driften de første 2 - 3 årene. Et års tid ble forekomsten til og med drevet på to steder, der de to konkurrentene drev hver sin del. Fra 1772 til 1798 drev Selbu kobberverk gruva. Da driften til slutt ble nedlagt, var tilgangen på kopperkis blitt for liten i forhold til omkostningene ved berg- og vannfordring. I perioden 1766 - 1798 ble det produsert vel 13500 tonn kopper. Avfallsmengdene som samtidig ble lagt opp rundt gruva er det ikke gjort like godt rede for i gamle kildeskrifter.

I perioden fra 1857 til 1868 ble det produsert kopper på Kjøli gruve. Malmen ble kjernerøstet og kopperet ble lutet ut med vanddamp i lukkede kar. Kopperet ble så felt ut ved sementering på jernskrap, mens det ble produsert rødfarge av jernslammet.



Figur 3.8.2 Kartskisse over området rundt Kjøli gruve.

Den største aktiviteten foregikk i 1886 - 1930 mens gruva ble drevet på svovelkis. Oppredning av malmen foregikk ved håndskaiding. I denne driftsperioden var det store skiftninger i driftens omfang. Til tider var det full stans, mens det f.eks. like etter århundreskiftet arbeidet ca. 300 mann ved gruva. Fram mot den siste nedleggelsen i 1941 var virksomheten meget liten.

NIVAs første undersøkelser i Kjøli-området ble gjennomført i 1977-78 (Arnesen *et al.* 1979). Hensikten med undersøkelsen var å påvise forurensningskildene i området og å kvantifisere metalltransporten fra området. Allerede i 1981 ble det gjort tiltak for å redusere forurensningstransporten fra området. For å overvåke effektene av disse tiltakene gjennomførte NIVA fra 1981 til årsskiftet 1992/93 et enkelt kontrollprogram.

### 3.8.2. Forurensningskilder

Den største kilden til forurensning i Kjøli-området var veltene som har et anslått volum på 80 000 m<sup>3</sup>. I hovedsak er disse lagt opp i perioden mens gruva ble drevet på svovelkis (1886 - 1930). Fordi malmen ble sortert ved håndskaiding, er veltene relativt rike på kisminerale.

Ved siden av avrenningen fra veltene er også gruvevannet surt og tungmetallholdig. Tidligere ble

gruven drenert gjennom en vannstoll. Dette er nærmere omtalt i kapittel 3.8.4 som omtaler tiltakene som er gjennomført.

### 3.8.3. Resipientforhold

Primærresipienten for avrenningen fra Kjøli gruve er Storbekken som renner mot sør og møter Gaula omtrent 15 km øst for Reitan. Gaula renner her relativt langsomt i en åpen fjelldal med flere hytter og setre, men uten helårsbosetning. De siste kilometrene ned til Reitan og Ålen renner elva bratt gjennom en forholdsvis trang og mer utilgjengelig dal.

Ved siden av avrenningen fra Kjøli gruve er Gaula belastet med gruveforurensning fra Killingdal gruve, gjennom Gruvebekken og den noe større sideelva Skuru. Dette er nærmere omtalt i kap.3.7.3.

Gaula er en av landets viktigste lakseelver, men på grunn av fallforholdene kan laksen foreløpig ikke passere Eggjafossen, og vassdraget ovenfor utnyttes i dag ikke for gyting og oppvekst av laks.

### 3.8.4. Gjennomførte tiltak

De første tiltakene mot forurensningene fra Kjøli gruve ble gjennomført i 1981. Velten ble da arrondert, samtidig som ca. 100 tonn hydratkalk ble fordelt inne i og på overflaten av velten. 100 tonn kalk var det beregnede behov for nøytralisering av avrenningen i ett år. Disse tiltakene er nærmere beskrevet i en NIVA-rapport (Iversen 1986).

Tiltaket ble ikke fulgt opp ytterligere, og etter noen år økte forurensningen markert. I 1989 ble det derfor gjennomført nye tiltak ved Kjøli. Velten ble da tildekket med en plastmembran som igjen ble dekket med morene. Drenering av overflatevann bort fra gruveområdet ble også forbedret slik at avrenningen av forurenset vann ble mindre. Samtidig ble vannstollen støpt igjen, slik at vannstanden ble hevet ca. 17 m i gruva. Dette førte til at det ikke var utløp av gruvevann i en stor del av 1989, men allerede i 1990 var det igjen overløp i gruva.

### 3.8.5. Konsentrasjoner, virkninger

I tabell 3.8.2 er et sammendrag av analysedata som foreligger for samlet avrenning fra Kjøli gruve i årene 1977 - 1992 samlet. På Figur 3.8.3 er tilsvarende data for kopper og sink framstilt grafisk. Av tabellen og figuren framgår det at konsentrasjonen av forurensninger i avrenningen steg jevnt fra 1981 til 1985 da den var opptil 5 ganger så høy som i 1977/78. Siden avtok konsentrasjonen noe, og stabiliserte seg på et nivå omtrent 3 ganger det man hadde i 1977/78. Først etter tiltakene i 1989 avtok konsentrasjonene igjen, slik at de nå er lavere enn det man hadde før arronderingen i 1981.

En NIVA rapport om Gaula (Traaen *et al.* 1987) har følgende karakteristikkk av forholdene i elva før de siste tiltakene ble gjennomført:

"Fra Storbekken og ned til Reitan er hovedvassdraget nærmest dødt med hensyn til algebegroing, bunndyr og fisk. Ved Ålen er begroing og bunndyr langt på vei mengdemessig restituert, men artsmangfoldet er lavt. Permanente fiskebestander opptrer først lengre ned mot Eggjafossen."

En betydelig del av disse virkningene skyldtes avrenningen fra Kjøli-området, selv om også Killingdal gruve(kap. 3.7) bidro med en betydelig tilførsel av tungmetaller mellom Storbekken og Reitan.

Etter at tiltakene var gjennomført, bedret forholdene i Gaula seg raskt, og i en rapport fra 1993

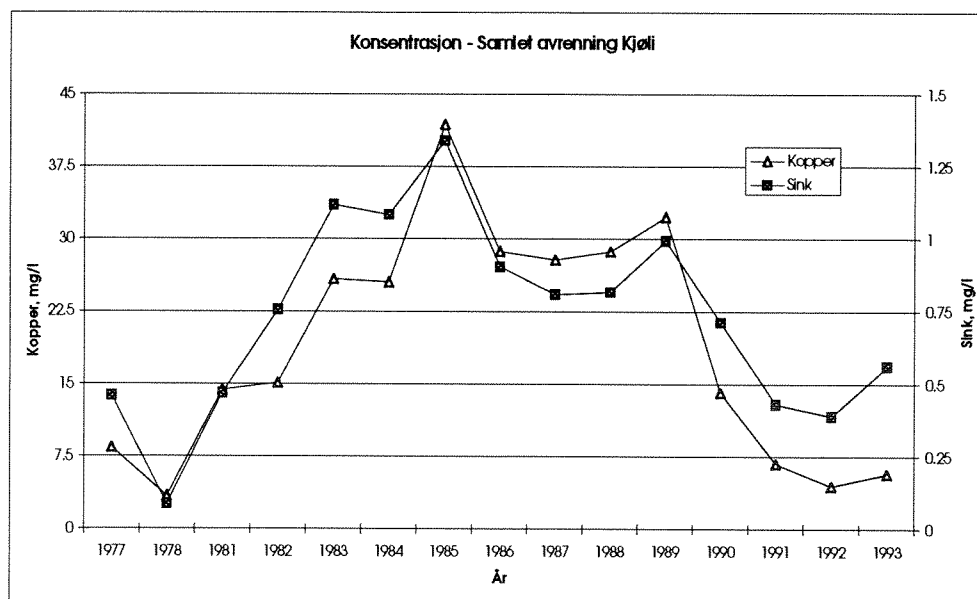
(Traaen *et al.*) er forholdene beskrevet slik:

"Resultatene viser at forholdene i Gaula er betydelig forbedret som følge av tiltakene. Det foregår en betydelig rekolonisering av flora og fauna på tidligere totalskadde lokaliteter....

...Fremdeles var imidlertid mengden og artsrikdommen av organismer lavere enn normalt i Gaulas øvre deler. Først ned ved Eggafossen synes nå flora og fauna å være nærmest fullstendig restituert.

Det ble ikke registrert fisk rett nedstrøms Storbekken og Gruvebekken (Killingdal). Det er imidlertid rapportert fangst på sportsfiskeredskap i området....

...Prøvefiske viste at det nå er ørret ved Reitan og nedover, men bestandene var fremdeles lave."



Figur 3.8.3 Tidsveiede årsmiddel for kopper og sink i samlet avrenning fra Kjøli gruve.

Til tross for økningen i forurensningsbelastningen fra gruveområdet i årene 1982 - 1989 og den meget høye transporten av kopper som ble registrert i 1985, var virkningene i Gaula forholdsvis lite merkbare. Dette skyldtes først og fremst at forholdene allerede var så dårlige at den flora og fauna som eventuelt fantes i den øvre del av vassdraget, var fattig og robust slik at påvirkningen ga lite synlige effekter. En ganske annen virkning kunne en slik økning av metallbelastningen ha gitt dersom elven hadde vært fiskeførende med et noenlunde normalt organismsamfunn på den aktuelle strekningen.



### 3.8.6. Transportverdier - utviklingstrender

Tiltakene som til ulike tider er satt inn mot forurensningene fra Kjøli har hatt avgjørende virkning på transport av sulfat og tungmetaller fra området. I tabell 3.8.3 og Figur 3.8.4 er utviklingen i forurensningstransport vist. Enkelte trekk er meget framtrepende og sammenhengen mellom det som er gjennomført i området og effekten på avrenningen er klar.

Som nevnt i kapittel 3.8.5 har det vært store forandringer i vannkvaliteten for den samlede avrenningen fra gruveområdet. Vannmengden som drenerer det forurensede området er også redusert og begge deler fører til redusert transport av tungmetaller fra området.

På samme måte som for konsentrasjonen økte også transport av kopper og sink sterkt etter arronderingen i 1981, og i 1985 var transporten nesten 10 ganger det den var i 1977/78. For transportverdiene var reduksjonen 1985 til 1986 mer markert enn for konsentrasjonen. Verdiene for kopper og sink stabiliserte seg imidlertid på et relativt høyt nivå, og først etter tiltakene i 1989 ble det en markert nedgang i transporten. I 1992 var denne transporten for kopper og sink nede i omtrent halvparten av hva den var før 1981.

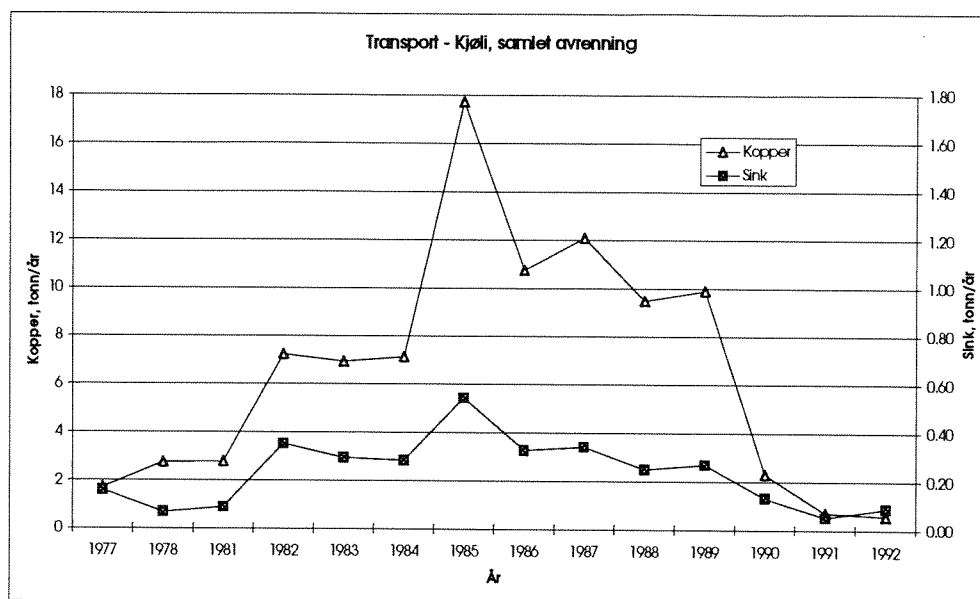
Tabell 3.8.3 Tidsveiet årsmiddel for transport av sulfat og tungmetaller i samlet avrenning fra Kjøli gruve.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
1977	123	22.2	1.7	0.16
1978	109	30.8	2.7	0.07
1981	164	27.0	2.8	0.09
1982	427	80.6	7.2	0.35
1983	526	79.1	6.9	0.30
1984	437	67.3	7.1	0.28
1985	905	177.1	17.7	0.54
1986	611	106.9	10.8	0.33
1987	683	117.2	12.1	0.34
1988	537	93.1	9.5	0.25
1989	522	88.6	9.9	0.27
1990	173	18.3	2.3	0.13
1991	77	4.6	0.7	0.05
1992	69	5.4	0.6	0.09

### 3.8.7. Konklusjon, Kjøli

Tiltakene ved Kjøli gruve foregikk i to trinn. Først ble veltene arrondert og samtidig behandlet med hydratkalk. Den sterke økningen i avrenningen fra området viser at dette alene ikke er noe egnet tiltak for å redusere forurensningstransporten fra et gruveområde. Først etter at veltene var dekket med en lufttett membran skjedde en vesentlig reduksjon i forurensningstransporten.

Koppertransporten fra Kjøli er i dag ca. 100 kg/år og sinktransporten knapt 100 kg/år. Dette er for kopper omtrent halvparten av hva den var før 1981 og for sink forholdsvis litt høyere. I forhold til transporten i 1985 er den i dag redusert med mer enn 95 % for kopper og ca 80% for sink.



Figur 3.8.4 Tidsveiet årlig transport av kopper og sink fra Kjøli-området.

### 3.8.8. Referanser, Kjøli

Arnesen, R. T., Grande, M. og Tjomsland, T., 1979  
Vannforurensning fra gruver. Røstvangen og Kjøli.  
NIVA-rapport O-77061, L. nr. 1109, pp. 49, April 1979

Iversen, E. R. 1982  
Arrondering og kalking av velter ved Kjøli gruve, Rapport fra feltarbeidet i 1981  
NIVA-notat O-81071, pp. 9, April 1982

Iversen, E. R. 1984  
Arrondering og kalking av velter ved Kjøli gruve, Rapport fra feltundersøkelser  
i 1982 og 1983  
NIVA-notat O-81071, pp. 9, Feb. 1984

Iversen, E. R. 1988  
Killingdal og Kjøli gruver, Forurensningstilførsler til Gaula  
NIVA-rapport O-87044, L.nr.: 2094, pp. 36, Feb. 1988

Iversen, E. R. 1992  
Måling av avrenning fra Kjøli gruve, Resultater 1991  
NIVA-notat O-81071, pp. 6, Mai 1992

Traaen, T., Grande, M., Lingsten, L., Lindstrøm, E.-A., Arnekleiv, J.V. og Sæbø, H.V. 1987  
Tiltaksorientert overvåking i Gaula, Sør-Trøndelag, 1986  
NIVA-rapport O-8000238, L.nr.: 2024, pp. 106

Traaen, T., Grande, M., Iversen, E.R., Lindstrøm, E.-A., Arnekleiv, J.V. og Størseth, L. 1993  
Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag, Vannkjemiske og hydrobiologiske undersøkelser.  
Årsrapport for 1992, Overvåkingsrapport nr. 530/93  
NIVA-rapport O-90051, L.nr.: 2938, pp 56.



## 3.9. Kvikne Kobberverk, Kvikne

### 3.9.1 Lokalisering

Det gamle Kvikne Kobberverk ble etablert i nær Yset i Kvikne i 1632, nå i Tynset kommune i Hedmark fylke (Helland 1902). Figur 1 viser gruveområdets plassering i forhold til vassdraget det drenerer til. Lokalt går avrenningen til Storbekken, som er et tilløp til Ya, en sideelv til Orkla. I tabell 3.9.1 er det samlet en del informasjon om områdets geografiske plassering. Figur 3.9.2 viser et kart over gruveområdet med velter og prøvetakingsstasjoner inntegnet.



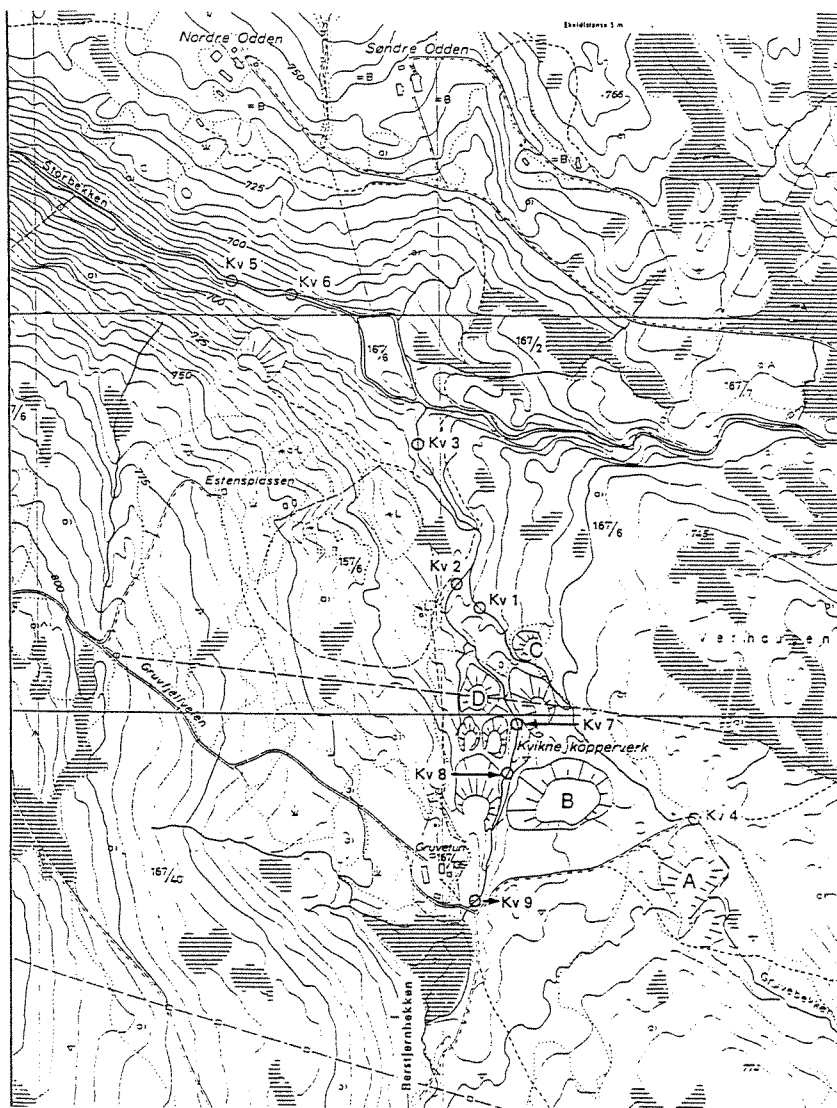
Figur 3.9.1 Kvikne Kobberverk, veltene sett mot Storbekken

Foto: ARN

Tabell 3.9.1 Geografiske data om beliggenheten av Kvikne Kobberverk. Karthenvisningen gjelder Serie M711.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Hedmark	Tynset	1620 ICI	32V NQ 7336

Gruva ble med enkelte avbrudd drevet frem til 1789 da driften ble oppgitt fordi den ble fylt med vann under en flom. I 1868 ble det på ny forsøkt med drift som kun varte i 2 år. I 1912 var det ny start, men det kom lite ut av disse siste forsøkene på virksomhet. En stor del av veltene ved Kvikne Kobberverk er lagt opp i den første driftstiden, og materialet har derfor ligget lenge og er etter utseendet å dømme sterkt forvitret. Den driften som ble startet omkring begynnelsen av dette århundret foregikk et stykke nedenfor de gamle gruvene. Veltene ved Kvikne Kobberverk er derfor et eksempel på hvordan forholdene blir, lang tid etter at gravedriften er stanset.



Figur 3.9.2 Kart over gruveområdet ved Kvikne Kobberverk.

### 3.9.2. Forurensningskilder

Det finnes både velter og gruverom med gjennomstrømning av vann i området. Det er vanskelig å foreta undersøkelser som skiller mellom forurensningstransport fra de ulike kildene. I årene 1980 - 81 foretok NIVA en enkel undersøkelse i området der det ble opprettet flere målepunkter for vannkvalitet og vannføring (Iversen 1982). Prøvestedene som ble brukt ved denne undersøkelsen er vist i Figur 3.9.2. De kjemiske analysene ble utført av NIVA. I 1990 ble det gjort en ny bearbeiding av datamaterialet fra 1980/81. I tillegg ble det tatt en del enkeltprøver fra bekkene i området. Prøver av materialet i veltene ble også analysert (Arnesen og Iversen 1991). Disse tidligere arbeidene har konkludert med at hovedkilden for forurensningene er veltene i området. Spesielt har veltene lengst i sørøst stor betydning.

### 3.9.3. Resipientforhold

Forurensningene fra gruvene fanges opp av to bekker som renner gjennom området, Gruvebekken og Berstjernbekken. Disse renner sammen før de renner ut i Storbekken som fanger opp all forurensning fra området. Det er tatt vannprøver fra en rekke punkter i vassdraget, men bare på en stasjon i Gruvebekken (Kv 1) og en i Berstjernbekken (Kv 2) er vannføring og vannkvalitet registrert over tid.

Storbekken renner igjen inn i Ya ca. 2 km nedenfor gruveområdet og Ya løper sammen med Orkla ved Yset. Ved reguleringen av Orkla-vassdraget i 1984 ble en del av vannføringen i Ya overført til Falningsjøen og vannføringen i elva ble redusert. (Grande og Romstad 1990).

Det har gjennom mange år foregått undersøkelser i Orkla, bl.a. innen Statlig program for forurensningsovervåkning. I NIVAs rapport for 1993 (Grande og Romstad 1994) finnes en lang rekke referanser til disse tidligere undersøkelsene.

### 3.9.4. Gjennomførte tiltak

Det synes ikke som det er gjort noen form for tiltak for å redusere forurensningene fra Kvikne Kobberverk gjennom tidene. Reguleringene i Orklas nedbørfelt har imidlertid bidratt til å forsterke virkningen av forurensningene fra gruveområdet. Etter at reguleringen ble gjennomført i august 1984, har tungmetallkonsentrasjonene i Ya økt sterkt.

### 3.9.5. Konsentrasjoner, virkninger

Måling av avrenningen fra gruveområdet ved Kvikne har bare foregått i en periode, fra september 1980 - oktober 1981. I 1990 ble det gjort en enkel prøvetaking i de to bekkene som passerer området. Ved denne anledning ble det ikke målt vannføringer, slik at prøvens representativitet og transportverdier ikke kunne vurderes.

I tabell 3.9.2 er middelveier og standard avvik for konsentrasjoner i de to bekkene listet sammen med resultatene av prøvene fra 1990. Dersom konsentrasjonsverdiene antas å være normalfordelte, er det ikke statistisk grunnlag for å si at det har vært endringer i vannets sammensetning i løpet av de 9 - 10 årene som er gått siden den større undersøkelsen. Antall målinger i 1990 er imidlertid for liten til at denne konklusjonen er særlig pålitelig.

Avrenningen fra gruveområdet blir fortynnet så meget at det ikke har direkte konsekvenser for Orkla. I Ya gir imidlertid avrenningen fra gruveområdet tydelig påvirkning med kopperkonsentrasjoner høyere enn de man vanligvis finner som bakgrunnsverdi i norske vassdrag.

### 3.9.6. Transportverdier - utviklingstrender

I tabell 3.9.3 er tidsveiede verdier for årsmiddel av metalltransporten fra Kvikne Kobberverk angitt. Tallene er basert på resultatene av NIVAs undersøkelser i 1980/81. At tallene ikke er helt i overensstemmelse med verdiene i den opprinnelige rapporten skyldes at verdiene der er beregnet som vanlige middeltall, mens alle transportverdier i den foreliggende rapport er beregnet som tidsveiede årsmiddel. Forskjellene er ikke store, og ligger antakelig godt under den usikkerheten som forøvrig finnes i slike beregninger.

Tabell 3.9.2 Analyser av vannprøver fra Kvikne Kobberverk.

Middelverdier og standard avvik for prøver fra Grubebekken og Berstjernbekken i perioden 1980 - 81, sammenliknet med enkeltprøver fra 1990.

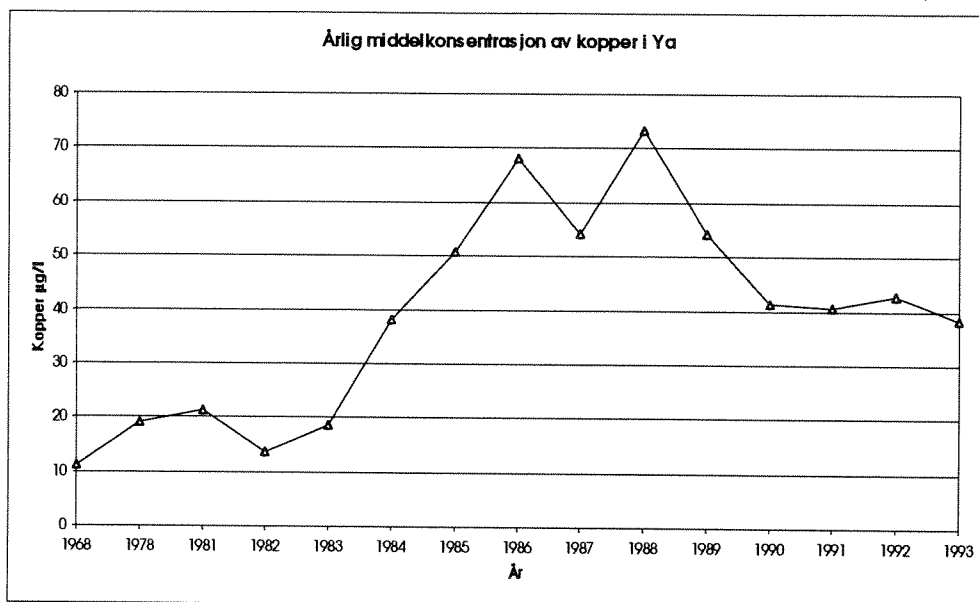
	Dato enkeltpr.	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l
Berstjernbekken nedenfor velter (Kv 1)							
Kartref.: 32 V NQ 734364							
Middelverdi		4.11	17.09	62.17	2.94	1.06	0.24
Standard avvik		0.48	8.70	35.49	1.08	0.59	0.10
	03.10.90	4.42	10.6	-	2.7	0.72	0.16
Grubebekken nedenfor velter (Kv 2)							
Kartref.: 32 V NQ 735365							
Middelverdi		3.53	26.85	85.54	8.09	1.74	0.24
Standard avvik		0.25	9.24	37.85	2.81	0.74	0.10
	03.10.90	3.80	17.30	-	7.75	1.16	0.14
Grubebekken etter samløp med Berstjernbekken (Kv 3)							
Kartref.: 32 V NQ 734369							
Middelverdi		3.69	23.50	77.26	5.12	1.50	0.26
Standard avvik		0.24	9.10	33.78	2.08	0.58	0.08

Undersøkelsene i 1990 ga ikke grunn til å endre verdiene for tungmetalltransporten fra området. Den må fortsatt antas å være omtrent som i 1980/81, ca. 1 tonn kopper og 0,2 tonn sink pr. år.

Tabell 3.9.3 Tidsveiede årsmiddel for transport av sulfat og metaller fra Kvikne Kobberverk.

Vannforekomst	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Grubebekken	25.4	2.52	0.514	0.066
Berstjernbekken	18.8	0.89	0.327	0.079
Sum	44.2	3.41	0.841	0.445
Grubebekken saml.	56.8	3.8	1.1	0.191

I figur 3.9.2 er tidsveiede årsmiddel for kopperkonsentrasjonen i Ya ved Yset fremstilt grafisk for de år det finnes data. Figuren viser klart at konsentrasjonen steg brått i 1984, hadde et maksimum i årene -86 - 88, hvoretter den stabiliserte seg på mellom 40 og 50 µg Cu/l fra 1990 og utover. Selv om figur 3.9.2 ikke viser transportverdier, gir den god grunn til å anta at det ikke har vært vesentlige endringer i avrenningen fra gruveområdet i de aktuelle årene. De høye konsentrasjonene i årene 1986 - 89 kan skyldes spesielle forhold f.eks. i vannføringsmønsteret.



Figur 3.9.2 Årlig middelkonsentrasjon av kopper i Ya ved Yset.

### 3.9.7. Konklusjoner Kvikne Kobberverk

Det samlede datamaterialet fra undersøkelsene ved Kvikne Kobberverk viser:

1. Forurensningstransporten fra Kvikne Kobberverk har vært omtrent uforandret de siste 10 - 15 år, ca. 1 tonn kopper og 0.2 tonn sink pr. år. Som i alle slike områder varierer imidlertid disse tallene med nedbørmengder og avrenningsforhold fra år til år.
2. Storbekken og Ya er tydelig påvirket av kopperet som kommer fra gruveområdet. Etter reduksjonen av vannføringen i Ya ved reguleringen i 1984 ble denne påvirkningen så sterk at fisken forsvant på strekningen fra Storbekken til samløpet med Orkla.
3. Hovedkilden for forurensning fra gruveområdet er veltene. Undersøkelsene i 1990 tyder på at tungmetallinnholdet i veltene er tilstrekkelig til at forurensningstransporten fra området kan vedvare i flere hundre år på det nåværende nivå.

### 3.9.8. Referanser, Kvikne

Iversen, E. 1982

Vannforurensning fra nedlagte gruver i Orklas nedbørfelt,  
 Dragset Verk - Undal Verk - Kvikne Kobberverk  
 NIVA-rapport O-80071, L.nr.: 1369, pp. 47, Mai 1982

Arnesen, R.T. og Iversen, E. R. 1991

Vannforurensning fra kisgruver - Kvikne Kobberverk, Arbeidet i 1990  
 NIVA-rapport O-90191, L.nr.: 2619, 20 p.

Grande, M. og Romstad, R. 1990  
Tiltaksorientert overvåking av Orkla 1989.  
Statlig program for forurensningsovervåking.  
SFT, Rapport nr. 289/87, 66 s.

Grande, M. og Romstad, R. 1994  
Tiltaksorientert overvåking av Orkla 1993.  
Statlig program for forurensningsovervåking.  
SFT, Rapport 579/94. 53 s.

## 3.10. Løkken Gruber

### 3.10.1. Lokalisering

Løkken Gruber ligger i en sidedal til Orkdalen i Meldal kommune i Sør-Trøndelag, og hele området drenerer til Orkla. I tabell 3.10.1 er det samlet en del informasjon om området geografiske plassering, og i figur 3.10.3 finnes en kartskisse over området.



Foto: ARN

Figur 3.10.1 Løkken Gruber, oppredningsverk og velter sett fra dalen. I forgrunnen ligger den gamle slamdammen.



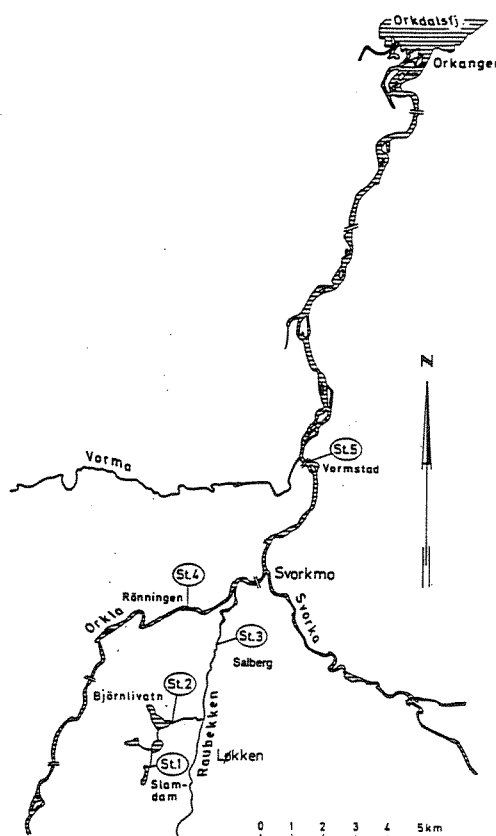
Foto: ARN

Figur 3.10.2 Løkken Gruber, området ved Wallenberg sjakt med Fagerlivatnet midt i bildet

Tabell 3.10.1 Geografiske data om beliggenhet av Løkken Gruber.  
Karthenvisningene gjelder Serie M711.

Fylke	Kommune	Kartblad	Ruter
Sør-Trøndelag	Meldal	Løkken, 1521 III	32V NQ 3399, 3499, 3599

Gruvedriften i Løkken startet i 1654, og frem til 1844 foregikk den på kopper, med røsting og smelting av koppermalm. I 1851 ble driften omlagt til kisdrift der kisen som ble eksportert, først og fremst var råstoff for svovelsyreproduksjon. I 1909 skjedde igjen en ny stor omlegging, der ny teknologi og nye prosesser medførte en betydelig økning av produksjonen. I perioden 1909-74 ble forskjellige oppredningsteknikker og videreforedlingsprosesser benyttet. Bl.a. ble det fra 1931 til 1962 produsert elementært svovel og koppermatte etter "Orkla-prosessen" av kopperholdig kis. Denne virksomheten foregikk i smelteverket i Thamshavn. Fra 1974 og frem til nedleggelsen i 1987 ble råmalmen oppredet ved selektiv flotasjon av kopper- og sinkkonsentrat, mens den svovelsulfidholdige avgangen ble deponert i dammen i Bjørndalen. Årlig ble det i denne tiden deponert ca. 250 000 tonn, til sammen 3,25 mill. tonn avgang med en midlere sammensetning på 36.3% S, 0,24 % Cu og 0,32 % Zn.



Figur 3.10.3 Kartskisse over Løkken-området med resipientssystem.

Malmforekomsten på Løkken var opprinnelig på omtrent 30 millioner tonn, og var den største sink-kopper-sulfidmalmen som er funnet i Norge til nå. Den hadde et "utgående", den kommer opp til overflaten, i dalsiden vest for Løkken sentrum. Slik var det mulig å oppdage malmen så tidlig som i 1654, uten hjelp av moderne malmetingsverktøy.



Malmen består hovedsakelig av svovelkis. Andre viktige sulfidmineraler er kopperkis og sinkblende. Metallinnholdet varierte mye i malmen, og spesielt kunne forholdet mellom kopper og sink variere. Det var lavt innhold av sink i kopperrik malm og omvendt. Det var aldri høyt innhold av begge metallene samtidig. I tabell 3.10.2 er det viste en gjennomsnittsanalyse av massiv Løkkenmalm.

Tabell 3.10.2 Gjennomsnittsanalyse av massiv Løkkenmalm.

Komponent	Enhet	Innhold	Komponent	Enhet	Innhold
Svovel	% S	41.4	Jern	% Fe	37.5
Kopper	% Cu	2.2	Sink	% Zn	1.9
Selen	% Se	0.005	Nikkel	% Ni	0.008
Sølv	g/tonn Ag	16	Gull	g/tonn Au	0.2
Silisium	% SiO <sub>2</sub>	13.7	Kobolt	% Co	0.07
Mangan	% Mn	0.07	Arsen	% As	0.004
Bly	% Pb	0.02	Kadmium	% Cd	0.001

Gruva har flere åpninger i øst i dalsiden mot Løkken. Midt i gruveområdet ligger Wallenberg sjakt som er en loddsjakt som går ned til ca. 450 m.

Mot vest fortsatte gruva i dypet, og i 1972 ble Astrup sjakt, som går ned til ca. 1000 m, åpnet. Da malmreservene etter hvert tok slutt i Wallenberg gruve, ble denne delen av gruva skilt fra virksomheten i Astrup med betongpropper. All virksomhet i Wallenberg ble lagt ned, gruva ble forlatt og pumping av vann sluttet 10. oktober 1983.

I tidens løp har det på grunn av brytningsteknikken gått flere ras i Wallenberg gruve. Gruverommene er derved fylt med store mengder gråberg, noe som antakelig har stor betydning for gruvevannets kvalitet i dag.

Siden 1974 har NIVA gjennomført en overvåking av avrenningen fra Løkken-området og virkningen på Orkla. I tilknytning til dette arbeidet er det gjennomført flere spesialutredninger. Arbeidet er samlet i et stort antall enkeltrapper (Kap.3.10.8). Fordi gruvevannet tidligere ble ført til Orkanger med utslipp i Orkdalsfjorden, inngikk analyse av dette vannet ikke i undersøkelsesprogrammet.

### 3.10.2. Forurensningskilder

Forurensningssituasjonen i Løkken har gjennom tidene vært meget komplisert, med flere ulike kilder til forurensning og til tider meget høye utslipp av tungmetaller. Avløpet fra Løkken omfatter gruvevann, sigevann fra velter og i perioder, avløp fra oppredningsverk samt avrenning fra avgangsdeponier. En NIVA-rapport fra 1990 (Øren *et al.* 1990) gir en detaljert oversikt over forurensningskilder i området og diskuterer deres innbyrdes betydning. Den nevnte rapporten tar også opp noen aktuelle tiltak for å redusere avrenningen fra området.

I 1992 ble det gjennomført tiltak i Løkken som førte til endringer i avrenningsforholdene fra området. Dette er nærmere omtalt i kap. 3.10.4.

### 3.10.2.1. Gruvevannet

Utviklingen i gruvevannets kvalitet er nærmere omtalt i en NIVA-rapport fra 1994 (Arnesen *et al.*) Frem til 1952 ble gruvevannet i Løkken ledet direkte til Raubekken. Dette gruvevannet ble etter hvert meget surt og tungmetallholdig, og mengden økte gradvis inntil den i perioden 1965 - 1984 var opp mot 600. 000 m<sup>3</sup> årlig.

I begynnelsen av 50-årene ble utslipp av tungmetaller fra Løkken så stort at det ble en fare for laksefisket i Orkla. I 1952 ble det derfor bygget en rørledning til Thamshavn for transport av gruvevannet. Frem til 1962 ble dette vannet rensset ved at kopper ble felt ut, før utslipp i fjorden. Fra 1962 til oktober 1983 gikk vannet urensset ut i fjorden. I perioden fra oktober 1983 til mai 1992 var det ikke utslipp av gruvevann fra Wallenberg gruve. Etter at utpumping av gruvevann startet, er dette igjen blitt en forurensningskilde.

Den største andelen av gruvevann kom fra Wallenberg gruve. I Astrup gruve var gruvevannsmengden 5 - 10 % av den i Wallenberg. Fra oktober 1983 til august 1987 ble dette vannet pumpet til Wallenberg gruve. Senere har det ikke vært pumping av gruvevann fra Astrup gruve, slik at det har foregått en vannfylling også her.

### 3.10.2.2. Avgangsdammer

Da man startet med selektiv flotasjon i Løkken i 1974, ble det samtidig bygget en dam for deponering av avgang i Bjønndalen. (Fig. 7.2.1). Denne dammen ble helt fra starten bygget tett, med sikte på å skape et vannspeil over avgangen. Dette ble stort sett gjennomført under hele driftsperioden, og avgangsdeponiet i Løkken er det eneste i Norge, kanskje i verden, der det er deponert avgang med høyt innhold av svovel (36 %) under vann, uten at annen gruveforurensning påvirker deponiet. I dammen, som har et areal på 0,043 km<sup>2</sup>, ble det i denne tiden årlig deponert ca. 250 000 tonn, til sammen 3,25 mill. tonn avgang med en midlere sammensetning på 36,3% S, 0,24 % Cu og 0,32 % Zn.

Deponeringen opphørte da driften ble nedlagt i 1987. Tilrenningen av vann til dammen ble da bare naturlig tilsig fra et praktisk talt upåvirket nedbørfelt.

På østsiden av Raubekken i Løkken ligger en liten avgangsdam hvor finstoffet fra tidligere drift i Løkken ble deponert. Det er ikke gjort nærmere undersøkelser av dette deponiet, men den forurensningsmessige betydningen er relativt beskjedent.

### 3.10.2.3. Avrenning fra velter

Gruveavfallet (gråbergveltene) i Løkken er spredt over et stort areal. De største tonnasje finnes i dalsiden mot Løkken, men det ligger også store mengder rundt Fagerlivatnet i Wallenbergområdet. En god del sulfidholdig avfall er også brukt som fyllmateriale på byggeplasser, i veier o.l. i hele området, noe som vises tydelig ved forurenset avrenning fra mindre områder.

I NIVAs undersøkelser fra 1989 er veltene i dalsiden mot Løkken vurdert som de viktigste forurensningskildene i området. For kopper utgjorde de nærmere 90 % av total avrenning. På denne tiden foregikk ikke utslipp av gruvevann.

## 3.10.3. Resipientforhold

Hovedresipient for Løkken-området er Orkla, som tilføres avrenningen fra Løkken-området gjennom Raubekken. Etter reguleringen av Orkla i årene 1981 - 85 blandes Raubekken nå inn i

hovedstrømmen av vann som går til Svorkmo kraftverk med avløp til Orkla. Vassdraget har et nedbørfelt på mer enn 2700 km<sup>2</sup> og en normal vannføring på ca. 50 m<sup>3</sup>/s. Svorkmo kraftverk ble satt i drift i 1983, og samme år ble Raubekken ført inn på inntakstunnelen. Årlig vannføring i Raubekken varierer betydelig, men ligger antakelig noe under 1000 l/s i middel.

Lokalt i Løkken foregår avrenningen i to retninger. Fra veltene i dalsiden renner vannet dels i et dreneringssystem og dels som grunnvann til Raubekken. Fra Wallenbergområdet skjer avrenningen primært til Fagerlivatn som har overløp til Bjørnlivann. Bekken herfra renner igjen til Raubekken. Gruvevannet pumpes i dag til Fagerlivatnet. Når det er overløp fra avgangsdeponiet i Bjønndalen, renner dette vannet til Fagerliområdet.

#### 3.10.4. Gjennomførte tiltak

Allerede fra midten av 1970-tallet ble det gjennomført tiltak mot forurensning i Løkken. Det ble foretatt bortledning av uforurenset vann fra forurensete masser. Veltene ble tildekket med morene eller myrjord, og til dels tilsådd med gress. En del vegetasjon etablerte seg også naturlig på veltene. I Fagerliområdet ble det etter hvert også gjort tildekking og enkelte omlegginger som skulle redusere forurensningene. Vannspeilet i Fagerlivatn ble stabilisert, og i de senere år hevet noe for å bringe mere masser under vann.

Avgangsdeponiet i Bjønndalen kan også sees som et tiltak mot vannforurensning. Dammene rundt deponiet ble bygget tette og med dimensjoner som skal gjøre dem holdbare på lang sikt.

De mest omfattende og målrettede tiltakene ble gjennomført etter at driften var nedlagt, da tiltaksplanen for Løkken-området (Løkken Gruber A/S & Co 1991) ble gjennomført i 1992. Den innebar at en betydelig andel av avrenningen fra veltene ble samlet opp i dype drengrofter mellom Raubekken og veltene. Det oppsamlede vannet ble pumpet inn i Gammelgruva, samtidig som drengvann fra veltene høyere oppe ble ført til samme området i gruva. Gruvevannet ble pumpet ut fra Wallenberg sjakt. Pumping av vann fra gruva startet i april 1992, mens overføring av vann fra veltene til Gammelgruva skjedde mer gradvis. Pumping av drengvann som var det siste leddet i denne prosessen, startet i august 1992.

Hensikten med dette var at gruva skulle virke som et "renseanlegg", en effekt som var påvist gjennom de undersøkelsene NIVA gjorde under vannfyllingen av Wallenberg gruve (Arnesen *et al.* 1994). Det viste seg da at konsentrasjonen av spesielt kopper i gruvevannet avtok meget sterkt mens vannets sto i gruva. Konsentrasjonen av sink syntes derimot å øke.

Teknisk har disse tiltakene fungert til nå, og det har uten tvil foregått en betydelig reduksjon i avrenningen av noen forureningskomponenter fra Løkken-området.

Effekten av tiltakene viste seg å være avhengig av kjemisk interaksjon mellom det forurensete gruvevannet og mineralene i gruva. Dette kan føre til forbruk eller inaktivering av viktige komponenter og effektene av tiltaksplanen kan bli av begrenset varighet.

#### 3.10.5. Konsentrasjoner, virkninger

Gruvevannet fra Løkken var i sin tid et av de mest forurensete gruveavløp her i landet. Det foreligger ingen fullstendige analyser av dette vannet, men Løkken Gruber utførte et betydelig antall bestemmelser av pH, jern, kopper og sink. Tabell 3.10.3 viser gjennomsnitt av disse analyse-resultatene fra årene 1961 - 75.

Tabell 3.10.3 Gruvevannets sammensetning. Middelerverdi av analyser utført av Løkken Gruber 1961 - 75.

Komponent	Enhet	Verdi
pH		2.3
Kopper	mg Cu/l	530
Sink	mg Zn/l	870
Jern	mg Fe/l	1529
Vannmengde	m <sup>3</sup> /år	500,000

Utviklingen i gruvevannets kvalitet under oppfylling av Wallenberg gruve kan oppsummeres slik:

- pH i gruvevannet ble betydelig høyere enn det som var vanlig før vannfyllingen startet.
- Sulfatkonsentrasjonen endret seg lite på de største dypene - nivå 490 og 430 m - og var antakelig omtrent som ved starten av oppfyllingen eller litt lavere.
- I alle dyp ble kopperkonsentrasjonen betydelig lavere enn det som må antas å ha vært startkonsentrasjonen (ca. 500 mg Cu/l).
- Sinkkonsentrasjonen på store dyp ble høyere enn den som fantes i gruvevannet da oppfyllingen startet. Sinkinnholdet var særlig høyt i prøver med lavt innhold av kopper.

Vanntilsiget til gruva var i denne tiden anslått til 500 - 600.000 m<sup>3</sup>/år.

Det har vært en del variasjon i kvaliteten av det vannet som pumpes ut fra Wallenberg sjakt, men i det siste året har konsentrasjonen av kopper vært ca. 2 mg/l og av sink omkring 20 mg/l.

Vannet fra Astrup gruve der det heller ikke er drift, men hvor gruverommene fortsatt er i bruk, er også forurenset. I perioder har dette vannet vært pumpet til Wallenberg gruve. I tabell 3.10.4 er middelerverdier for en del prøver av dette vannet samlet.

Tabell 3.10.4 Middelerverdier for analyseresultatet for noen vannprøver fra Astrup sjakt i perioden mars 1988 til oktober 1989.

pH	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
2.71	1671	210	35.6	131	404

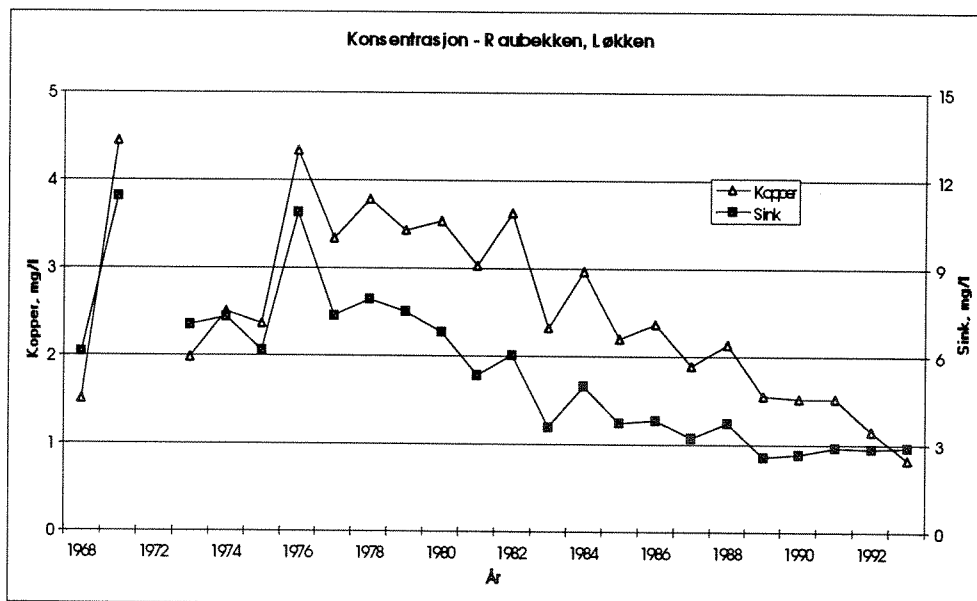
Overløpet i avgangsdammen var i den første tiden basisk og metallkonsentrasjonene var meget lave, kopper under 100 µg/l og sink noe mer varierende, men under 1 mg/l. Etter at driften ble lagt ned og deponeringen av ny avgang tok slutt, sank pH til 3,5 - 4,0 og metallkonsentrasjonene steg. For kopper har verdiene ligget omkring 0,5 mg/l, mens sinkkonsentrasjonen har vært noe over 2 mg/l. I lange perioder har det imidlertid ikke vært avrenning fra dammen.

En vurdering av den langsiktige utviklingen i deponiet (Arnesen *et al.* 1993) konkluderte med at avrenning ville stabilisere seg omtrent på det nåværende nivå, og deretter avta langsomt.

I tillegg til gruvevannet som nå også omfatter en betydelig andel av avrenningen fra veltene, og avløpet fra avgangsdeponiet, er det fortsatt flere diffuse forurensningskilder i Løkken. Oppsamling av drens vannet er ikke fullstendig, og det er fortsatt en viss diffus avrenning i Fagerliområdet.

Avrenningen fra Løkken-området har vært overvåket av NIVA siden 1975. Resultatene av dette arbeidet er samlet i en lang rekke rapporter som er listet i kap. 3.10.8. Tabell 3.10.5 viser utviklingen i vannkvaliteten i Raubekken, som representerer den samlede avrenningen fra området. Tilsvarende middelverdier for kopper og sink er vist grafisk i figur 3.10.4.

Tabellen og figuren viser at det har vært en klar reduksjon i kopperkonsentrasjonen i Raubekken hele tiden siden 1976. For sink er utviklingen svært lik, men fra 1989 har det vært svært små endringer. For kopper er konsentrasjonen omtrent halvert siden 1985, mens for sink er endringene ubetydelige i samme perioden. Det er viktig å være oppmerksom på at verdiene for 1993 inkluderer tilførselene fra gruvevannet.



Figur 3.10.4 Tidsveiede årsmiddel for konsentrasjonen av kopper og sink i Raubekken i Løkken.

Tilstanden i Orkla som er en av landets beste lakseelver, har i stor grad variert med utslippene fra Løkken. I årene fra 1915 og frem til slutten av 1940-årene gikk utbyttet av fisket sterkt ned. Dette ble delvis satt i sammenheng med tungmetallene fra Løkken. Da gruvevannet ble overført til Orkanger tok fisket seg opp igjen.

Det var likevel fortsatt høye tungmetallkonsentrasjoner i elva nedenfor Svorkmo, og begroing og bunndyr var sterkt påvirket. Produksjon av laks og ørret var det heller ikke på den nedre elvestrekningen. Det kan nevnes at i 1980 var konsentrasjonen av kopper og sink henholdsvis 149  $\mu\text{g Cu/l}$  og 410  $\mu\text{g Zn/l}$  ved Vormstad. I 1993 var de samme verdiene 7.5  $\mu\text{g Cu/l}$  og 31.4  $\mu\text{g Zn/l}$ .

Det har helt fram til 1981 forekommet episoder med fiskedød i Orkla. Dette har stort sett hatt sin årsak i uheldige kombinasjoner av reguleringsinngrep og utlipp av tungmetaller.

Når tungmetallene ikke har hatt den skadeeffekt en kanskje kunne forvente i Orkla, skyldes dette blant annet Orklas gunstige vannkvalitet, med høyt kalisuminnhold og et betydelig innhold av humusstoffer. Dette er faktorer som bidrar til å redusere giftvirkninger.

Tabell 3.10.5 Sammendrag av analyseresultater for samlet avrenning fra Løkken-området, målt i Raubekken.. Kartref.: 32V NR 357016.

År	Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Vannføring l/s
1968	Middel	4.05	42.8		9.3	1.5	6.2		
1968	Antall	8	8		8	8	8		
1968	Std. avv.	0.40	19.3		6.1	1.0	4.0		
1969	Middel	4.18	53.9		20.9	4.4	11.4		
1969	Antall	4	4		4	4	4		
1969	Std. avv.	0.19	25.7		11.1	2.7	8.2		
1973	Middel	4.50				2.0	7.1		1058
1973	Antall	48				48	48		43
1973	Std. avv.	0.59				0.8	3.3		1075
1974	Middel	3.96	55.8		23.0	2.5	7.3		
1974	Antall	57	15		15	57	57		
1974	Std. avv.	0.44	15.5		11.2	1.1	3.2		
1975	Middel	3.90	53.2	251	15.5	2.4	6.2		690
1975	Antall	177	138	9	138	177	177		56
1975	Std. avv.	0.58	24.5	165	6.3	1.4	4.5		736
1976	Middel	3.30	88.0	388	30.8	4.3	10.9		
1976	Antall	13	13	13	13	13	13		
1976	Std. avv.	0.35	31.8	129	45.9	3.2	6.1		
1977	Middel	3.28	118.3	378	23.1	3.3	7.4	20.3	351
1977	Antall	13	13	13	13	13	13	3	9
1977	Std. avv.	0.31	187.5	178	10.0	1.4	3.3	4.5	258
1978	Middel	3.41	118.5	387	30.4	3.8	7.9	33.9	
1978	Antall	20	20	20	20	20	20	20	
1978	Std. avv.	0.46	114.0	192	19.9	1.7	4.2	23.5	
1979	Middel	3.51	83.2	374	24.3	3.4	7.5	23.2	
1979	Antall	12	12	12	12	12	12	12	
1979	Std. avv.	0.49	34.4	215	16.5	1.8	4.0	15.0	
1980	Middel	3.35	81.1	328	27.9	3.5	6.8	25.3	
1980	Antall	17	17	17	17	17	17	16	
1980	Std. avv.	0.27	26.3	141	12.7	1.6	3.3	14.8	
1981	Middel	3.40	80.2	373	20.7	3.0	5.3	19.0	
1981	Antall	25	25	25	25	25	24	25	
1981	Std. avv.	0.35	30.5	172	13.9	1.3	2.7	9.4	
1982	Middel	3.44	92.2	483	27.4	3.6	6.0	17.6	176
1982	Antall	35	30	23	34	35	35	24	16
1982	Std. avv.	0.41	31.9	188	12.4	1.6	2.6	8.9	123

Tabell 3.10.5 forts.

Tabell 3.10.5 Sammenndrag av analyseresultater for samlet avrenning fra Løkken-området, målt i Raubekken.. Kartref.: 32V NR 357016. Forts.

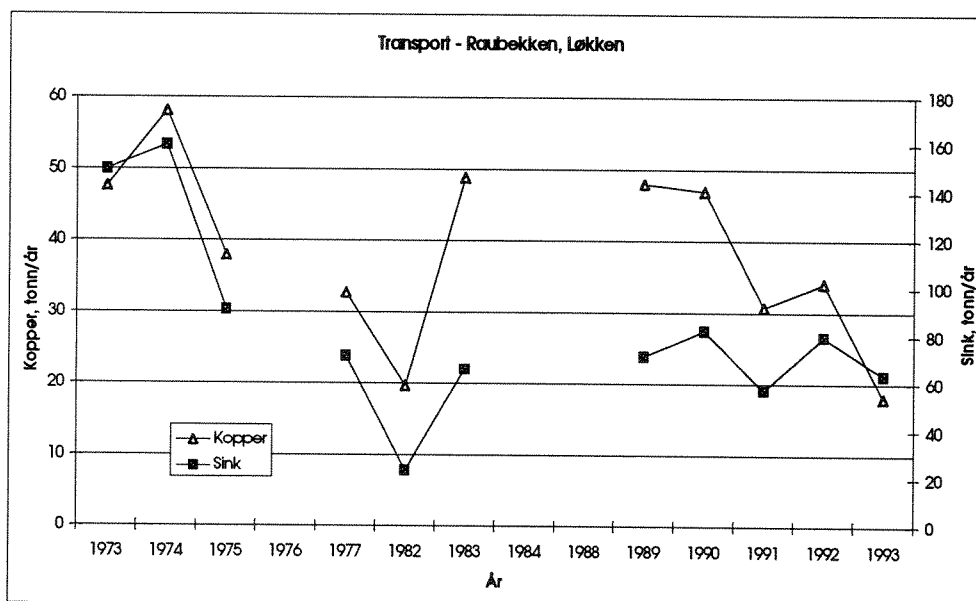
År		pH	Kondukti vitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kad- mium µg/l	Vann- føring l/s
1983	Middel	3.78	58.7	242	18.7	2.3	3.6	8.7	599
1983	Antall	42	42	19	42	42	42	18	34
1983	Std. avv.	0.45	22.3	132	7.6	0.8	1.4	5.2	893
1984	Middel	3.40	81.5	337	21.1	3.0	5.0	20.4	
1984	Antall	22	22	22	22	22	22	12	
1984	Std. avv.	0.37	32.2	153	11.1	1.5	2.4	9.9	
1985	Middel	3.36	82.4	417	24.6	2.2	3.7	11.8	
1985	Antall	23	23	22	23	23	23	12	
1985	Std. avv.	0.32	35.3	193	12.4	1.0	1.6	6.3	
1986	Middel	3.26	88.3	377	26.8	2.4	3.8	10.6	
1986	Antall	21	21	20	21	21	21	11	
1986	Std. avv.	0.33	34.4	173	11.1	1.3	1.9	5.6	
1987	Middel	3.57	64.9	323	23.7	1.9	3.2	6.1	
1987	Antall	20	20	16	20	20	14	9	
1987	Std. avv.	0.56	31.7	210	13.0	0.9	1.8	7.4	
1988	Middel	3.42	57.6	233	24.2	2.1	3.7	10.0	
1988	Antall	24	24	17	24	24	24	22	
1988	Std. avv.	0.27	25.3	95	9.6	0.9	2.1	6.8	
1989	Middel	3.65	40.6	145	17.7	1.5	2.6	6.9	1108
1989	Antall	61	28	21	24	61	61	23	61
1989	Std. avv.	0.45	19.5	96	8.8	0.7	1.4	4.3	910
1990	Middel	3.66	35.1	128	13.6	1.5	2.7	5.3	1106
1990	Antall	24	13	13	12	23	23	12	21
1990	Std. avv.	0.49	13.9	60	6.8	0.5	0.9	2.5	1219
1991	Middel	4.00	36.2	148	17.0	1.5	2.9	6.1	781
1991	Antall	15	14	11	20	22	22	12	18
1991	Std. avv.	0.46	10.6	44	7.2	0.7	1.5	2.2	396
1992	Middel	4.12	40.9	157	12.7	1.2	2.9	6.0	1081
1992	Antall	32	32	32	32	32	32	11	32
1992	Std. avv.	0.59	12.9	67	6.6	0.4	1.1	2.4	790
1993	Middel	5.03	39.5	168	8.6	0.8	2.9	5.3	792
1993	Antall	18	18	18	18	18	18	13	17
1993	Std. avv.	0.66	12.7	66	3.6	0.3	1.1	2.7	622

### 3.10.6. Transportverdier - utvikligstrender

Tabell 3.10.6 viser tidsveiede gjennomsnittsverdier for forurensningstransporten fra Løkken. Verdiene er beregnet på grunnlag av målinger i Raubekken som i dag fanger opp all avrenning fra gruveområdet. Tilsvarende verdier for kopper og sink er vist grafisk i figur 3.10.5.

Tabell 3.10.6 Transport av forurensninger i Raubekken, Løkken.  
Tallene inkluderer ikke gruvevann før 1992.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1973			48	150	
1974			58	160	
1975	5085	275	38	91	
1976					
1977	3641	225	33	72	
1982	2270	114	20	24	330
1983	4653	354	49	66	229
1984					
1988					
1989	3660	625	48	72	266
1990	4243	437	47	82	181
1991	3620	349	31	57	137
1992	4641	387	34	80	239
1993	3553	180	18	64	101



Figur 3.10.5 Tidsveiede årsmiddel for transport av kopper i Raubekken, Løkken.

Ved beregning av den totale metalltransporten fra Løkken-området gjennom tidene, må også gruvevannsutslippet fra 1962 til 1983 inngå. I denne tiden utgjorde gruvevannet den ubetinget største forurensningsbelastningen med ca. 250 tonn kopper og 400 tonn sink pr. år. De øvrige ut-



slippene til sammen var antakelig bare 30 % eller mindre av totalutslippet. Fra 1992 inngår metalltransporten i gruvevannet i verdiene for Raubekken.

Etter at gruvevannsutslippet opphørte i 1983, ble veltene de største forurensningskildene. Tiltakene med tildekking av dem kan ha hatt en viss effekt fram til 1991, men trenden er lite uttalt og det er store variasjoner fra år til år. Sammenliknet med den klare trenden til avtakende kopperkonsentrasjoner er det overraskende at ikke den samme trenden finnes i transportverdiene. Dette skyldtes høyst sannsynlig at det forholdsvis beskjedne prøvetakingsprogrammet ikke fanget opp de store variasjonene i vannføringen i Raubekken. I tillegg var det stor usikkerhet i målingen av vannføring.

I 1993 var transportverdiene for kopper og kadmium klart lavere enn i tidligere år. En sammenlikning av totale transportverdier (inklusive gruvevann) før 1984 med verdiene i 1993 viser at transporten er redusert med ca. 90 % både for kopper og sink.

Med utgangspunkt i en anslått verdi for 1985 er denne reduksjonen for kopper ca. 60 %, mens den for sink er mindre enn 10 %.

### 3.10.7. Konklusjoner, Løkken

Forurensningssituasjonen i Løkken har endret seg mye gjennom de siste 20 år. Tidlig i 1970-årene var forurensningstransporten høy - ca. 50 tonn kopper og 150 tonn sink pr. år, og påvirkningen av Orkla var betydelig. I tillegg gikk ca. 250 tonn kopper og 400 tonn sink til Orkdalsfjorden, som var tydelig preget av dette.

Enkle tiltak på denne tiden synes å ha gitt en viss reduksjon i forurensningstransporten til Orkla utover i 1970 og -80-årene. Reguleringen av Orkla førte til jevnere vannføring, og midlere tungmetalltransport gikk ned. Resultatet var en gradvis forbedring av biologiske forhold i vassdraget.

Fra 1983 opphørte utslippet av gruvevann, og forholdene i fjorden bedret seg raskt. En videreføring av de enkle tiltakene lokalt, førte til en videre nedgang i metalltransporten, men først da tiltaksplanen for Løkken ble gjennomført i 1992, ble det et markert fall, særlig i koppertransporten.

I 1993 var denne transporten ca. 18 tonn kopper pr. år eller ca. 60 % av hva den var i 1985. For sink var transporten ca. 60 tonn i 1993, mens verdien i 1985 vanskelig kan fastslås. Reduksjonen er neppe mer en ca. 10 %. For kadmium er datamaterialet dårligere, men det er grunn til å regne med en transport på ca. 100 kg i 1993, ca. 40 - 50 % mindre enn det som kan anslås for 1985.

### 3.10.8. Referanser, Løkken

Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Grande, M. 1976  
Orkla Industrier A/S, Grubeseksjonen, Overvåkingsundersøkelser i  
nedre del av Orklavassdraget 1975  
NIVA-rapport O-74078, pp. 34, Juli 1976

Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Grande, M. 1977  
Orkla Industrier A/S, Grubeseksjonen Overvåkingsundersøkelser i  
nedre del av Orklavassdraget 1976  
NIVA-rapport O-74078, pp. 25, Aug. 1977

Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Grande, M. 1978  
Orkla Industrier A/S, Grubeseksjonen Overvåkingsundersøkelser i

nedre del av Orklavassdraget 1977

NIVA-rapport O-74078, pp. 46, Juni 1978

Arnesen, R. T., Iversen, E. R. og Grande, M. 1980

Orkla Industrier A/S, Grubeseksjonen Overvåkingsundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1978 - 1979

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1222, pp. 57, Aug. 1980

Arnesen, R.T. Christensen, B., Iversen, E. R, Slørdahl, A., Bollingmo, Å. og Nygaard, K. 1994

Vannfylling av Wallenberg gruve

NIVA-rapport O-92174, L.nr.:3079 p. 79. Juni 1994

Arnesen, R.T, Bjerkeng, B. og Iversen, E.R. 1993

Fremtidig utvikling i avgangsdeponier under vann.

NIVA-rapport O-92186, L.nr.: 2962, pp 49

Iversen, E. R. og Grande, M. 1981

Orkla Industrier A/S, Grubeseksjonen Kontrollundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1980

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1308, pp. 42, Sept. 1981

Iversen, E. 1982

Kontrollundersøkelser i nedre del av Orkla-vassdraget 1981

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1439, pp. 25, Des. 1982

Iversen, E. 1983

Løkken Verk, Forurensningstilførsler fra gruveområdet ved

Løkken sentrum 1982 -1983

NIVA-rapport O-82062, L.nr.: 1572, pp. 60, Des. 1983

Iversen, E. R. 1984

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1982 og 1983

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1682, pp. 35, Okt. 1984

Iversen, E. R. 1985

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1984

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1718, pp. 28, Mai 1985

Iversen, E. R. 1986

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1985

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 1932, pp. 28, Nov. 1986

Iversen, E. R. 1987

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser i nedre del av Orklavassdraget 1986

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 2014, pp. 27, Juli 1987

Iversen, E. R. 1988

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser 1987

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 2167, pp. 30, Sept. 1988

Iversen, E. R. 1991

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser 1990

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 2674, pp. 21, Nov. 1991

Iversen, E. R. 1991

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser 1991

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 2695, pp. 17, Nov. 1991

Iversen, E. R. 1993

Løkken Gruber A/S & Co, Kontrollundersøkelser 1992

NIVA-rapport O-74078, L.nr.: 2898, pp. 21, Mai 1993

Løkken Gruber A/S & Co 1991

Tiltaksplan, Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra grubeområdene.

Løkken Verk, januar 1991

Øren, K., Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Knudsen, C.-H., Lundgren, T. og Skjelkvåle, B.L. 1990

Løkken Gruber A/S & Co, Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra gruveområdet.

NIVA-rapport O-88226, L.nr.: 2400, pp. 163, Mai 1990

## 3.11. Nikkel og Olivin AS, Ballangen

### 3.11.1. Lokalisering

Nikkel og Olivin AS ligger i Ballangen kommune i Nordland fylke. Gruveområdet ligger ved Ballangsfjorden som er en mindre fjordarm til Ofotfjorden. I tabell 3.11.1 er samlet en del informasjon om områdets geografiske plassering.



Foto: G.B

Figur 3.11.1 Nikkel og Olivin, avgangsdam på Ballangseira

Tabell 3.11.1 Geografiske data om beliggenheten til Nikkel og Olivin AS.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Nordland	Ballangen	1331 I	33 W WR 8081

Forekomsten har vært kjent lenge, men gruvedriften etter nikkel ble først startet i 1988. Tidligere har det vært drevet pukkverk i området siden 1940 (noritt). Gruveområdet ligger i Bruvannsfeltet under Arnesfjellet ca. 2 km øst sørøst for Fornesodden i 375-400 meters høyde over havet. Gruvedriften forgår delvis som dagbrudd og delvis som underjordsgruve. Det var ved starten meningen å produsere både olivin og nikkellkonsentrat. Det viste seg etter kort tids drift at det ikke var mulig å få avsetning for olivinen slik at bedriften i dag kun produserer nikkellkonsentrat. Avgangsmengdene er av denne årsak betydelig større enn opprinnelig forutsatt noe som også har satt større krav til deponiforholdene.

### 3.11.2. Forurensningskilder

Gruvedriften medfører utslipp til vann som kan inndeles i tre hovedkilder:

#### Gruvevann

Gruvevannsmengdene skyldes driftvann fra boring og naturlig tilsig. Det gjøres ingen registreringer av vannmengder som er anslått til ca. 20 m<sup>3</sup>/h av bedriften. Gruvevannet inneholder oppløste komponenter fra bergarter og mineraler, boreslam, rester av sprengstoff samt noe olje fra maskinelt utstyr.

#### Overflateavrenning

I gruveområdet er det flere diffuse kilder for avrenning av forurensningskomponenter, som tipper for løsmasser fra dagbrudd, råmalmlager samt naturlig avrenning av forvittringsprodukter fra området. Mye av overflateavrenningen fra gruveområdet fanges opp i en grøft som fører til Arneselva, men en del antas også å bli tilført vassdraget som grunnvannstilførsler.

#### Avgangsdeponier

Den første dammen på Fornesodden ble full etter et par år da man ikke fikk avsatt olivin. Dette deponiet er nå avsluttet og en ny dam lenger inne i fjorden er anlagt på den såkalte Ballangseira. Begge deponiene ligger i strandsonen, men er bygget med tette damvegger. Det utføres et kontrollprogram for overløpsvannet på det nye deponiet m.h.t. vannkvalitet og vannmengder.

### 3.11.3. Resipientforhold

All avrenning fra selve gruveområdet går til Arneselva. Arneselva kommer fra Bruavatnet som er regulert for å sikre nok vann til oppredningsverket. Arneselva har derfor redusert vannføring i perioder av året ved at vannmengden som benyttes i oppredningsverket, følger avgangen som deponeres på Ballangseira. Vassdragsstrekningen fra gruveområdet ned til sjøen er kort og bratt nesten ned til sjøen. Kontrollprogrammet som i dag benyttes, omfatter en prøvetakingsstasjon oppe i gruveområdet som hovedsakelig fanger opp tilførslene fra gruva etter sedimentering av boreslam og en stasjon nede ved riksveien (E6) som gir uttrykk for vannkvaliteten i Arneselva ved innløp i Ballangsfjorden.

Store deler av indre Ballangsfjorden er dekket av avgangsmasser fra Bjørkåsen gruver som i sin tid (fram til 1965) lot avgangen fra oppredningsverket gå på elva (Tverrelva). Bjørkåsen gruve var en kisgruve som drev på sovelkis med noe innhold av kobber og sink. En har i dag ikke fullstendig oversikt over effektene av disse avgangsmasser. Det utføres kontinuerlige registreringer av vannmengder og turbiditet for overløpsvannet ved Deponiet på Ballangseira. Videre tas det ukeblandprøver for kontroll av partikkelutslipp og vannkvalitet forøvrig.

### 3.11.4. Gjennomførte tiltak

Gruvedriften ved Nikkel og Olivin AS er av forholdsvis ny dato, og nødvendige tiltak mot vannforurensning burde vært iverksatt fra starten. Det ble bygget dam for avgangsdeponering og det var forutsatt at dette ville ta hånd om forurensningsproblemen fra virksomheten.

Det viste seg imidlertid at det ikke var avsetningsmuligheter for olivin, og avgangsmengden ble betydelig større enn forutsatt. I tillegg var vannkvaliteten i avrenningen slik at utløsning av nikkel og arsen ble så stor at det kunne påvises overkonsentrasjoner i resipienten.

Det er ikke gjort andre tiltak for å begrense forurensningen fra området enn å bygge de nevnte avgangsdammene.

### 3.11.5. Konsentrasjoner, virkninger

Avrenningen fra Nikkel og Olivin AS er av en helt annen art enn den som er vanlig ved de øvrige sulfidmalmgruvene her i landet. På grunn av malmens høye innhold av olivin, er vannet basisk. Innhold av andre metallsulfider enn nikkel er dessuten lavt. Det er først og fremst nikkel og arsen som påvises i forhøyede konsentrasjoner i avrenningen fra området.

Kontrollprogrammet som bedriften benytter omfatter 3 målestasjoner for fysisk/kjemisk vannkvalitet:

- St. 1 Arneselva ved E6
- St. 2 Gruvevann etter sedimenteringsdam
- St. 3 Overløp deponi

Det foreligger nå analysemateriale for de tre stasjoner etter nesten tre års drift av kontrollprogrammet (Iversen, 1993). I tabell 3.11.2 er samlet middelverdier for de viktigste parametre for 1993.

Tabell 3.11.2 Middelverdier for kontrollstasjoner 1993.

St.nr.	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Kobber µg/l	Nikkel µg /l	Arsen µg /l
1	6.92	9.70	24.6	7.3	144	34.4
2	7.22	45.7	92.6	5.9	441	192
3	8.77	98.2	87.4	3.3	37	270

Arneselva er merkbart påvirket av forurensningstilførsler fra gruveområdet. Konsentrasjonene varierer betydelig i løpet av året, noe som skyldes at vannføringen i perioder med lite tilsig er meget liten, da alt tilsiget til Bruavatnet tas ut som driftsvann til oppredningsverket. En har foreløpig for lite erfaringsgrunnlag for å vurdere mulige trender.

NIVA har også foretatt resipientundersøkelser i Ballangen (Helland 1991 og 1992). Det ble i disse undersøkelser påvist forhøyede metallverdier i fjorden utenfor det gamle deponiet (Fornesodden). Fjorden er fra før belastet med tungmetalltilførsler fra den gamle avgangen fra Bjørkåsen gruve og fra gruveområdet i Bjørkåsen.

### 3.11.6. Transportverdier - utviklingstrender

En har bare registreringer av vannmengde for avgangdeponiet. Siden tilførselene fra gruveområdet også er av stor betydning, er det vanskelig å angi tilfredsstillende materialtransportverdier for samtlige tilførsler fra landsiden. Det samme gjelder for eventuelle grunnvannstrømmer fra deponiene. For året 1992 ble transporten av nikkel og arsen i Arneselva anslått etter beste skjønn, mens transporten ved overløpet av deponiet på Ballangslaira ble beregnet ut fra total vannmengde i overløpet og middelkonsentrasjoner for året. Disse verdiene er samlet i tabell 3.11.3.

Tabell 3.11.3 Materialtransport for overflatetilførsler ved Nikkel og Olivin AS 1992.

Stasjon	Nikkel kg/år	Arsen kg/år
Arneselva	50	29
Overløp deponi	58	238
Sum	108	267

En trenger flere års observasjoner for å si noe om eventuelle trender. Det bør dessuten foretas registrering av vannføring i Arneselva.

### 3.11.7. Konklusjoner, Nikkel og Olivin AS

Avrenningen fra Nikkel og Olivin AS har forholdsvis høy pH og har andre egenskaper enn det som er vanlig ved de fleste andre sulfidmalmgruvene har i landet. Dette fører til at vannet stort sett er lite forurenset og det er lave metalltransporter ut av området. Kun for nikkel og arsen kan det angis transportverdier som kan relateres til gruvedriften. Målingene i området har ikke foregått så lenge at det er mulig å se noen endringer i transporttallene. I 1993 ble transport av nikkel anslått til 108 kg/år, mens transporten av arsen var 267 kg/år.

### 3.11.8. Referanser Nikkel og Olivin AS

Iversen, E., Kjærstad, E., Lindgren, K og Rasmussen, S.. 1990.  
Konsekvensanalyse for mineralbrytning ved Bruvannsfeltet, Ballangen.  
NIVA-rapport. O-89252. L.nr. 2433. 64 s.

Helland, A. og Rygg, B.. 1991.  
Måleprogram i Ballangsfjorden, vannkvalitet, bunnsedimenter, bløbbunnsfauna  
og metaller i tang.  
NIVA-rapport. O-89070. L.nr. 2523. 72 s.

Helland, A.. 1992.  
Resipientundersøkelser i Ballangsfjorden 1991. Vannkvalitet og metaller i tang.  
NIVA-rapport. O-89070. L.nr. 2774. 51 s.

Iversen, E. 1993.  
Nikkel og Olivin AS. Kontrollundersøkelser 1992.  
NIVA-rapport O-89070. L. nr. 2974. 12 s.

### 3.12. Røros Kobberverk, Nordgruvefeltet

#### 3.12.1. Lokalisering og drift

Nordgruvefeltet ligger på østsiden av Glomma, nord for Røros. De viktigste gravene i området er listet i tabell 3.12.1 som også angir den geografiske beliggenheten mer i detalj.

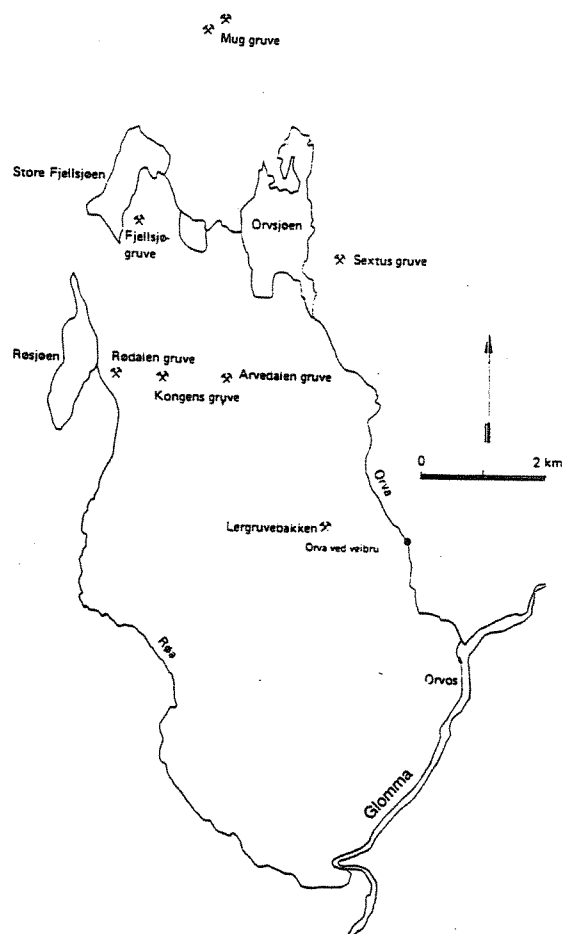


Figur 3.12.1 Røros Kobberverk, Nordgruvefeltet. Området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve mens tiltak ved avgangsdammen ble gjennomført i 1991.

Tabell 3.12.1 Geografiske data om gravene i Nordgruvefeltet  
Alle gravene ligger i Sør-Trøndelag og finnes på Kartblad: Røros, 1720 III

Gruve	Åpnet	Kommune	Rute
Kongens	1736	Røros	32VPQ 1851
Arvedalen	1657	Røros	32VPQ 1751
Rødalen	Ca. 1920	Røros	32VPQ 1551
Fjellsjøgruva	-	Røros	32VPQ 1654
Sextus	1723	Røros	32VPQ 1953
Lergruvebakken	1973	Røros	32VPQ 1849
Mugg	1774	Holtålen	32VPQ 1756





Figur 3.12.2 Kartskisse over Nordgruvefeltet - Røros. De viktigste gruveområder er avmerket.

Det meste av Nordgruvefeltet drenerer til Orvsjøen og elven Orva. Mugg og Rødalen gruve ligger imidlertid også i Nordgruvefeltet, men de drenerer ikke til Orva-vassdraget. Vårt datagrunnlag for å vurdere disse gruvene er foreløpig spinkelt, og de er ikke nærmere omtalt i denne rapporten. Den forurensningsmessige betydning av disse gruvene er klart mindre for dem som ligger rundt Orvsjøen.

Driften ved de ulike gruvene har variert sterkt gjennom de mer enn 300 årene gruvevirksomheten i Nordgruvefeltet pågikk. I tiden frem til midten av forrige århundre ble gruvene drevet som koppergruver, og malmen ble stort sett håndskedet ved gruvene. Fra 1878 startet produksjonen av kis ved Kongens og Sextus gruver, og omfanget av virksomheten ble større. Separasjonsmetodene var imidlertid fortsatt enkle.

For å bedre produksjonen ble det bygget et flotasjonsverk ved Kongens gruve i 1932. Driften ble likevel igjen nedlagt i 1943. Senere kom det i gang igjen, og i første halvdel av 40-årene ble det etablert selektiv flotasjon ved Kongens gruve. En betydelig del av malmen kom i denne tiden fra Rødalen gruve.

Det har vært vanskelig å finne sikre data om de ulike driftsperiodene ved gruvene i Nordgruvefeltet. Når driften ved de gamle gruvene endelig opphørte er f.eks. uklart, men for Kongens/Arvedalen gruve må det ha skjedd omkring 1940. Driften ved Christianus Sextus ble nedlagt samtidig, mens Muggruva var nedlagt allerede i 1919.

Virksomheten ved Lergruvebakken og det nye flotasjonsverket ved Kongens gruve er bedre dokumentert. Flotasjonsverket ble bygget i 1968 og ble i de første årene drevet på gammel avgang og veltegoods. Da Lergruvebakken gruve ble åpnet i 1973, fortsatte driften med malm herifra frem til all virksomhet ved Kobberverket ble nedlagt ved årsskiftet 1977/78.

NIVA har utført flere undersøkelser i Nordgruvefeltet og allerede i 1973 ble de første prøvene fra området analysert. (Arnesen og Grande 1973, Arnesen og Tjomsland 1980, Iversen og Johannessen 1985).

Som ledd i overvåkingen av Glomma ble det i årene 1978-80 gjennomført en større undersøkelse der det også ble tatt en del vannprøver i Orva ved utløpet i Glomma (Lingsten 1982).

Fra 1979 til 1989 foregikk NIVAs arbeid i området ved sporadiske prøvetakinger, uten sammenfattende databearbeiding. I 1988 foretok instituttet en sammenstilling av eksisterende materiale, etter oppdrag fra Bergvesenet. I 1989 ble det gjort en mer omfattende undersøkelse med hovedvekt på forurensningstransporten fra avgangen som er deponert nedenfor det tidligere oppredningsverket. Undersøkelsene tydet på at en betydelig del av sinken som transporteres ut av området, kom fra avgangen, mens koppermengden fra denne kilden var mer beskjeden. De tidligere undersøkelsene i området er nærmere beskrevet i rapporten fra 1989 (Arnesen *et al.* 1989)

Siden NIVA i 1988 stilte sammen det datamaterialet som til da fantes fra Nordgruvefeltet (Arnesen 1989), har vi utvidet og komplettert beskrivelsen av dette området. I rapporten om arbeidet i 1989 (Arnesen 1990) ble data som var samlet inn det året presentert.

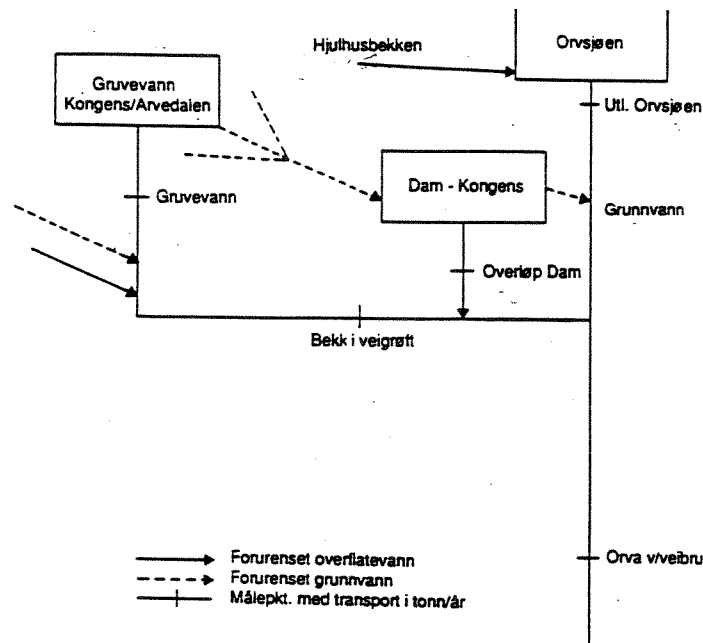
I 1990 ble det gjennomført undersøkelser som var spesielt konsentrert om veltene ved Kongens-/Arvedalens gruve, men måleprogrammet for beskrivelsen av metalltransport i avrenningen fra området fortsatte også (Arnesen 1991, Arnesen *et al.* 1991). I tillegg til målingene i overflatevann, ble det i samarbeid med Bergavdelingen - NTH gjennomført en undersøkelse for å anslå transport i grunnvannet (Hovde 1990, Skirstad 1990).

I 1992 - 93 ble det gjort undersøkelser i Orvsjøen og Orva for å vurdere virkningen av en eventuell øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen (Arnesen og Iversen 1994).

### 3.12.2. Forurensningskilder

Den lange tiden virksomheten i Nordgruvefeltet har pågått og det varierende omfang og form den har hatt gjennom årene har ført til at det i området finnes bergvelter, avgangsdeponier og gruveåpninger som til sammen utgjør et stort antall forurensningskilder i området. De ligger geografisk langt fra hverandre, og mange typer av kilder er representert. De som bidrar mest til forurensningen av Orva, ligger i området rundt Arvedalen/Kongens gruve. Her har gruvevannet stor betydning. Det omfatter både det egentlige gruvevannet og avrenning fra velter som drenerer inn i gruva. Tidligere var også flotasjonsavgangen nedenfor flotasjonsverket og annet avfall i dette området viktige forurensningskilder. Tiltakene som er gjennomført her, er nærmere beskrevet i kapittel 3.12.4.

En del av tilførslene går direkte til Orvsjøen. Av disse er avrenningen fra området ved Christianus Sextus dominerende. Her er antakelig veltene de største forurensningskildene, men også gruvevannet har betydning. Det er vanskelig å kvantifisere bidraget fra veltene direkte, fordi en betydelig del av avrenningen går i grunnen.



Figur 3.12.3. Skjematisk fremstilling av forurensningstransport i Nordgruvefeltet (Etter Arnesen og Iversen 1994)

Ved siden av forurensningskildene på land i nedbørfeltet, ble det fra sommeren 1975 til årsskiftet 1977/78 deponert ca. 150.000 tonn kisholdig avgang i Orvsjøen fra flotasjonsverket ved Kongens. I Orvsjøen finnes også betydelige mengder tungmetaller utfelt som hydroksider i sedimentet.

Lergruvebakken gruve ble nedlagt høsten 1977. Siden da er gruva gradvis fylt opp med vann, slik at det i dag er overløp av gruvevann. Det har vært sporadisk prøvetaking av gruvevannet, men vannkvaliteten er ikke sammenholdt med situasjonen under oppfyllingen. Det er derfor ikke mulig å tolke datamaterialet kvantitativt. Mengden av gruvevann er ikke målt, men tungmetalltransporten er antakelig beskjeden i forhold til de øvrige tilførslene til Orva.

### 3.12.3. Resipientforhold

Figur 3.12.2 viser de enkelte gruvenes beliggenhet i forhold til vassdragene i og omkring Nordgruvefeltet. De viktigste resipientene er Orvsjøen og Orva, som fører hovedmengden av forurensninger til Glomma.

Fra Arvedalen/Kongens gruve går en del av avrenningen gjennom en sidebekk til Hjulhusbekken som renner inn i Orvsjøen i Sjøvika. Dette utgjør en forholdsvis liten andel av total avrenning fra området. Resten av avrenningen herfra renner direkte til Orva ca. 2 km nedenfor utløpet fra Orvsjøen.

Avrenningen fra Christianus Sextus gruve går til Orvsjøen, men store deler av året foregår denne avrenningen som grunnvann og det er vanskelig å finne bekker med overflatevann som er gruveforurenset. Gruvevannet fra Christianus Sextus renner til et lite tjern som igjen har avrenning

gjennom en liten bekk til Orvsjøen. Også denne siste bekken forsvinner nesten fullstendig i grunnen i tørre perioder.

Fra Lergruvebakken renner gruvevannet også til Orva, men nedenfor veibrua der de fleste vannprøvene fra Orva er tatt.

I tabell 3.12.2 er det samlet en del grunnleggende informasjon om Orvas nedbørfelt og tabell 3.12.3 viser noen hydrometriske data for Orvsjøen.

Tabell 3.12.2 Hydrologiske data om Orvas nedbørfelt.

Område	Nedb.feltet km <sup>3</sup>	Avr.koeff. l/s.km <sup>-2</sup>	Midl. vannf. l/s
Utl.fra Orvsjøen	16.7	15	250
Ved veibru	25	14.6	365
Utl. i Glomma	31	14.2	440

Tabell 3.12.3 Hydrometriske data for Orvsjøen.

Parameter	Enhet	
Tot. volum	m <sup>3</sup>	8.8·10 <sup>6</sup>
Areal av overflate	km <sup>2</sup>	1.72
Største dyp	m	20

Forurensningsbelastningen på Orvsjøen og spesielt Orva er så høy at det ikke finnes fisk i vassdraget. Det er ikke gjort biologiske undersøkelser her på mange år, men det er liten grunn til å tro at det er nevneverdig forekomst av normale organismer i denne delen av vassdraget.

#### 3.12.4. Gjennomførte tiltak

Da det nye flotasjonsverket ved Kongens gruve ble etablert i 1968 ble det tatt lite hensyn til miljø- og kulturvern idet bygninger og velter ble jevnet med jorden uten hensyn til konsekvensene. I den første tiden ble verket drevet på gammel avgang, og den nye avgangen ble deponert innenfor et område som var begrenset av dammer. Disse dammene var imidlertid ikke tette, og det ble etter hvert en betydelig lekkasje av kopper og særlig sink herfra.

Da man gikk over til å behandle malm fra Lergruvebakken, ble avgangen sluppet ut og deponert på dypt vann i Orvsjøen. I ettertid har det ikke vært mulig å påvise negative effekter av dette utslippet.

Rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve var store arealer dekket med forurenset materiale, da Røros Kobberverk ble nedlagt i 1977. I årene 1991 - 94 ble det foretatt betydelige tiltak i Kongensområdet. Avgangsdammene ble tettet med morene-materiale og det ble lagt et lag morene over avgangen innenfor dammen. Hensikten med dette har vært å heve grunnvannstanden i dammen for å begrense oksidasjonen av sulfider i avgangen.

I 1994 ble rester av gamle velter og avgang i vest nær flotasjonsverket tildekket med kompaktert morene.

Det er ventet at disse tiltakene skal gi en betydelig bedre vannkvalitet i Orva. Foreløpig er det ikke gjort undersøkelser som kvantifiserer denne forbedringen.

I den østre del av Arvedalen/Kongens-området er det foreløpig ikke gjort tiltak av noen art for å redusere transport av forurensninger fra området. Det samme gjelder Christianus Sextus-området vest for Orvsjøen.

### 3.12.5. Konsentrasjoner, virkninger

Det finnes en rekke målepunkter for avrenningen fra delområder i Nordgruvefeltet. I denne rapporten er bare to stasjoner referert: Orva ved utløp av Orvsjøen og Orva ved veibru.

#### Orva ved utløp av Orvsjøen

I tiden siden den første prøven ble tatt herfra, har jern- og sinkkonsentrasjonen avtatt. Dette antar vi skyldes at gruva er blitt vannfylt, og at dette har ført til at oksidasjonen av kis i gruva har stoppet opp etter hvert som den er blitt dekket av vann.

Det er tatt vannprøver for kjemiske analyser mer eller mindre regelmessig siden juni 1966. Fra november 1992 ble det startet regelmessig prøvetaking og registrering av vannføring ved utløpet av Orvsjøen. Ved veibrua lengre nede i vassdraget der praktisk talt alle forurensningstilførsler fra Nordgruveområdet er kommet frem til Orva, ble tilsvarende prøvetaking startet i april 1993.

Målepunktet ved utløpet av Orvsjøen er flyttet noe fra måleperiode til måleperiode. I den første tiden lå dette punktet ved brua like nedenfor utløpet, men før målingene startet i 1992-93 ble det flyttet til målestedet for vannføring, som lå ca. 700 m lengre ned i elva. Det er neppe tilførsel av gruvepåvirket vann på denne strekningen, og den beskjedne vannføringen som kan skje mellom de to punktene er så liten at den ikke betyr noe i forhold til den samlede usikkerhet i måledata.

Analyseresultatene varierer en del i Orva ved utløpet av Orvsjøen, men ikke mer enn det som er vanlig i vassdrag som er direkte påvirket av gruveavrenning. Også her er variasjonen først og fremst uttrykk for prøvetakingstidspunkt i forhold til årstid. Det kan ikke sees noen langtidstrend i data materialet. Sinkinnholdet er som regel betydelig høyere enn kopperinnholdet, og variasjonen i konsentrasjonen av disse to metallene skjer ikke alltid i takt.

Det har vært umulig å gjennomføre statistisk analyse av tidstrender på datamaterialet. Selv i en grafisk fremstilling er det så mange huller at slike vurderinger er umulig.

Tabell 3.12.4 viser et sammendrag av relevante analysedata fra stasjonen ved utløp av Orvsjøen.

En skjønnsmessig gjennomgang av materialet der det legges vekt på antallet høye og lave verdier på de ulike stasjonene over tid, tyder imidlertid ikke på at det har vært vesentlige endringer i forurensningssituasjonen i de 15 år datamaterialet dekker.

Tabell 3.12.4 Sammendrag av kjemiske analysedata fra Orva ved utløp av Orvsjøen.  
Kart ref.: 32 V PQ 194519.

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
1966 - 75								
Middel	6.61	3.4	9.0	0.07	0.15	0.33		
Antall	2	2	2	1	2	2		
Std. avvik	0.30	0.2	1.5		0.02	0.08		
1976 - 79								
Middel	6.60	5.2	11.8	0.16	0.08	0.50	14.0	9.4
Antall	6	6	6	6	6	6	1	1
Std. avvik	0.37	0.7	1.9	0.10	0.03	0.24		
1980 - 86								
Middel	6.58	3.6	9.7	0.08	0.14	0.41	0.8	0.9
Antall	3	3	3	3	3	3	2	1
Std. avvik	0.15	0.3	2.1	0.03	0.02	0.02	0.0	
1986 - 88								
Middel	6.62	3.2	8.5	0.07	0.15	0.37	0.7	
Antall	3	3	3	3	3	3	3	
Std. avvik	0.13	0.1	0.1	0.04	0.03	0.05	0.1	
1988 - 90								
Middel	6.37	3.4	10.7	0.09	0.26	0.88	2.2	
Antall	4	4	2	3	4	4	3	
Std. avvik	0.25	0.2	2.4	0.04	0.29	0.97	2.5	
1991 - 92								
Middel	6.64	3.7	8.1	0.13	0.10	0.35	0.7	0.4
Antall	5	5	4	4	5	5	3	3
Std. avvik	0.19	0.3	0.8	0.08	0.01	0.03	0.1	0.0
1992 - 93								
Middel	6.32	4.1	10.9	0.17	0.12	0.58	0.8	0.5
Antall	17	17	17	17	17	17	4	4
Std. avvik	0.56	1.1	4.1	0.15	0.06	0.00	0.3	0.1

### Orva ved veibru (Litlstuvollen)

Ved denne stasjonen er praktisk talt all forurensning fra området rundt Orvsjøen fanget opp i Orva.

I tabell 3.12.5 finnes tidsveiet middelerdi, standard avvik og antall observasjoner i hver periode for data fra dette målepunktet.

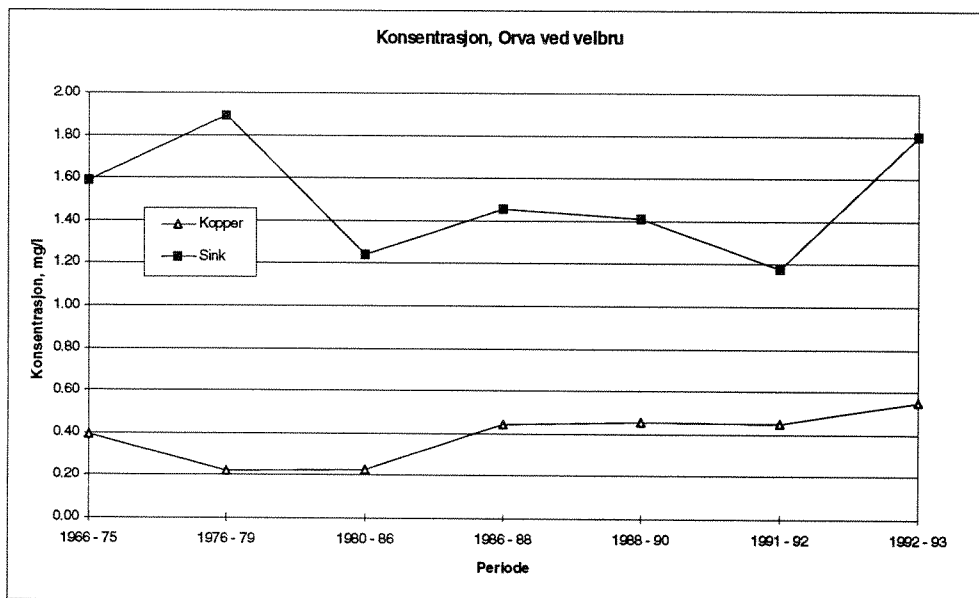
Tabell 3.12.5 Sammendrag av analyseresultater fra Orva ved veibru, Litlstuvollen.  
Kart ref.: 32 V PQ 202486.

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Bly µg/l
1966 - 75								
Middel	4.05	11.2	38.5	4.20	0.39	1.59		
Antall	1	1	1	1	1	1.00		
Std. avvik								
1976 - 79								
Middel	4.98	14.1	45.0	3.30	0.22	1.89		
Antall	4	4	4	4	4	4		
Std. avvik	1.01	7.6	16.9	2.57	0.10	1.02		
1980 - 86								
Middel	5.09	9.2	34.0	0.03	0.23	1.24	1.6	
Antall	1	1	1	1	1	1	1	
Std. avvik								
1986 - 88								
Middel	4.15	11.7	38.8	2.51	0.44	1.46	1.2	1.8
Antall	3	3	3	3	3	3	3	1
Std. avvik	0.18	2.9	11.9	1.36	0.0	0.40	0.7	
1988 - 90								
Middel	4.10	14.0	29.8	2.42	0.45	1.41	2.2	
Antall	7	4	5	6	7	7	2	
Std. avvik	0.17	3.9	8.9	0.68	0.11	0.48	0.4	
1991 - 92								
Middel	4.51	9.0	28.2	1.68	0.45	1.18		
Antall	2	2	2	1	2	2		
Std. avvik	0.47	1.7	0.2		0.16	0.02		
1992 - 93								
Middel	4.53	10.9	35.3	3.21	0.55	1.80	4.8	10.7
Antall	14	14	14	14	14	14	3	3
Std. avvik	0.61	5.4	16.5	2.75	0.36	1.05	5.0	16.3

Også her finner vi en viss variasjon i middelverdien fra periode til periode, men systematiske trender kan ikke påvises. I perioden 1992 - 93 var både kopper og sinkverdiene litt høyere i forhold til i de foregående periodene. Dette kan være reelt og muligens skyldes den store aktiviteten i nedbørfeltet på grunn av tiltakene ved avgangsdammene ved Kongens gruve på denne tiden. Utslaget er forholdsvis lite, og det kan like gjerne skyldes at målingene i denne perioden har vært mer systematiske enn i en del av de tidligere periodene.

Som for målepunktet ved utløpet av Orvsjøen er tidligere prøvetakinger for spredt til å fastslå noen tidstrend i datamaterialet. pH-verdiene kan muligens ha gått noe opp i de senere år, men i tiden fra 1977 - 85 ble det tatt noen prøver som hadde svært høye pH-verdier i forhold til de som er målt i

de senere år. For å gi et inntrykk av utviklingen over tid er middelkonsentrasjoner i Orva ved vei-  
bru for kopper og sink i de ulike måleperiodene fremstilt grafisk i figur 3.12.5.



Figur 3.12.5 Tidsveiede middelverdier for kopper og sink i Orva ved veibru.

### 3.12.6. Transportverdier - utviklingstrender

NIVA har gjennomført en rekke undersøkelser i området, men fordi formålet for og omfanget av undersøkelsene har vært forskjellige gjennom tidene, er det samlede datamaterialet inhomogent og det egner seg lite for en samlet statistisk bearbeiding. Vurdering av utviklingstrender for konsentrasjoner og transportverdier må derfor gjøres skjønnsmessig.

Som nevnt er det tre tidligere gruveområder som avgir forurensninger til Orva/Glomma:

- Arvedalen/Kongens gruve med velter og gruvevann
- Avgangsdammen ved flotasjonsverket ved Kongens gruve
- Sextus-området øst for Orvsjøen med gruvevann og velter

Tidligere undersøkelser NIVA har gjort har ikke vært tilstrekkelig detaljerte til å kvantifisere forurensningstransporten fra Sextus-området. På oppdrag fra Bergvesenet foregår det for tiden en undersøkelse, som i større grad fanger opp avrenningen fra veltene i området. Resultatene fra denne undersøkelsen vil først foreligge høsten 1995.

Fra Arvedalen/Kongens-området går det også forurenset vann til Orvsjøen. Mengden er aldri målt, men den er anslått i en tidligere NIVA-rapport (Arnesen 1991). I tabell 3.12.6 er disse verdiene samlet.

Det foregår en betydelig nøytralisasjon av surt gruvevann i nedbørfeltet og i Orvsjøen, slik at det foregår en utfelling og sedimentering av metallhydroksider. Dette bekreftes også av sediment-



analyser fra innsjøen. Det vil særlig være jern og i noen grad kopper som felles ut, mens sink er mer løselig under slike forhold.

Tabell 3.12.6 Forurensningstilførsler til Orvsjøen.

Område	Kilde	Sulfat tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Sextus	Gruvevann	≈ 10	0.5	2.5
	Overfl. avrenning	≈ 20	0.5	0.5
	Grunnvann		0.3	0.6
	Sum	> 30	1.3	3.6
Kongens	Hjulhusbekken	≈ 20	0.4	0.5
Totalt		> 50	1.7	4.5

Uten å gå detaljert inn på forurensningstransporten fra de enkelte kildene i Nordgruvefeltet er det samlet en del data for forurensningstransport i tabell 3.12.7. Som tidligere nevnt er datagrunnlaget for slike beregninger utilstrekkelig, og usikkerheten i tallene er relativt stor. En viss kontroll på kvaliteten i materialet får man likevel ved å sammenlikne summen av enkeltkildene med målte verdier i Orva ved veibru.

Tabell 3.12.7 Forurensningstransport fra Nordgruvefeltet til Orva (sammendrag).

En del verdier er anslått ut fra målinger i forskjellige perioder og reduksjonen p.g.a. tiltak er anslått ut fra erfaringer fra liknende forhold.

	Område	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
Før 1991	Orva v/utl. Orvsjøen	108	1.8	1.5	6.3	7.5
	Gruvevann, Kongens	234	28	5.7	9.9	12
	Avrenning dam	83	13.8	0.3	3.1	2.8
	Grunnvann	60	-	0.1	3.0	2.5
	Sum	485	43.6	7.6	22.3	25.1
	Orva v/ veibru	518	46.7	8.8	27.6	40
Etter 1994 An- slått	Orva v/utl. Orvsjøen	108	1.8	1.5	6.3	7.5
	Gruvevann, Kongens	234	28	5.7	9.9	12
	Avrenning dam	10	1.5	-	0.3	0.3
	Grunnvann	30	-	-	1.5	-
	Sum	382	31.3	7.2	18	19.8

### 3.12.7. Konklusjoner, Nordgruvefeltet

1. I den tiden NIVA har data for (1978 - 1993) har den samlede forurensningstransporten fra området endret seg lite. Fra mindre områder, f.eks. avgangsdammen ved Kongens gruve har antakelig transporten avtatt noe som følge av den utvaskingen som skjedde i avgangen som ble deponert her omkring 1970.

2. Tiltakene som har pågått i Kongens-området siden 1991, vil gi en reduksjon i forurensningen herfra. Det er imidlertid store forurensningskilder i området fortsatt, og relativt sett vil reduksjonen av metalltransport i Orva antakelig være beskjeden.
3. Før tiltak var transporten av metaller ut av Nordgruvefeltet til Orva beregnet til 7,6 tonn kopper, 22,3 tonn sink og 15 kg kadmium pr. år. Etter tiltak er de samme verdiene anslått til henholdsvis 7,2, 18,0 og 12,3.

### 3.12.8. Referanser, Nordgruvefeltet

Arnesen, R.T. og Grande, M. 1973

A/S Røros Kobberverk. En undersøkelse i Orvsjøen 1973.

NIVA-rapport 73101, Oktober 1973.

Arnesen, R.T. og Tjomsland, T. 1980

Røros Kobberverk, Vannforurensning fra gruver.

NIVA-rapport 78050, Serienr.: 1206,

Juni 1980.

Arnesen, R.T. 1989

Vannforurensning fra Nordgruvefeltet, Røros.

NIVA-rapport 87043, Serienr.: 2207, Februar 1989.

Arnesen, R.T. Iversen, E.R. Hals, B. og Lundgren, T. 1990

Vannforurensning i Nordgruvefeltet - Røros. Arbeidet i 1989

NIVA-rapport O-87043, L.nr.: 2413

Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Hals, B. og Ahlfors, J. 1991

Avrenning fra velter - Arvedalen gruve, Nordgruvefeltet, Røros

NIVA-rapport O-91156, L.nr.: 2715, 10 sider

Arnesen, R.T. og Iversen, E.R. 1994

Virkninger av øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen,

Nordgruvefeltet, Røros.

NIVA-rapport O-94917/O-93126/O-92123

Hovde, L.R. 1990

Løsmassedekkets betydning for avrenningen fra gruver, bergvelter

og avgangsdeponi ved Kongens gruve, Røros. Hovedoppgave i

faget Ingeniørgeologi, Bergavdelingen, NTH 1990.

Iversen, E.R. og Johannessen, M. 1985

Undersøkelse av avgangsdeponier i Rørosområdet, Orvsjøen og Djupsjøen.

NIVA-Rapport O-84077, Serienr.: 1704, Februar 1985.

Lingsten, L. 1982

Glåma i Hedmark. Delrapport 1978-80. Vannkjemi og planteplankton.

NIVA-rapport O-78045, Serienr.: 1436, Juni 1982.

Skirstad, R. 1990

Løsmassedekkets betydning for avrenningen fra gruver og bergvelter

ved Christianus Sextus gruve, Røros.

Hovedoppgave i faget Ingeniørgeologi, Bergavdelingen, NTH 1990.

### 3.13. Røros Kobberverk, Storwartz-området

#### 3.13.1. Lokalisering

Området som i denne sammenheng betegnes som Storwartz ligger nord-øst for Røros og omfatter en rekke større og mindre gruver. Det har gjennom tidene vært det største gruvefeltet for Røros Kobberverk, og allerede i 1644 ble den første virksomheten ved Storwartz Grube startet. Den fortsatte med kortere avbrudd inntil driften i Olavsgruva ble nedlagt i 1972/73. De viktigste gruvene i dette området gjennom tidene har vært: Gamle Storwartz (1644), Nyberget (1656), Hestkletten (1659), Solskinn (1673-74), Kvintus (1691) Ny Storwartz (1708) og Kronprins Olavs grube (1936).

I slutten av 1926 ble det installert utstyr for oppredning ved flotasjon i den gamle vaskeribygningen på Storwartz. Oppredningsverket ble dels drevet på malm fra gruvene i området, dels på veltegodts fra tidligere drift. Virksomheten i Storwartz-området ble nedlagt da Olavsgruva innstilte driften i juni 1972.

Den langvarige og varierte virksomheten som har vært i området, har medført at store mengder gruveavfall - flotasjonsavgang og bergvelter - finnes en rekke steder i området.

I tabell 3.13.1 er det samlet en del geografiske data om gruveområdet. Figur 3.13.2 viser kart over det aktuelle området.

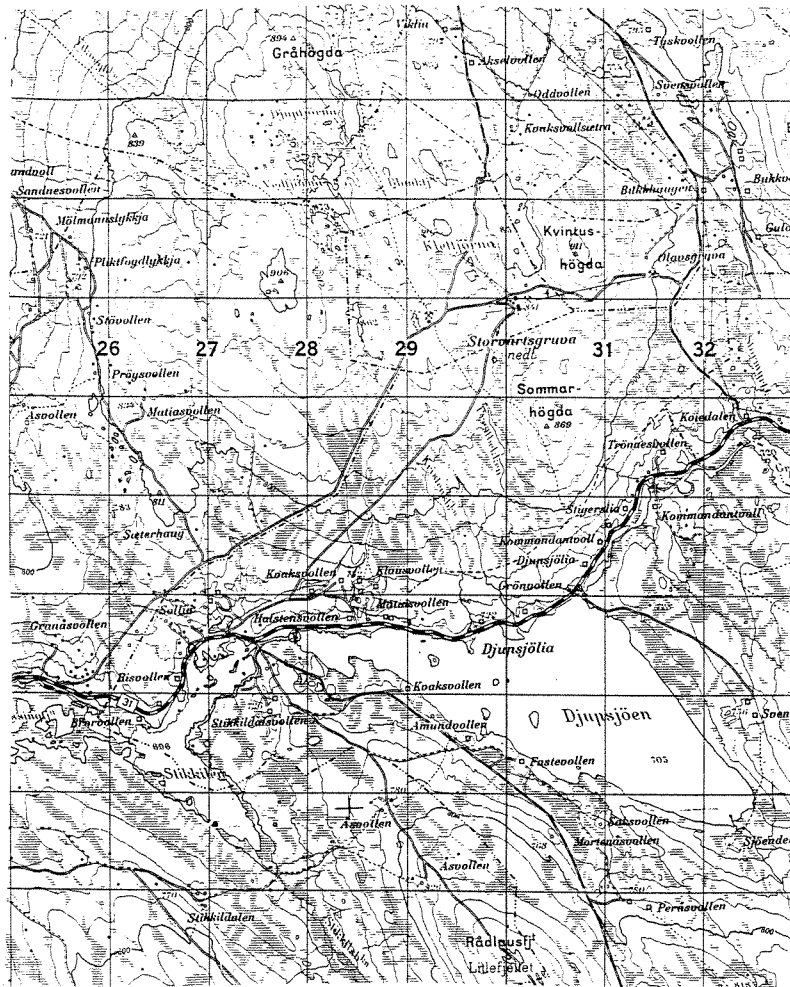


Foto: ARN

Figur 3.13.1 Røros Kobberverk. Storwartz-området med oppredningsverk og deler av avgangsdeponi, 1987.

Tabell 3.13.1 Geografisk informasjon om Storwartz gruveområde, Røros. Karthensvisningene er til Statens kartverks serie M711.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Sør-Trøndelag	Røros	Røros, 1720 III	32 V PQ 29/3146/47



Figur 3.13.2 Kart over Storwartz-området og aktuelle resipienter for avrenning fra gruveområdene.

### 3.13.2. Forurensningskilder

I tillegg til de forurensninger som skyldes avrenning fra velter og avgang, er det også utslipp av gruvevann fra flere av gruvene som finnes i området.

NIVA har gjennomført mer systematiske undersøkelser i Storwartz-området i tre perioder (Arnesen og Tjomsland 1980, Arnesen *et al.* 1990, 1991, Iversen og Arnesen 1992). Alle disse undersøkelsene har hatt som primært mål å vurdere hvilke forurensningskilder som finnes i området og beregne det relative bidraget fra hver av disse kildene.

Resultatene viser at:

- Gruveområdet rundt Olavsgruva med Nyberget, Solskinn, Kvintus og deler av Hestkletten har forholdsvis liten betydning for den samlede avrenningen fra området.
- Gruvevannet fra Storwartz gir et ubetydelig bidrag til tungmetalltransporten.
- Transporten av kopper og sink fra Hestkletten gruve utgjør ca. 15 % av den samlede avrenningen fra Storwartz.

- Hovedkilden for tungmetalltransporten fra Storwartz er avgangsdeponiene rundt oppredningsverket.

Fordi alle undersøkelserne er foretatt i korte perioder er usikkerheten i beregningene relativt stor. Det gjelder i særlig grad totaltransport, men også i noen grad fordelingen mellom kildene.

### 3.13.3. Resipientforhold

Kartene i figur 3.13.2 viser at all avrenning fra det aktuelle området renner til Hittervassdraget, og ved utløpet av Djupsjøen har all avrenning fra gruvene nådd vassdraget. Hydrologisk er området delt i to, med Prestbekken som primærresipient for det egentlige Storwartz-området og Stormyrbekken som primærresipient for gruvene rundt Olavsgruva. Prestbekken renner direkte til Djupsjøen, mens Stormyrbekken renner til Hitterelva som renner inn i Djupsjøen lengst i øst.

Det er tidligere gjort flere undersøkelser i Djupsjøen (Iversen og Johannesen 1985, Semb 1991, Grande 1991).

Det er registrert forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller i bekkene som renner ut av området. Fisken i Djupsjøen forsvant i 1930-årene på grunn av gruveforurensningene, men begynte å komme tilbake på 60- tallet. Sikbestanden anses idag for å være fin, med fisk av god kvalitet. Det fiskes også litt røye i innsjøen, mens det er lite ørret i selve Djupsjøen. Lengre ned i Hitterelva er det noe mer ørret.

### 3.13.4. Gjennomførte tiltak

I senere tid er det ikke foretatt tiltak for å redusere forurensningstransporten fra dette området. Omkring 1970 ble det bygget en dam for å redusere transporten av avgang til Djupsjøen gjennom Prestbekken. Denne dammen har antakelig hatt betydning for utviklingen i forurensningstransporten, idet den andelen av avgang som har ligget under vann ikke har bidratt vesentlig med forurensninger.

En betydelig andel av avgangen ligger fortsatt over vann, og erosjonen vil stadig flytte mer og mer avgang ut i den delen av dammen som fortsatt er vannfylt. Konsekvensene av dette er foreløpig bare delvis utredet. På den ene siden kan dette forbedre forholdene ved at mer av avgangen bringes under vann. På den annen side kan en stadig blottlegging av ny avgang opprettholde eller øke oksidasjonen som i dag fører til utløsning av tungmetaller.

### 3.13.5. Konsentrasjoner, virkninger

Tabell 3.13.2 viser et sammendrag av analyseresultatene fra de tre undersøkelsesperiodene.

En statistisk vurdering av dette datamaterialet tyder på at variansen for serien fra 1978/79 er så forskjellig fra variansene som ble funnet i 1990/91 og 1992 at t-testen strengt tatt ikke kan gjennomføres. Med de store variansene som er funnet i forhold til differansene i middelverdiene for de fleste komponentene er det ikke grunnlag for å påvise endringer i vannkvaliteten i løpet av den perioden det finnes data.

Tabell 3.13.2 Middelerverdi og standard avvik for analysedata for samlet avrenning fra Storwartz gruveområde. Kartreferanse for målepkt.: 32VPQ 299464.

	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
<b>1978/79</b>							
Middelerverdi	3.94	59.3	248	25.6	2.06	7.97	12.3
Std. avvik	0.51	17.8	90	23.8	2.07	3.78	7.9
Ant. obs.	13	13	13	13.0	13	13	9.0
<b>1990/91</b>							
Middelerverdi	3.95	43.7	240	7.3	0.98	4.02	3.1
Std. avvik	0.36	14.2		2.3	0.35	990	3.9
Ant. obs.	17	17	1	17.0	17	17	9.0
<b>1992</b>							
Middelerverdi	3.59	62.2	321	10.1	1.95	8.24	
Std. avvik:	0.17	8.9	61	4.9	0.49	586	
Ant. obs.	11	11	11	11.0	11	11	

Plasseringen av målepunktet for avrenningen fra Storwartz-området var litt anderledes i 1990 og senere enn ved prøvetakingene i 78/79 og 87/88. Tidligere er prøvene tatt ved utløpet fra avgangsdammen. En mindre bekk som drenerer en del av veltene ved Gamle-Storwartz renner inn i Prestbekken mellom det gamle målepunktet og det som nå er etablert. Som det fremgår av resultatene har dette neppe hatt stor betydning for måleresultatene.

I tabell 3.13.3 finnes et sammendrag av analyseresultatene for gruvevann fra Storwartz og den samlede avrenningen fra Hestkletten gruve. Disse to vannstrømmene bidrar til den samlede avrenningen fra Storwartz.

Tabell 3.13.3 Middelerverdier for analyseresultater for gruvevann fra Storwartz gruve (1990/91) og avrenning fra Hestkletten (1992).

Prøvested Kartreferanse	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
Gruvevann 32VPQ298469	6.28	44.5		5.06	0.2	3.3	
Avrenning 32VPQ304471	3.95	59.1	348.8	3.0	8.6	37.6	100

Gruvevannet er etter dette lite forurenset, mens avrenningen fra Hestkletten inneholder relativt mye tungmetaller.

### 3.13.6. Transportverdier - utviklingstrender

Beregning av transportverdier på grunnlag av eksisterende data er usikkert. For det første strekker ingen måleperiode seg over en full årssyklus. Dessuten er det umulig å anslå årlig midlere vannføring ut fra generelle hydrologiske data. Det var i mange år en betydelig lekkasje i dammen ved Klettjønn. Denne vannmengden kan ikke beregnes.

I tabell 3.13.4 er transportverdier i samlet avrenning fra Storwartz-området angitt. Verdiene er beregnet separat for de tre måleperiodene og for alle data samlet. Selv om målingene bare er utført over forholdsvis korte perioder, er transportverdiene angitt i tonn pr. år.

Tabell 3.13.4 Middelverdier for transport av forurensninger ved samlet avløp fra Storwartz-området. Beregningene gjelder data innsamlet i forskjellige tidsperioder. Alle verdier i tonn/år.

Periode	Sulfat	Jern	Kopper	Sink	Kadmium
1978/79	155	12.4	1.58	7.20	0.0114
1990/91		9.2	1.75	6.65	0.0040
1992	322	11.0	2.16	9.14	
Alle data	235	10.7	1.81	7.52	0.0075

Transportverdiene varierer en del fra periode til periode, for noen komponenter f. eks. kopper og kadmium, har det tilsynelatende vært en økning, mens det for jern og sink har gått både opp og ned. Det er grunn til å regne med at disse variasjonene kun skyldes ulike meteorologiske forhold og valg av prøvetakingstidspunkt. Som mest sannsynlige transportverdi er valgt datasettet som bygger på samtlige måleverdier.

For å få et bedre datagrunnlag for vurdering av transport av tungmetaller fra området og effekten av denne transporten i Hitterelva, er det satt i gang undersøkelser som skal vare frem til høsten 1995.

Undersøkelser i 1992 viste at andelen fra Hestkletten er forholdsvis liten, sannsynligvis av størrelsesorden 15 % på årsbasis. Andelen kan imidlertid variere betydelig i løpet av året avhengig av nedbør og klima. Avgangsdeponiet ved oppredningsverket antas å være den største kilden til metall-avrenningen.

I området rundt Olavsgruva har målingene vist at vannkvaliteten er lite endret i løpet av de siste ca. 15 år. Transporten herifra gjennom Stormyrbekken til Hitterelva synes ut fra eksisterende målinger å ha liten betydning for vannkvaliteten i Hitterelva.

### 3.13.7. Konklusjoner, Storwartz

Det er utført undersøkelser i Storwartz-området ved Røros, i tre forholdsvis korte perioder. Transportverdiene for tungmetaller i hver periode avviker noe fra hverandre, men ikke mer enn det kan ventes ut fra tilgjengelige data. Følgende konklusjoner kan trekkes:

- Transport av tungmetaller i Prestbekken har ikke endret seg vesentlig i løpet av de siste 15 årene og utgjør 1,8 tonn kopper, 7,5 tonn sink og 7,5 kg kadmium på år.
- Avrenningen gir høye kopper- og sinkkonsentrasjoner i Prestbekken og forhøyede metallkonsentrasjoner i Djupsjøen. Virkningen av dette er bare delvis undersøkt.
- En mer omfattende undersøkelse av avrenningen fra Storwartz-området og virkningene i Hitterelva er satt i gang høsten 1994, og vil være avsluttet i løpet av 1995.

### 3.13.8. Referanser, Storwartz

Arnesen, R. T. og Tjomsland, T. 1980

Røros Kobberverk, Vannforurensning fra gruver

NIVA-rapport O-78050, L.nr.: 1206, pp. 45, Juni 1980

Arnesen, R. T., Iversen, E. og Hals, B. 1990

Undersøkelser i Storwartz-området ved Røros, Arbeidet i 1990

NIVA-rapport O-91191, L.nr.: 2552, pp. 36, Des. 1990

Grande, M. 1991

Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger

NIVA-rapport O-89103, L.nr.: 2562, pp. 136, Mars 1991

Iversen, E. og Johannesen, M. 1985

Undersøkelse av avgangsdeponier i Røros-området, Orvsjøen og Djupsjøen

NIVA-rapport O-84077, L.nr.: 1704, pp. 30, Feb. 1985

Iversen, E. R. og Arnesen, R. T. 1992

Forurensningstransport fra Hestkletten gruve.

NIVA-rapport O-92124, L.nr.:2835, pp. 14, Des. 1992

Semb, R. 1991

En hydrografisk undersøkelse av Djupsjøen i Røros kommune.

Cand. scientoppg., Universitetet i Oslo, Limnologisk instiutt,

pp. 114, August 1991



### 3.14. Røstvangen Gruber, Tynset

#### 3.14.1. Lokalisering

Røstvangen Gruber ligger i Tynset kommune, sørvest for Stubbsjøen i Tunna-vassdraget. Området består av to klart adskilte deler som begge bidrar til vannforurensningen i området. Hovedresipient for avrenningen fra hele området er Tunna, som er en sideelv til Glomma. I tabell 3.14.1 er det samlet en del informasjon om områdets geografiske plassering.



Foto: ARN

Figur 3.14.1 Røstvangen, nedre område. Velte og vaskeri i 1987, før gjennomføring av tiltak

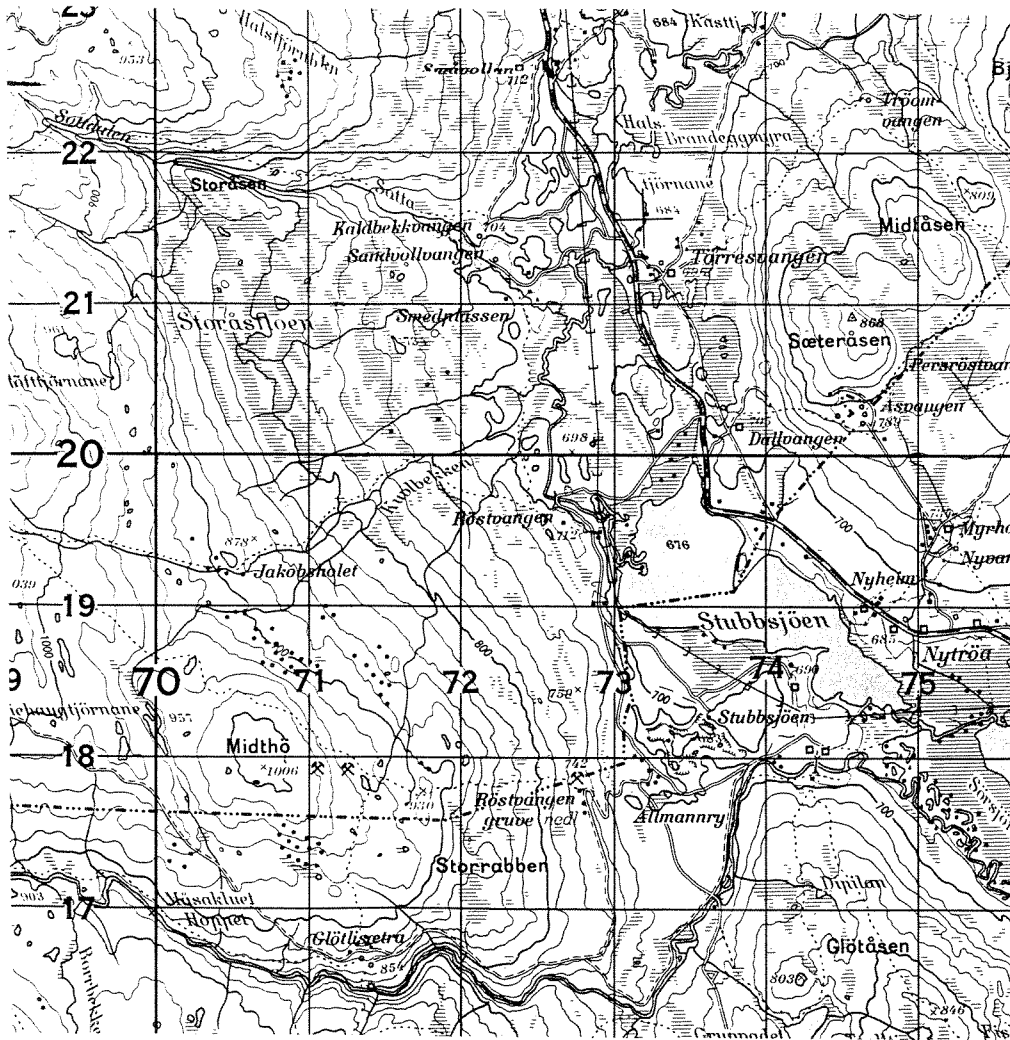
Tabell 3.14.1 Geografiske data om beliggenheten av Røstvangen Gruber, øvre og nedre område.

	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Øvre omr.	Hedmark	Tynset	Kvikneskogen 1619 IV	32V NQ7117
Nedre omr.	Hedmark	Tynset	Kvikneskogen 1619 IV	32V NQ7217

NIVA har foretatt flere undersøkelser av forurensnings situasjonen ved Røstvangen. Dette arbeidet er omtalt i tidligere NIVA-rapporter (Tjomsland *et al.* 1979, Arnesen og Iversen 1991, Arnesen 1992). Figur 3.14.2 viser et kart over området.

Tidligere drift ved Røstvangen Grube er bl.a. beskrevet av Foslie (1926). Gruva var i kontinuerlig drift fra 1906 - 20 og produserte i denne tiden 205 000 tonn eksportkis. Produktet ble transportert til jernbanen nær Tynset med en 23 km lang taubane.

Driften ga dårlig økonomisk resultat, noe som i følge Foslie skyldtes at det ikke ble bygget opprenningsverk i tide. Malmen måtte derfor lagres i lang tid i påvente av at et nytt vaskeri skulle komme i drift.



Figur 3.14.2 Kart over gruveområdene ved Røstvangen Grube. Det "øvre gruveområdet" ligger ved Midthø.

Elever ved Statens Skogsskole, Evenstad (Qvale 1972), beskrev gruve driftens slik:

"Forundersøkelsene til Røstvangen Gruber ble satt i gang i 1904/1905, mens selve driften av gruvene ble satt i gang i 1910 og gruvene ble nedlagt i 1920/21 for senere ikke å bli satt i drift igjen. Nytt vaskeri ble bygd i 1914, men dette ble i det hele tatt ikke tatt i bruk i produksjonen".

### 3.14.2. Forurensningskilder

NIVAs undersøkelser viste at det var gruveområdet, på fjellet, ca. 950 m.o.h., som hadde størst betydning for forurensningssituasjonen i hovedresipienten Tunna og Stubbstjøen. I dette området er terrenget stort sett snaufjell.

Det er tatt prøver fra veltene i det øvre området. Analyseresultatene viser at den ene av disse veltene skiller seg ut med betydelig høyere innhold av metaller og svovel enn de andre to. Sannsynligvis var denne velten den klart største forurensningskilden i området.

I tillegg til veltene bidro gruvevannet fra det øvre området med ca. 15 % av forurensningen fra området på fjellet.

Omkring 1920 ble det bygget et nytt vaskeri for oppredning av malmen fra gruvene på fjellet ca. 2 km lengre øst og 200 m lavere enn gruveområdet. I påvente av at vaskeriet skulle komme i gang, ble det på slutten av gruvas driftstid (1920/21) lagt opp en stor velte av råmalm i det nedre området. Også ved gruvene på fjellet ble det liggende en del ubehandlet kis ved nedleggelsen. Disse veltene med malm har vært viktige forurensningskilder i området frem til de seneste årene.

Avrenningen i det nedre området infiltreres i grunnen, noe som førte til synlige okerutfellinger. Dette ga først og fremst skade på mark, og det ble kun påvist meget lokale virkninger på overflatevann. Transporten av tungmetaller ut av det nedre området var og er antakelig meget liten, men det foregikk tidligere en akkumulering av tungmetaller i grunnen.

### 3.14.3. Resipientforhold

Fordi det er stor avstand mellom de to delene av gruveområdet, kan forurensningene påvirke to forskjellige primærresipienter. Hovedresipient for avløp fra hele Røstvangen-området er imidlertid Stubbsjøen i Tunna, som renner inn i Glomma ved Tynset. Vassdragssystemet som drenerer området er vist i figur 3.14.2.

Fra området på fjellet går avrenningen samlet til Kuvlbekken og Stubbsjøen, som derved får forhøyede konsentrasjoner av kopper.

Det øvre gruveområdet drenerer til et lite tjern. Utløpsbekken herfra rant tidligere nordøstover og løp sammen med Kuvlbekken som munner ut i Tunna like ovenfor utløpet i Stubbsjøen.

I beskrivelsen av Stubbsjøen som ble utarbeidet av elevene ved Statens Skogskole Evenstad (Qvale 1972), er virkning av gruveavrenningen på Stubbsjøen omtalt. Her fortelles det at det var tilløp til fiskedød i innsjøen mens gruva var i drift, men bare periodevis og i lite omfang. Dessuten blir det nevnt at avrenningen fra gruveområdet i 1934 ble ledet vekk fra den naturlige primærresipienten, Kuvlbekken og ned i det nedre området. Dette førte til at det forurensede vannet ble infiltrert i grunnen og Tunna og Stubbsjøen ble ikke lengre belastet med tungmetaller.

Gjennom årene har det vekslet mellom at avrenningen gikk til Kuvlbekken og til infiltrasjon i området ved vaskeriet. Dette stadige skiftet i valg av resipient gjør det umulig å sammenlikne måleresultater og transportverdier fra år til år. Bare for selve gruvevannet og samlet avrenning oppe i gruveområdet har det ikke vært endringer gjennom årene.

Det nedre området drenerte til en liten bekk som rant gjennom velten med råmalm ut i området nedenfor vaskeriet. Det er flere mindre dammer i terrenget her. I tørrværsperioder er dammene uten vann, og det var betydelige arealer som ble dekket av okerutfellinger. Disse dammene har kun avløp gjennom grunnen og det finnes ikke noe samlet overflateavløp fra det nedre området.

Avrenningsforholdene er imidlertid endret, slik at forurensningene fra det øvre området nå føres direkte til Tunna/Stubbsjøen. Omlegging av avrenningen har skjedd flere ganger siden det første gang er beskrevet i 1934, og det er ikke uten videre klart hvordan avrenningen fra det øvre området

har foregått ved de anledninger det er tatt vannprøver i Stubbsjøen. Antakelig har avrenningen gått via Kuvlbekken til Tunna ved de prøvetakingene som er omtalt i denne rapporten.

Etter at de siste tiltakene i området ble gjennomført i 1992 (se kap. 3.14.4), er avrenningen permanent ført til det nedre området for infiltrasjon i grunnen.

#### 3.14.4. Gjennomførte tiltak

I NIVAs rapport fra 1991 ble det foreslått tiltak som kunne forbedre forholdene i det nedre området. Det ble der foreslått enten å fjerne velten fullstendig, eller å dekke den med vann eller lufttett materiale. For at en tildekking skulle bli effektiv måtte velten flyttes eller arronderes.

Sommeren 1992 ble dette fulgt opp, og det ble gjennomført tiltak for å redusere avrenningen fra det nedre gruveområdet. Velten med råmalm ved vaskeribygningen ble flyttet noen hundre meter og ble fullstendig dekket med plastfolie (under og over).

Undersøkelsene i 1992 viste at det var meget stor forskjell i veltenes innhold av forurensende masser i det øvre området. Dersom en av veltene ble fjernet eller tildekket ble det antatt at forureningstransporten fra dette området kunne reduseres med minst 50 %.

Sommeren 1993 ble en del av veltene i det øvre området flyttet og lagt ut i det ovennevnte tjernet. Vannspeilet ble samtidig hevet slik at det avfallet som ble deponert der ble fullstendig dekket av vann. Vannstollen i gruva ble samtidig støpt igjen, slik at gruva gradvis vil bli fylt med vann. Det vil antakelig eliminere gruvevannet som forureningskilde.

#### 3.14.5. Konsentrasjoner, virkninger

Det er tatt prøver og gjort kjemiske analyser på gruvevann og samlet avløp i det øvre området og samlet avrenning i nedre område. Av disse stedene er det bare for samlet avrenning i det øvre området at det finnes måleserier fra ulike tidsrom. Det er derfor begrenset mulighet for å vurdere utviklingen i forureningsbelastningen. Sammendrag av vannkvalitetsdata fra Røstvangen finnes i tabellene 3.14.2 og 3.14.3.

Tabell 3.14.2 Analyser av vannprøver fra Røstvangen Gruber, øvre område.

	Dato	pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l
Utløp fra tjern, samlet avrenning fra øvre område							
Kartref.: 32 V NQ714178							
1977/78							
Middelverdi		3.05	163.2	1069	200	24.6	13.0
Standard avvik		0.52	84.1	788	133	15.1	8.7
1990/92							
Middelverdi		2.66	207.5	1120	237	26.2	15.0
Standard avvik		0.07	18.1	468	77	6.6	5.8
Gruvevann, øvre område (1991/92)							
Kartref.: 32 V NQ712179							
Middelverdi		2.62	217	1296	258	23.7	14.3
Standard avvik		0.08	22	435	45	7.2	4.9

Tabell 3.14.3 Analyseresultater fra Røstvangen Grube, nedre område.

	Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l
Bekk fra velte, samlet avrenning Kartref.: 32 V NQ729179							
Middelverdi		2.91	153.6	776	109	9.61	8.32
Standard avvik		0.14	62.0	410	67.9	4.28	3.96
	16.10.90	2.83	130	-	92	7	5.6

Resultatene i tabellen viser at avrenningen både i øvre og nedre område er sterkt sur og har høyt innhold av jern, kopper og sink. Verdier for kadmium er ikke angitt, fordi konsentrasjonene gjennomgående var lavere enn deteksjonsgrensen.

Da undersøkelsene ble utført i 1978/79 ble avrenningen fra øvre område ledet til nedre område. Da undersøkelsene ble gjennomført i 1990 ble denne avrenningen ført til Kuvlbekken. Det er likevel ikke mulig å påvise vesentlig forskjell i resultatene i det nedre området ved de to anledningene.

Fisket i Stubbsjøen har til tider vært dårlig, antakelig på grunn av avrenningen fra gruveområdet. I perioder, når avrenningen har vært ledet bort fra Kuvlbekken har forholdene etter sigende vært bedre, men noen utpregede effekter er ikke beskrevet. Dette forholdet er imidlertid ikke vurdert systematisk.

### 3.14.6. Transportverdier - utviklingstrender

For samlet avrenning fra det øvre området finnes det to dataserier. Begge seriene er imidlertid små og dekker bare korte tidsrom av året. For å vurdere om det har foregått endringer i løpet av de 13 årene som gikk mellom seriene (tabell 3.14.2) er middelverdiene sammenliknet med Student's t-test. For å kunne utføre en slik sammenlikning må ikke forskjellen mellom variansene for de to seriene være for stor. Dette er undersøkt ved en såkalt F-test. Resultatene av disse testene var følgende:

- pH, konduktivitet og vannføring hadde så store forskjeller i variansen at t-testen ikke kunne benyttes.
- For konsentrasjonene av sulfat, jern, kopper og sink tyder t-testene ikke på at det er forskjell i middelverdiene for de to periodene.

Dette betyr at det ikke er grunnlag for å hevde at det har skjedd noen endring i forureningstransporten fra det øvre området til tross for at de midlere transportverdiene er svært forskjellige (tabell 3.14.4) for alle komponenter. Serien i 1977/78 synes å ha gitt urimelig lave verdier. De virkelige verdiene antas å ligge nær dem som ble funnet i 1991/92.

Tabell 3.14.4 Materialtransport fra Røstvangen Gruber. Basert på målinger før tiltak ble gjennomført.

Område	Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
Øvre område, Gruvevann					
	1991/92	17.8	3.4	0.31	0.19
Øvre område, Samlet avrenning					
	1977/78	28.2	6.1	0.67	0.34
	1991/92	106	19	2.3	1.2
Nedre område, Avrenning fra velte					
1977/78	1977/78	58	9.7	0.76	0.51

I det nedre området var datagrunnlaget fra 1977/78 bedre (flere observasjoner), og det er antatt at de beregnede transportverdiene gir et rimelig anslag for reell transport. Da disse undersøkelsene ble foretatt, ble avrenningen fra det øvre området ledet gjennom velten i det nedre området. I tabell 3.14.4 er derfor avrenningen fra velten angitt som differansen mellom beregnet transportverdi nedenfor og ovenfor velten.

Tiltakene som er gjennomført i 1992 og 1993 antas å redusere forurensningstransporten betydelig. I det øvre området vil gruvevannets bidrag bli ubetydelig, i tillegg vil avrenningen fra veltene bli redusert med minst 50 %. I det nedre området ventes avrenningen av forurensninger å bli ubetydelig når forholdene har stabilisert seg.

Det er foreløpig ikke gjort målinger av avrenningen fra området, men tabell 3.14.5 viser forventede verdier for forurensningstransport fra Røstvangen.

Tabell 3.14.5 Anslåtte totale transportverdier fra Røstvangen etter tiltakene som er gjennomført. Tallene er ikke basert på målinger.

Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
44	8	1	0.5

Verdiene i tabell 3.14.5 er forsiktig anslått og det kan vise seg at reduksjonen blir større. For samlet avrenning fra øvre og nedre område ventes tiltakene å gi en reduksjon i koppertransporten på minst 60 - 70 %.

### 3.14.7. Konklusjoner - Røstvangen

1. Avrenningen fra Røstvangen har tidligere påvirket Stubbsjøen i Tunna slik at fisket har vært redusert. Hovedkilder for forurensningene var veltene i gruveområdet på fjellet og en velte nær restene av det gamle vaskeriet ved Stubbsjøen. Gruvevannet hadde liten betydning i forhold til totalbelastningen.

2. Årlig samlet belastning fra de to områdene som tidligere ga avrenning av tungmetaller, var ca. 3 tonn kopper og knapt 2 tonn sink pr. år. Anslagene er basert på forholdsvis korte måleserier, så usikkerheten er stor.
3. Det ble i 1992 og -93 gjennomført tiltak for å redusere forurensningstransporten, noe som forventes å redusere kopper og sinkmengden fra gruveområdet til henholdsvis 1 og 0.5 tonn pr. år. Dette tilsvarer en reduksjon på omkring 70 %.

#### **3.14.8. Referanser, Røstvangen**

Arnesen, R. T., Grande, M. og Tjomsland, T. 1979  
Vannforurensning fra gruver, Røstvangen og Kjølvi  
NIVA-rapport O-77061, L.nr.: 1109, pp. 49, April 1979

Arnesen, R. T. og Iversen, E. R. 1991  
Vannforurensning fra kisgruver - Røstvangen - Arbeidet i 1990  
NIVA-rapport O-90190, L.nr.: 2659, pp.17

Arnesen, R. T. 1992  
Vannforurensning fra kisgruver - Røstvangen - øvre område.  
NIVA-rapport O-91154, L.nr.: 2780, pp. 15+vedl.2, Juli 1992

Foslie, S. 1926  
Norges svovelkisforekomster, Norges geologiske undersøkelser nr. 127.

## 3.15. Skorovas Gruber

### 3.15.1. Lokalisering

Skorovas Gruber ligger i tettstedet Skorovatn i Namsskogan kommune i Nord-Trøndelag. Gruva ligger nær grensen til Røyrvik kommune, og en del av avrenningen fra gruva berører denne kommunen. I tabell 3.15.1 er en del data om beliggenheten samlet, mens figur 3.15.2 viser et enkelt kart over området. Gruveområdet ligger i det geologisk interessante Grongfeltet der flere kisforekomster er påvist. Elektrokemisk A/S ervervet gruverettighetene til Skorovas-forekomsten i 1913 og beholdt den frem til produksjonen startet i november 1953. Gruvas navn var på den tiden ELEKTROKEMISK A/S Skorovas Gruber.



Foto: ARN

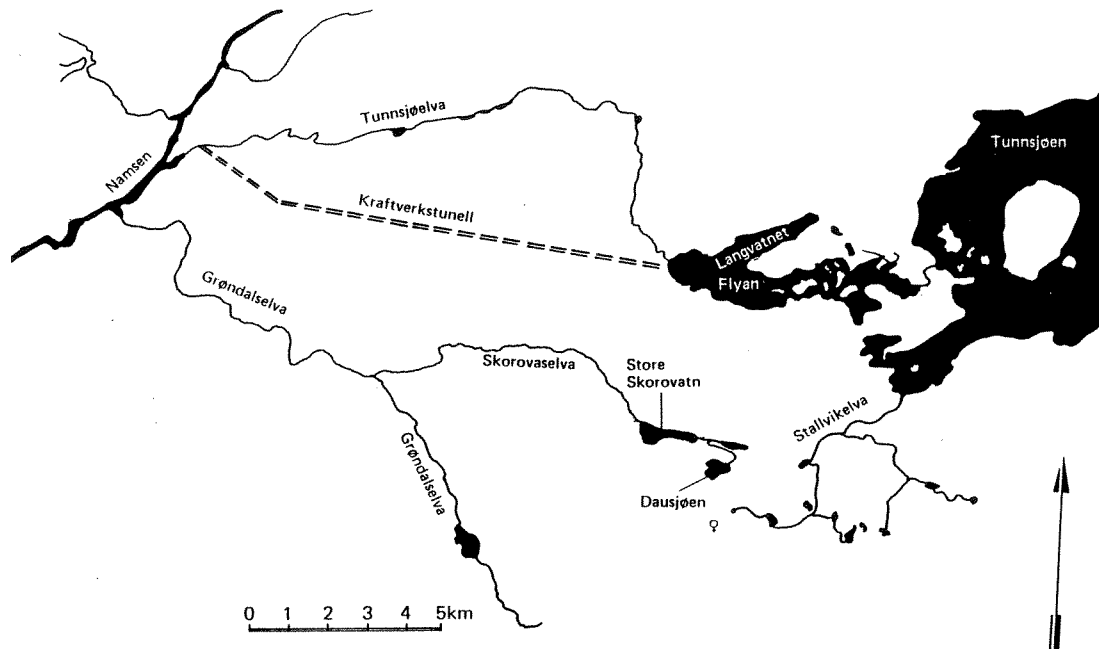
Figur3.15.1 Skorovas Gruber med Dausjøen i forgrunnen, 1987. Opp til venstre ligger gråbergvelten som ble flyttet til Dausjøen i 1990.

Tabell 3.15.1 Geografiske data om beliggenhet. Karthenvisningen gjelder Serie M711.

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Nord-Trøndelag	Namsskogan	1824 II	33WVM 0969

Det tok lang tid før det ble satt i gang produksjon i området. Utbyggingen startet i 1930-årene, men aktiviteten ble stanset på grunn av krigsutbruddet. Det ble igjen virksomhet i området i 1950, og produksjonen startet endelig i 1952. Regulær skipning av kis kom imidlertid først i gang i mars 1953, da taubanen til Kongsmoen ble åpnet.





Figur 3.15.2 Kart over området.

Nord for gruva finnes det mange gamle gruveskjerp. Bergarten her er rik på malmfunn og utvinning er gjort i mindre skala flere steder. Skjerpene er hovedsakelig drevet på svovelkis, men det er også blitt drevet på kobberkis og sinkblende. På grunn av dette og at kismineraler naturlig ligger udekket i området, var vassdragene preget av surt vann og forhøyede konsentrasjoner av metallsalter allerede før det ble startet gruvedrift i området. Det er rimelig å anta at området har hatt slik påvirkning siden siste istid.

Malmforkomsten går ut i dagen i Rauberget. Tidligere, fra århundreskiftet frem til 1940, ble det drevet undersøkelser på østsiden av Rauberget i området kalt Gammelgruva. Disse undersøkelsene etterlot flere hundre tonn kis i hauger, samt åpne stoller, blotninger og borehull.

Gruvedriften ble startet på den mest kopperholdige delen av malmen med opptil 3 - 4 % kopper. Etter hvert gikk man over til å bryte en mindre kopperholdig malm, og salgsproduktet ble etter hvert en finkis med ca. 45 % S, 1,3 % Cu, 1,7 % Zn og 0,05 % As.

Frem til november 1975 benyttet man synk/flyt-metoden kombinert med bulkflotasjon på finfraksjonen som oppredningsmetode ved Skorovas Gruber. Avgangen fra anlegget ble deponert i og på bredden av en liten innsjø - Dausjøen.

I november 1975 startet man et selektivt flotasjonsanlegg for kopper og sink i Skorovatn. Avgangen, som inneholdt svovelkisen, ble deponert under vann i Dausjøen. I perioden fra 1975

til virksomheten ble nedlagt i 1984 var utslipp av avgang noe under 200 000 tonn/år og svovelinnholdet var ca. 30 % S.

### 3.15.2. Forurensningskilder

I produksjonsperioden ble kisholdig gråberg ført direkte til en stor velte, "Gråbergtippen", på nordsiden av Rauberget, like over Dausjøen. Ved produksjonsstans i 1984 hadde Gråbergtippen et volum på ca. 150.000 m<sup>3</sup> tilsvarende 3 - 400.000 tonn avfallsmasse. På grunn av denne store velten med betydelig innhold av sulfider var avrenningen fra Dausjøens nedbørfelt surt og tungmetallholdig.

Avgangen fra flyt/synk-oppredningen ble deponert i og på bredden av Dausjøen. Kjemisk sammensetning av denne avgangen er ikke kjent, men det er synlige tegn på innhold av kismineraler som etter hvert ble oksidert og avga metaller.

Etter omleggingen av oppredningsprosessen til selektiv flotasjon, ble svovelet uinteressant og svovelkisen gikk derfor i avgangen. Dette førte til at avgangen ble mer reaktiv overfor luft og vann. Avgangen ble derfor ført ut i Dausjøen for å minske tilgangen på oksygen.

Da man startet selektivt flotasjon ble noe under 200 000 tonn avgang deponert under vann i Dausjøen og det må antas at det meste av innsjøens bunnareal er dekket. Denne avgangen fra oppredningen ble nedknust til en størrelse på ca. 20 - 100 µm.

I tabell 3.15.2 er avgangens sammensetning sammenliknet med den for en sedimentprøve fra Dausjøen.

Tabell 3.15.2 Kjemisk sammensetning av råmalm, avgang og sediment fra Dausjøen, Skorovas Gruber.

	Kopper %	Sink %	Jern %	Svovel %
Malm fra gruva	1.14	3.27	-	-
Avgang	0.22	1.18	-	-
Sediment, Dausjøen	0.13	0.49	25.5	25.9

Den tidligere prøvedriften i området gir også et visst tilskudd til forurensningen. De undersøkelser som ble drevet fra århundreskiftet og frem til 1940 på østsiden av Rauberget har også bidratt til forurensningen. Området som kalles "Gammelgruben" ligger i et område hvor malmen kommer ut i dagen. I dag finnes det flere hundre tonn kis i hauger, samt åpne stoller, blotninger og borhull. Foruten disse haugene er det lagt ut gråberg utenfor den såkalte "Gråbergstollen". Avrenningen fra Gammelgruben går til Gruvebekken som renner til Skorovasselva.

I tillegg til det deponerte avfallet fra gruvedriften var gruvevannet i Skorovatn en viktig forurensningskilde. Dette vannet ble pumpet ut i fra Gråbergstollen, som drenerer til Stallvikelva og Tunnsjøen.

### 3.15.3. Resipientforhold

Gruvedriften i Skorovatn påvirker to helt adskilte vassdrag, Skorovasselva/Grøndalselva og Stallvikelva/Tunnsjøen. Riktignok renner begge vassdragene til Namsen, men avstanden og fortynningen er så stor at den elven er lite influert av gruveavrenning. De ulike deler av de to vassdragene er vist i figur 3.15.2.

NIVA har arbeidet i området siden 1962, og fra 1970 har det vært årlige kontrollundersøkelser i området. Forurensningene fra Skorovas Gruber har hatt effekter på de biologiske forhold i begge de berørte vassdragene. Derfor har det årlige arbeidet omfattet både kjemiske og biologiske undersøkelser. En oversikt over alle rapporter fra disse undersøkelsene finnes i en tidligere NIVA-rapport (Arnesen og Iversen 1993).

#### Skorovasselva/Grøndalselva

Skorovass-området drenerer naturlig til de to små innsjøene Dausjøen og Lille Skorovatn. Herfra renner avløpene sammen i en bekk som renner inn i Store Skorovatn i øst. Fra utløpet av Store Skorovatn kalles elva Skorovasselva, som etter ca. 7 - 8 km renner sammen med Grøndalselva. Vassdraget munner ut i Namsen ved Lassemoen.

Alt gruveforurensset vann rant tidligere ut i Dausjøen. Ved tiltakene i 1974 ble deler av dreinsvannet ført utenom Dausjøen, direkte til Dausjøbekken. Hydrologiske data for Skorovasselva og innsjøene er samlet i tabell 3.15.3. Under driften i oppredningsverket var vannføringen ut av Dausjøen ca. 200 l/s, nesten det dobbelte av naturlig vannføring på grunn av driftsvann i verket. Dette førte til at vannføringen ble noe jevnere enn det ellers ville vært tilfelle. Innsjøens areal er ca. 0,26 km<sup>2</sup>.

#### Stallvikelva

Gruvevannet ble tidligere ført til Stallvikelva som renner nordøstover til Stallvika i Tunnsjøen, som etter overflateareal er nr. 7 blant landets største innsjøer. Fra Tunnsjøen renner Tunnsjøelva til Namsen. Hydrologiske data for Stallvikelva finnes i tabell 3.15.3.

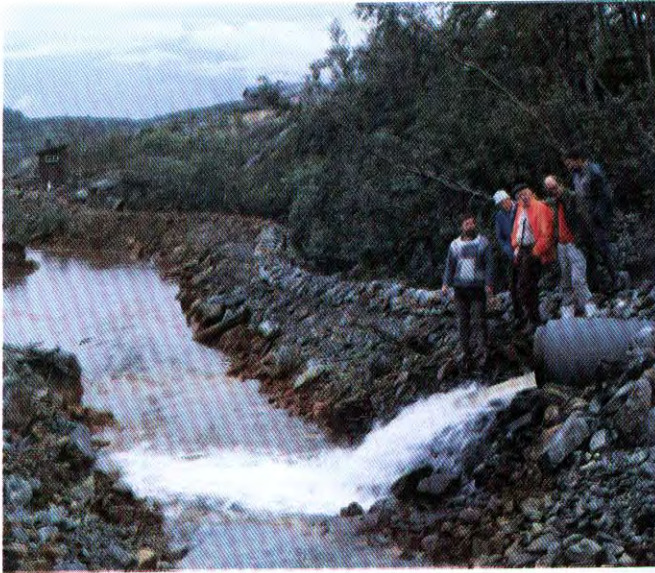
Tabell 3.15.3 Hydrologiske data for de ulike vassdragsdelene som er påvirket av gruveavrenning.

Vassdragsområde	Areal km <sup>2</sup>	Avrennings- koeffisient l/s·km <sup>-2</sup>	Midlere vannføring m <sup>3</sup> /s
Utløp Dausjøen	2.8	47	0.132
Utløp Store Skorovatn	14.1	48	0.677
Skorovasselva v/ Grønd.elva	21.0	43	0.903
Grøndalselva v/ Namsen	39.2	40	1.57
Stallvikelva v/ Tunnsjøen	35	34	1.2

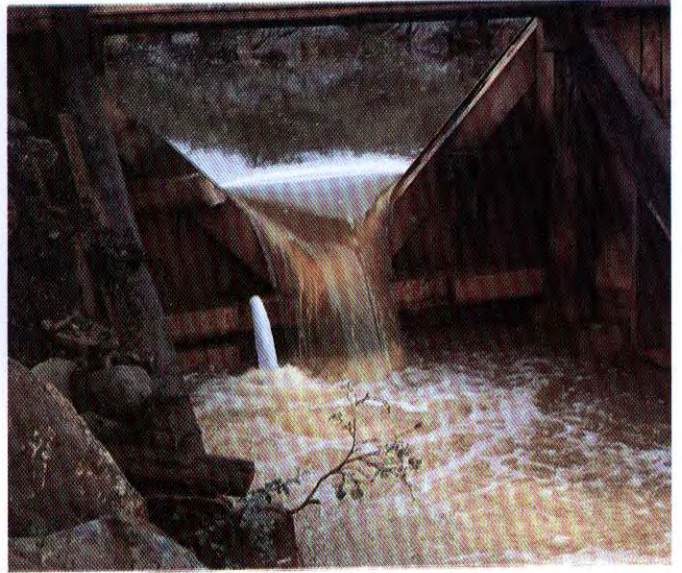
### 3.15.4. Gjennomførte tiltak

Ved nedleggelsen av virksomheten i Skorovatn i juni 1984 ble bunnen av Dausjøen dekket med et lag med nedmalt gråberg. Utlegging av gråberglaget ble avsluttet i september. I denne perioden ble utslippet til Dausjøen kalket, samtidig som hovedmengden av sure tilløp ble ledet utenom innsjøen direkte til Dausjøbekken. Avskjæring av sure tilløp og etablering av en stasjon for kalkdosering i Dausjøbekken var ferdig i november 1984. Fra denne tid og frem til mars 1991 ble avløpet fra gruveområdet kalket, slik at tungmetallene i stor grad ble felt ut som hydroksider. Kalkmengden var ca. 300 tonn pr. år og hydroksidslammet sedimenterte stort sett i Store Skorovatn.

Figur 3.15.3 Bildene viser situasjonen i vassdraget nedenfor Dausjøen mens avrenningen ble kalket (1984 - 1991)



Samlet avrenning fra Skorovas Gruber for kalking. Sivevann fra gråbergvelt kommer inn fra høyre.



Kalkdosering i overløpsprofilen for samlet avrenning.



Dausjøbekken etter kalking.



Målestasjon for vannkvalitet. Utløp Store Skorovatn.

Flere år etter at driften ble nedlagt ble Elkem A/S, av SFT pålagt å flytte Gråbergvelten til Dausjøen og holde den dekket av vann for å hindre oksidasjon av sulfider. Denne operasjonen ble gjennomført i 1990 og var avsluttet i september.

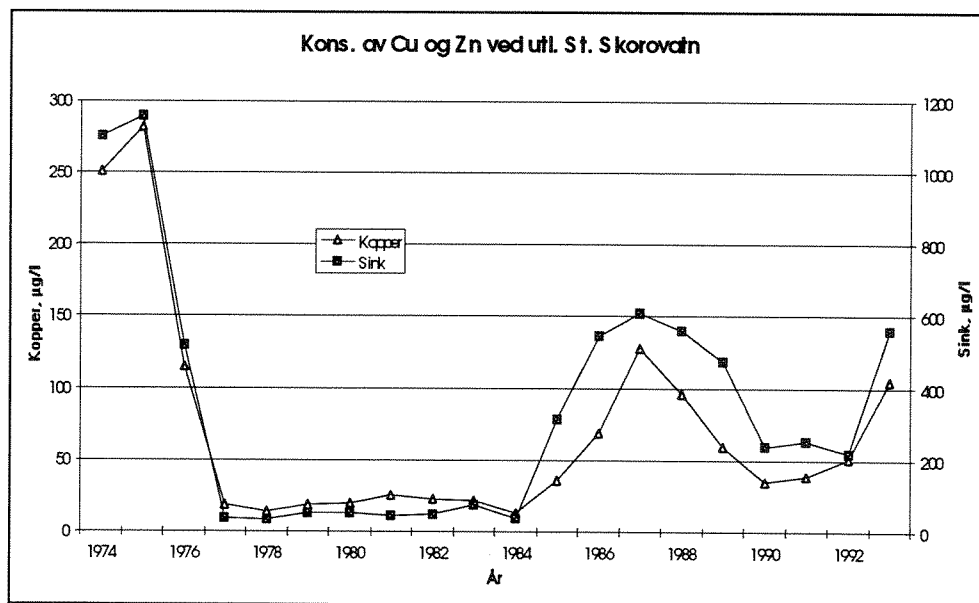
En stor del av forurensningsbelastningen kom fra det sure gruvevannet som ble ført til Stallvikelva, For å hindre tilgangen på luft til kisflatene inne i gruva ble Elkem A/S pålagt å tette Gråbergstollen slik at vannspeilet i gruva ble hevet maksimalt. I oktober 1990 ble arbeidet med tettingen av gruva startet. Det ble støpt betongpropper i stollåpningene og tilført vann for at oppfyllingen skulle skje raskt. Målet var å fylle gruva til kote 670 m.o.h. Hvis gruva ble fylt med vann til dette nivået ville over 80 % av kisflatene i gruva bli dekt med vann.

I november 1992 ble det avdekket en lekkasje, som ble tettet umiddelbart. En ny lekkasje ble avdekket i juni 1993, i området nedenfor den første lekkasjen. Dette er i området rundt gammelgruben, og fjellet der er noe oppsprukket. Det er derfor lite trolig at lekkasjen kan tettes helt, men den ble redusert fra 2 l/s til 0,1 l/s. Overløpet fra gruva renner etter gjenstøpning av Gråbergstollen mot Dausjøen og ikke som tidligere til Stallvikelva.

### 3.15.5. Konsentrasjoner, virkninger

NIVA har utført kontrollundersøkelser i de berørte vassdrag siden 1970. I de senere år er programmet for disse undersøkelsene trappet ned. I 1991 har NIVA f.eks. kun analysert en prøve fra utløpet av Dausjøen.

I tabell 3.15.4 er årlige tidsveiede middelveier for analysedata fra utløp av Store Skorovatn samlet. Figurene 3.15.4 viser analyseresultatene grafisk. Dette målepunktet fanger i dag opp praktisk talt all forurensning fra gruveområdet. Før 1990/91 rant gruvevannet til Stallvikelva, men etter gjenstøpning av Gråbergstollen ledes avløpet til Store Skorovatn og Skorovasselva.



Figur 3.15.4 Tidsveiet årsmiddel for konsentrasjon av kopper og sink i utløp av Store Skorovatn.

Allerede før driften kom i gang i 1953 var det ikke fisk i Dausjøen og bekken ned til Store Skorovatn. Også Store Skorovatn og elva ned til samløpet med Grøndalselva var tilnærmet fisketom (Huitfeldt-Kaas 1938). Herifra og ned til Namsen var det rikelig med småaure. I Stallvikelva ned til Tunnsjøen var det også mye småaure.

Ved undersøkelser i 1963 (Bergmann-Paulsen og Arnesen 1965) ble det funnet at Grøndalselva var fisketom ned til Namsen. Begroings- og bunndyrsamfunnene var også meget fattige, og effekter kunne spores på Namsens østside et stykke nedover forbi Lassemoen.

Ved omleggingen av driften i Skorovatn i 1976 skjedde det en vesentlig forbedring av forholdene i Skorovasselva og Grøndalselva. De reduserte tilførsler av tungmetaller resulterte i at fisk igjen vandret opp i Grøndalselva fra Namsen. Noe fisk kom også fra deler av vassdraget ovenfor. I 1992 ble det funnet normalt med fisk nederst i Grøndalselva, men i -93 og -94 var det lite fisk på denne lokaliteten. Utviklingen i bunndyrsammfunnene har i stor grad foregått parallelt med forekomsten av fisk. Ovenfor samløpet med Grøndalselva har imidlertid Skorovasselva hele tiden vært betydelig påvirket og fisketom.

Det har vært meget stor variasjon i vannkvaliteten i vassdraget i løpet av den tiden NIVA har drevet undersøkelser i området. I årene frem til 1975 var konsentrasjonene av kopper og sink høye - kopper 200 - 300 µg/l og sink over 1 mg/l. Høsten 1975 sank konsentrasjonen av tungmetaller i utløp av Dausjøen meget raskt, da det ble innført selektiv flotasjon av kisen. Avgangens høye pH og den gunstige virkningen av avgangspartikler ga en effektiv fjerning av tungmetallene. I denne perioden sank pH i utløp av Store Skorovatn.

Forklaringen på denne pH-senkningen fra Dausjøen til utløp av Store Skorovatn er oksidasjon av tiosulfat. I denne perioden ble det påvist høye konsentrasjoner av denne forbindelsen i Dausjøen. Senkningen av pH i Store Skorovatn førte imidlertid ikke til at tungmetallinnholdet steg. D.v.s. at tidligere utfelte metaller i sedimentene i Store Skorovatn ikke ble løst igjen.

Da virksomheten ble nedlagt i 1984, steg etter hvert tungmetallinnholdet noe igjen, til tross for at det samlede avløpet fra området ble tilsatt hydratkalk. Noe av metalltransporten ut av området kan ha vært utfelte hydroksidpartikler som ikke rakk å sedimentere i Store Skorovatn på grunn av vindpåvirkningen. Særlig gjaldt denne stigningen sink.

I tabell 3.15.5 og i figur 3.15.5 finnes middelverdier for kopper og sink i gruvevannet. I de siste årene før driften ble nedlagt i 1984, steg tungmetallinnholdet sterkt i gruvevannet. Dette kan ha hatt sammenheng med et ras i gruva på denne tiden. I årene etter nedleggelsen fortsatte denne stigningen, spesielt i sinkkonsentrasjonen, frem til 1987. I 1990 ble utløpet fra gruva i Skorovatn stengt, og det er meningen at den skal bli fylt med vann. I og med at tilførselen av gruvevann stanset, sank kopper- og sinkkonsentrasjonen i Stallvikelva drastisk.

Stallvikelva har i hele undersøkelsesperioden vært fisketom helt ned til Tunnsjøen. Begroings- og bunndyrsammfunn var også påvirket lokalt utenfor munningen av Stallvikelva. Både de kjemiske analysene og tester med bunndyr og fisk viste at det var giftvirkninger av kopper og sink som forårsaket at Skorovasselva, Grøndalselva og Stallvikelva hadde redusert bunndyrfauna og var fisketomme.

I Stallvika økte tungmetallinnholdet sterkt utover i perioden 1972 - 87. Dette førte til at effekter på fisk og bunndyr spredte seg utover i Stallvika. Undersøkelser av bunndyrfauna i 1984 viste at denne var svært fattig, noe som skyldtes gifteffekten, men også reguleringer og innsjøens næringsfattige status.

Tabell 3.15.4 Sammendrag av analyseresultater for prøver fra utløp Store Skorovatn.

År		pH	Kond	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1975	Middel	5.14		33.3	220	282	1157	
	Antall	13		13	6	13	13	
	Std.avv.	0.77		6.7	168	79	281	
1976	Middel	6.07	11.4	37.8	137	115	518	
	Antall	13	1	13	8	13	13	
	Std.avv.	0.88		10.6	330	142	654	
1977	Middel	5.55	14.6	54.3	76	19	39	
	Antall	13	1	13	4	13	13	
	Std.avv.	1.01		20.4	46	8	18	
1978	Middel	5.12	16.3	61.5	102	14	33	
	Antall	13	1	13	5	13	13	
	Std.avv.	0.87		10.7	38	5	11	
1979	Middel	5.04	15.0	58.8	135	18	53	
	Antall	12	3	12	4	12	12	
	Std.avv.	0.64	6.1	14.5	24	6	23	
1980	Middel	5.12	16.9	57.5	158	20	51	
	Antall	12	5	12	5	12	12	
	Std.avv.	0.55	3.6	14.4	73	7	17	
1981	Middel	4.72	16.0	63.0	177	25	44	
	Antall	12	12	12	7	12	12	
	Std.avv.	0.22	3.1	14.4	91	15	31	
1982	Middel	4.93	16.2	63.0	115	22	48	
	Antall	13	13	13	6	13	13	
	Std.avv.	0.59	3.3	16.5	20	9	23	
1983	Middel	5.63	14.5	52.6	108	22	74	0.23
	Antall	12	12	12	12	12	12	2
	Std.avv.	0.77	3.1	14.1	44	11	37	0.16
1984	Middel	6.42	12.7	44.7	132	13	38	
	Antall	11	11	11	11	11	11	
	Std.avv.	0.38	3.0	11.7	159	8	14	
1985	Middel	6.68	10.9	37.6	303	36	311	0.81
	Antall	12	12	12	12	12	12	7
	Std.avv.	0.16	2.5	9.5	555	33	263	0.66
1986	Middel	6.37	10.2	36.6	189	68	547	1.48
	Antall	12	12	12	12	14	14	7
	Std.avv.	0.42	1.8	7.5	218	46	139	0.35
År		pH	Kond	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1987	Middel	6.02	8.5	29.2	184	128	608	1.36
	Antall	13	13	13	12	13	13	6
	Std.avv.	0.41	2.3	8.1	257	52	179	0.66
1988	Middel	6.32	8.2	27.5	157	96	560	1.09
	Antall	12	12	12	12	12	12	7
	Std.avv.	0.26	1.5	6.4	206	43	152	0.31

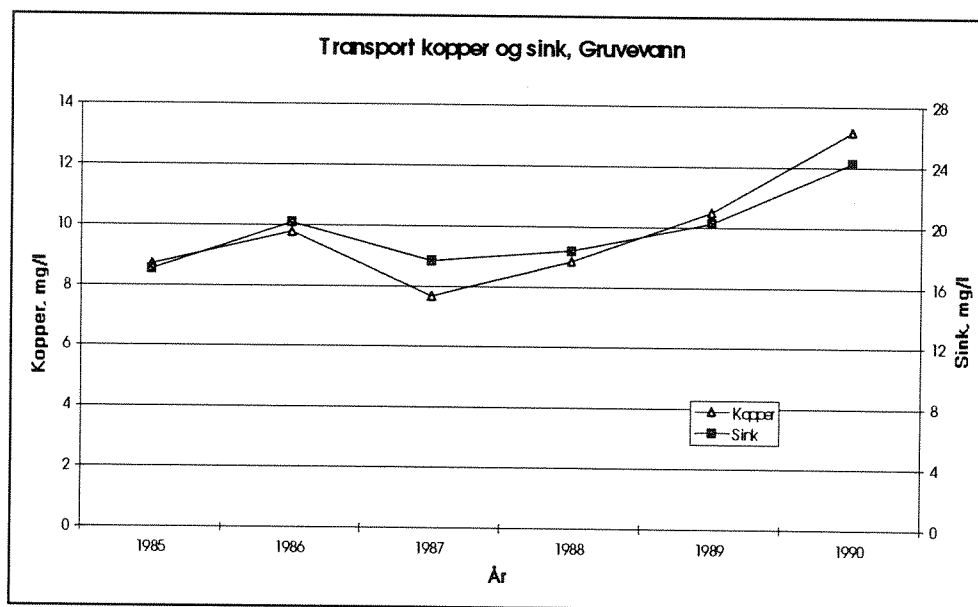
Tabell 3.15.4 forts.



Tabell 3.15.4 Sammendrag av analyseresultater for prøver fra utløp Store Skorovatn. Forts.

År		pH	Kond	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
	Antall	12	12	12	12	12	12	8
	Std.avv.	0.16	2.6	10.3	140	26	176	0.44
1990	Middel	6.75	6.8	18.3	221	34	238	0.53
	Antall	12	12	12	13	13	13	9
	Std.avv.	0.32	1.8	7.5	199	21	190	0.39
1991	Middel	6.09	6.4			39	252	0.46
	Antall	12	12			12	12	12
	Std.avv.	0.33	2.4			22	140	0.26
1992	Middel	5.63	7.2	21.0		51	218	
	Antall	12	12	10		12	12	
	Std.avv.	0.61	1.2	5.9		20	73	
1993	Middel	4.54	9.6	25.7		104	562	
	Antall	11	11	11	1	11	11	
	Std.avv.	0.67	2.3	5.0		41	218	

Siden utslippet av gruvevann er opphørt, er det i dag meget god vannkvalitet i Stallvikelva, og både bunndyrfauna og fisk er kommet tilbake i nedre del av vassdraget. Hittil er denne utviklingen imidlertid lite undersøkt. Det er også et åpent spørsmål hvordan situasjonen i Skorovatn vil utvikle seg når det på ny blir overløp av gruvevann, Antakelig vil dette vannet ha en betydelig bedre kvalitet enn det som tidligere ble ført til Stallvikelva.



Figur 3.15.5 Tidsveiede årsmiddel for konsentrasjonen av kopper og sink i gruvevann fra Skorovas Gruber.

Tabell 3.15.5 Sammenndrag av analysedata for gruvevann fra Skorovas Grube, Gråbergstollen.

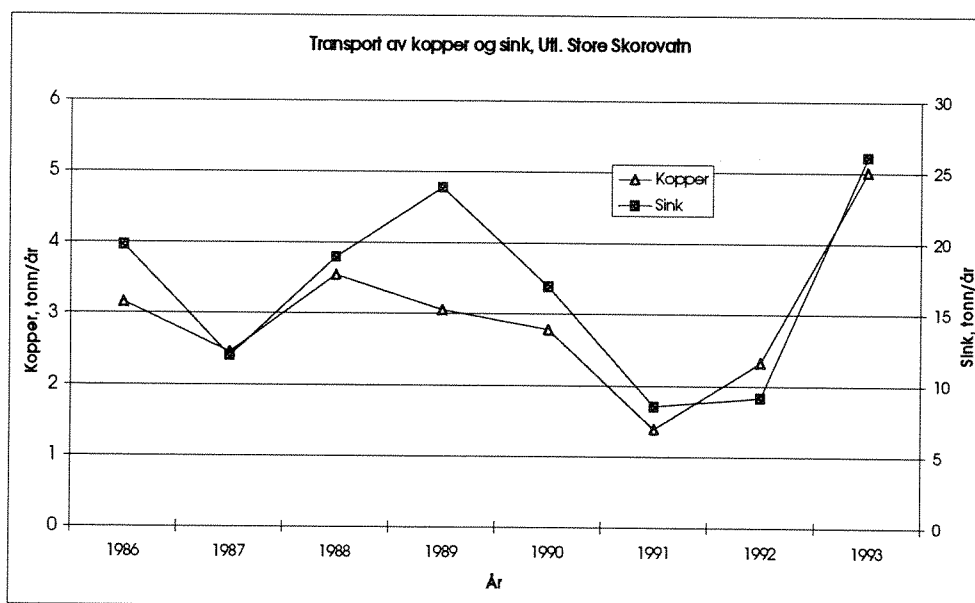
År		pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
1975	Middel	2.54		2246	598	37.7	135.8	
	Antall	12		12	5	12	12	
	Std.avv.	0.07		271	128	9.3	35.3	
1976	Middel	2.59		2823	599	48.5	142.4	
	Antall	13		13	6	13	13	
	Std.avv.	0.10		655	123	23.9	33.9	
1977	Middel	2.64		2534	611	41.1	136.5	
	Antall	13		13	4	13	13	
	Std.avv.	0.11		954	242	20.9	55.4	
1978	Middel	2.59		2258	791	42.3	117.8	720
	Antall	13		13	5	13	13	1
	Std.avv.	0.15		996	433	21.7	110.5	
1979	Middel	2.57		2886	716	43.5	172.7	
	Antall	12		12	4	12	12	
	Std.avv.	0.08		975	174	15.3	74.2	
1980	Middel	2.62	309.8	2552	472	58.6	142.4	
	Antall	13	5	13	6	13	13	
	Std.avv.	0.15	88.1	1236	302	50.4	85.5	
1981	Middel	2.58	338.5	2835	546	50.6	153.4	
	Antall	12	12	12	7	12	12	
	Std.avv.	0.08	58.5	875	152	18.6	32.8	
1982	Middel	2.62	317.7	2657	483	62.7	139.3	
	Antall	13	13	13	5	13	13	
	Std.avv.	0.10	105.5	1462	286	46.4	64.0	
1983	Middel	2.56	431.5	4304	1037	103.9	217.3	498
	Antall	12	12	12	12	12	12	4
	Std.avv.	0.09	147.7	2185	481	69.1	87.7	119
1984	Middel	2.51	396.6	3939	954	68.7	199.9	
	Antall	11	11	11	12	12	12	
	Std.avv.	0.08	73.2	1387	373	18.1	55.0	
1985	Middel	2.45	498.3	6382	1517	117.2	320.3	583
	Antall	12	12	12	12	12	12	5
	Std.avv.	0.06	152.7	1534	566	52.6	119.6	318
1986	Middel	2.48	586.3	7258	2080	130.0	340.5	707
	Antall	12	12	12	12	12	12	8
	Std.avv.	0.12	78.6	1520	521	36.6	45.8	119
1987	Middel	2.46	576.5	7314	2082	125.2	345.8	737
	Antall	13	13	13	13	13	13	6
	Std.avv.	0.05	173.0	3221	1001	38.4	80.4	176
1988	Middel	2.43	609.5	7244	2410	138.9	329.4	734
	Antall	12	12	12	11	12	12	7
	Std.avv.	0.03	177.1	2806	907	27.9	71.4	127
1989	Middel	2.42	554.1	6619	2027	124.3	259.3	601
	Antall	12	12	12	12	12	12	7
	Std.avv.	0.04	69.8	1536	401	17.0	45.4	103
1990	Middel	2.36	592.2	7291	2284	129.4	256.5	519
	Antall	10	10	10	9	10	10	6
	Std.avv.	0.08	105.8	1971	849	27.9	33.8	100

### 3.15.6. Transportverdier - utviklingstrender

I tabell 3.15.6 er tidsveiede verdier for materialtransport ut av Store Skorovvatn for årene 1986 - 1993 samlet. Figur 3.15.6 viser resultatene for kopper og sink i samme periode grafisk. Det foreligger lite data om vannføringer fra tidligere år, men ut fra konsentrasjonsdata er det rimelig å anta at metalltransporten ut av Store Skorovvatn var betydelig lavere i årene 1977 til 1984, og at transporten også i 1985 var lavere enn i 1986. De lave verdiene for metalltransport i 1991 og til dels i 1992 har antakelig sammenheng med miljøtiltakene som ble gjennomført ved flytting av Gråbergvelten. Avrenningen fra området var liten fordi vannstanden i Dausjøen ble hevet i første del av 1991, og vannet i Dausjøen var kalket slik at en stor del av metallinnholdet ble felt ut.

Tabell 3.15.6 Tidsveiede årsmiddel for transport av forurensninger ut fra Store Skorovvatn.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1985					
1986	1074	10.4	3.2	19.8	52.0
1987	587	4.6	2.5	12.0	31.6
1988	1001	5.6	3.5	19.0	38.4
1989	1193	7.4	3.1	23.9	52.5
1990	1277	21.4	2.8	16.9	
1991			1.4	8.5	15.4
1992	732		2.3	9.1	
1993	1045		5.0	26.1	



Figur 3.15.6 Tidsveiede årsmiddel for transport av kopper og sink ut fra Store Skorovvatn.

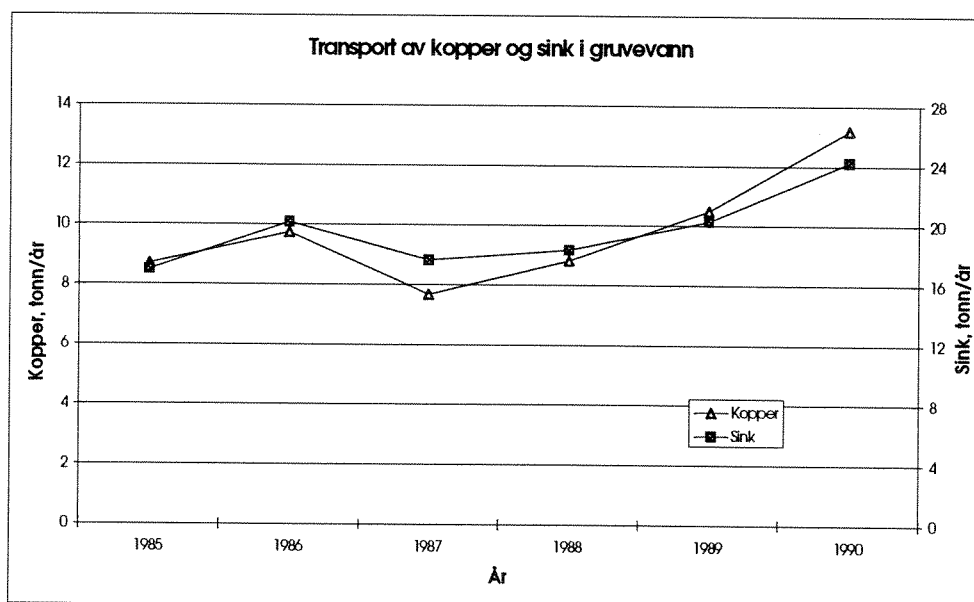
Økningen i metalltransporten i 1992 og ytterligere i 1993 kan ha sammenheng med lekkasjer av gruvevann. Gruvevannet er nå stabilisert på det nivå det vil ha i fremtiden, og målinger i 1994 tyder på at metalltransporten ved utløpet av Store Skorovatn har vært lav sett i forhold til 1993.

Forurensningstransporten i gruvevannet i årene 1985 - 90 er samlet i tabell 3.15.7. og i figur 3.15.7 er tilsvarende data for transport av kopper og sink fremstilt.

Tabell 3.15.7 Tidsveiede årsmiddel for transport av forurensninger i gruvevannet fra Skorovas Gruber, Gråbergstollen.

År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1985	424	106	8.7	17	33
1986	511	151	9.8	20	42
1987	429	125	7.7	18	41
1988	425	139	8.8	18	40
1989	537	171	10.5	20	47
1990	730	225	13.2	24	50

Det synes å ha vært en økende trend i disse verdiene frem til 1990 da forurensningstransporten ut av Gråbergstollen praktisk talt ble eliminert. Etter den tid er transport fra denne kilden inkludert i verdiene for utløp av Store Skorovatn.



Figur 3.15.7 Tidsveiede årsmiddel for transport av kopper og sink i gruvevannet fra Skorovas Grube, Gråbergstollen

### 3.15.7. Konklusjoner, Skorovatn

Forurensningssituasjonen i Skorovatn-området har gjennom årene endret seg mye, og det er vanskelig å gi en generell beskrivelse av utviklingen. Det har f.eks. ikke vært noen varig trend for endring av forurensningstransporten. De to hovedkildene for forurensning har hele tiden vært Gråbergvelten utenfor hovedstollen i gruva, og gruvevannet som ble ledet ut av Gråbergstollen. De ulike driftsforholdene og varierende tiltak mot forurensning har hatt stor betydning for den forurensningsmengden som til en hver tid har påvirket vassdragene rundt gruva. Følgende konklusjoner kan likevel trekkes om utviklingen i området, uten at de kan tallfestes eksakt:

- Skorovasselva var i -60 og tidlig i -70-årene betydelig mer belastet med kopper og sink enn den senere har vært.
- Da selektiv flotasjon ble innført i 1975, avtok forurensningstransporten antakelig drastisk, og biologiske forhold i vassdraget ble etter hvert praktisk talt normalisert.
- Da gruvevirksomheten opphørte i 1984 økte metallkonsentrasjonene til tross for at avrenningen til Skorovasselva hele tiden ble kalket. Transportverdiene for tungmetaller økte antakelig omtrent tilsvarende konsentrasjonsøkningen, uten at det kan belegges med tall.
- Først i 1985/86 ble det igangsatt enkle vannføringsmålinger på avrenningen fra gruveområdet, slik at transportverdier kunne beregnes med noenlunde sikkerhet. I tabell 3.15.8 er total forurensningstransport (sum gruvevann og avrenning fra velte) samlet.

Tabell 3.15.8 Total transport av kopper og sink fra gruveområdet i Skorovatn. Verdiene er sum av verdier fra utløp av Store Skorovatn og gruvevann.

År	Kopper tonn/år	Sink tonn/år
1985	> 10	> 30
1986	12.9	40
1987	10.1	29.7
1988	12.4	37.3
1989	13.5	44.2
1990	16	41.2
1991	1.4	8.5
1992	2.3	9.1
1993	5.0	26.1

Av tabellen fremgår det at total metalltransport har avtatt betydelig siden 1985, men å tallfeste reduksjonen er umulig med det tilgjengelige datagrunnlaget. For kopper er transporten omtrent halvert, for sink er den redusert med omkring 30 %. En skjønsmessig vurdering av verdiene i tabell 3.15.6 og 3.15.7 tyder på at reduksjonen for kadmium er minst så stor som for kopper.

### 3.15.8. Referanser, Skorovatn

Arnesen, R. T. og Bergmann-Paulsen, B. 1965

En undersøkelse av vassdragsforurensninger 1962 - 1964 for Elektrokemisk A/S Skorovas Gruber

NIVA-rapport O-62042, pp. 151, August 1965

Arnesen, R. T. og Bjerkeng, B. 1979

Utløsning fra deponert avgang i Dausjøen. Utredning for Elkem-Spigerverket A/S - Skorovas Gruber

NIVA-rapport O-78083, pp. 47, Juni 1979

Arnesen, R. T. 1979

Alkalibehov for avløp fra Dausjøen.

Elkem-Spigerverket A/S - Skorovas Gruber

NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1167, pp. 11, Des. 1979

Arnesen, R. T. og Bjerkeng, B. 1979

Utløsning fra deponert avgang i Dausjøen. Utredning for Elkem-Spigerverket A/S - Skorovas Gruber

NIVA-rapport O-78073, pp. 47

Bergmann-Paulsen, B. 1962

Undersøkelse over virkningen av avløp fra Elektrokemisk A/S

Skorovas Gruber på Stallvikelva og Skorovasselva/Grøndalselv

NIVA-rapport O-62042, pp. 26, 5.oktober 1962

Grande, M. og Mundheim, Ø. 1970

Kontrollundersøkelse i vassdrag for Elektrokemisk A/S Skorovas Gruber, August 1970

NIVA-rapport O-62042, pp. 13

Grande, M. og Mundheim, Ø. 1972

Kontrollundersøkelse i vassdrag for Elkem A/S Skorovas Gruber 1971

NIVA-rapport O-62042, pp. 27, April 1972

Mundheim, Ø. 1972

Dumping av kis i Dausjøen, En del laboratorieforsøk til belysning av problemet

NIVA-rapport O-62042, pp. 36, Feb. 1972

Grande, M. og Arnesen, R. T. 1973

Kontrollundersøkelse i vassdrag for Elkem A/S - Skorovas Gruber (1972)

NIVA-rapport O-62042, pp. 18, Mars 1973

Grande, M. og Arnesen, R. T. 1974

Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1973, Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber

NIVA-rapport O-62042, pp. 21, Juni 1974

- Grande, M., Iversen, E. R. og Arnesen, R. T. 1975  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1974,  
Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, pp. 31, Juli 1975
- Grande, M., Iversen, E. R. og Arnesen, R. T. 1976  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1975,  
Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, pp. 33, Juni 1976
- Grande, M., Grande, E. R., Arnesen, R. T. og Andersen, S. 1977  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1976,  
Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, pp. 49, Juli 1977
- Grande, M., Iversen, E. R., Arnesen, R. T. og Andersen, S. 1978  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1977,  
Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, pp. 85, August 1978
- Grande, M., Iversen, E. R., Arnesen, R. T. og Andersen, S. 1980  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1978,  
Elkem Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1185, pp. 59, Feb. 1980
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1980  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1979,  
Elkem Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1212, pp. 57, Juni 1980
- Damsleth, E. 1980  
Tidsrekkeanalyse av data fra Skorovas Gruber  
Norsk Regnesentral, Prosjekt nr. 022290 Publ.nr.: 660,  
pp. 50, Feb. 1980
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1981  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1980,  
Elkem-Spigerverket A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1326, pp. 67, Oktober 1981
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1982  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1981,  
Elkem A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042. L.nr.: 1405, pp. 46, August 1982
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1983  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1982,  
Elkem A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1520, pp. 47, Juni 1983

- Grande, M. og Iversen, E. R. 1984  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1983,  
Elkem A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1651, pp. 55, Juli 1984
- Grande, M., Iversen, E. R. og Bildeng, R. 1985  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1984,  
Elkem A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1736, pp. 53, Juli 1985
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1986 .  
Skorovas Gruber, Vurdering av forurensningssituasjonen  
i Stallviksvassdraget/Tunnsjøen  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1817, pp. 40, Jan. 1986
- Grande, M., Iversen, E. R. og Løvik, J. E. 1986  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1985,  
Elkem A/S-Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1933, pp. 59, Des. 1986
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1987  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1986,  
Elkem - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 1995, pp. 121, Mai 1987
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1988  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1987,  
Elkem - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 2140, pp. 57, Juli 1988
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1989  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1988,  
Elkem - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 2260, pp. 50, Juli 1989
- Grande, M. og Iversen, E. R. 1990  
Kontrollundersøkelser - Skorovas gruber 1989,  
Elkem A/S - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 2458, pp. 50, Juli 1990
- Grande, M. og Iversen, E., R. 1991  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1990  
Elkem A/S - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 2601, pp. 18+fig., Juni 1991
- Grande, M. og Iversen, E., R. 1992  
Kontrollundersøkelser - Skorovas Gruber 1991  
Elkem A/S - Skorovas Gruber  
NIVA-rapport O-62042, L.nr.: 2690, pp. 17, Feb. 1992
- Huitfeldt-Kaas, Hartvig 1938  
Rapport til Elektrokemisk A/S



## 3.16. Sulitjelma Bergverk, Fauske kommune

### 3.16.1. Lokalisering

Sulitjelma Gruber ligger i Fauske kommune i Nordland fylke (Figur 3.16.1). I tabell 3.16.1 finnes en del data om gruenes geografiske beliggenhet.



Foto: IVE

Figur 3.16.1 Sulitjelma Bergverk. Giken elv med tilførsel av gruvevann

Området var uten fast bosetning frem til 1848, da de første nybyggerne slo seg ned ved Langvatnet. Det første malmsfunnet i Sulitjelma ble gjort omkring 1858. Dette førte til nærmere undersøkelser i 1870, uten positive resultater. I 1887 ble Mons-Petter gruve funnet drivverdig. Forsøksdrift kom i gang, og etter hvert ble en rekke betydelige forekomster oppdaget. Et hovedproblem for utviklingen av gruedriften i Sulitjelma var den vanskelige transporten. I 1891 ble selskapet Sulitjelma Aktiebolag dannet, med hovedsete i Helsingborg, Sverige.

Tabell 3.16.1 Geografiske data om beliggenheten av noen viktige gruver i Sulitjelma.  
Alle ligger i Fauske kommune i Nordland fylke.

Gruve	Åpnet	Nedlagt	Kartblad	Rute
Mons-Petter 1 og 2	1887 (1975)	1912 (1986)	Sulitjelma, 2129 II	33W WQ 4746
Giken 1 og 2	1892 (1961)	1991 (1991)		33W WQ4747
Ny-Sulitjelma	1893	1965		33W WQ 4947
Charlotta 1 og 2	1894 (1961)	1971 (1990)		
Jakobsbakken	1896	1968		33W WQ 4342
Hankabakken 1	1901	1981		
Bursi	1902	1981		33W WQ 4349
Sagmo	1906	1987		33W WQ 4445

I 1933 ble dette selskapet omdannet til det norske selskapet A/S Sulitjelma Gruber og gruvene kom inn under konsesjonsloven, med 50 års konsesjonstid. Fra 1933 og fram til 1983 drev dette selskapet gruvene og i 1937 gikk aksjemajoriteten over på norske hender. Fra juli 1983 da konsesjonstiden utløp, ble bedriften statseid og forandret navnet til Sulitjelma Bergverk AS.

I Sulitjelma har det vært gruvedrift på mer enn 10 forskjellige steder, hvorav de viktigste er nevnt i tabell 3.16.1.

Fra 1887 har det vært kontinuerlig drift i Sulitjelma og på det høyeste var det ca. 2000 ansatte.

Gruvene i Sulitjelma har i det alt vesentlige vært drevet som underjords-gruver, men det har vært noen små forsøk med dagbruksdrift.

Inntil 1928 ble som eksportprodukt fremstilt kopperholdig svovelkis, den såkalte "finkis" (ved herdevasking og setsemaskiner). Av avgangen fra herdevasking og setsemaskinene ble det ved flotasjon fremstilt et lavprosentig kopperkonsentrat som gikk til smeltehytten, men som ble eksportert etter 1919, da smeltehytten stoppet.

I 1928 ble oppredningsverket ombygget til helflotasjon av all råmalm. Fra da av ble produktene kopper-, sink- og kiskonsentrat. På grunn av stigende innhold av magnetkis, ble det satt i gang flotasjon av dette fra 1939.

I 1929 ble det bygget en ny smeltehytte for kopperkonsentratet fra flotasjonsanlegget. Dette var den første kopperhytte i verden, basert på elektrisk smelting. Ovnen var tidligere utviklet i Sulitjelmas gamle smeltehytte. Etter hvert gjennomgikk smeltehytta såvidt omfattende moderniseringer at da den ble nedlagt i 1987, var nesten ingen ting igjen av den opprinnelige fra 1929.

Kopperkonsentratet som holdt ca. 24 % Cu, ble sendt til den nye smeltehytta for videreforedling.

Sinkkonsentratet holdt frem til 1953 42 - 44 % Zn, men prosessen ble da forbedret, slik at sinkinnholdet økte til 48 - 50 %.

I 1987 ble smeltehytta i Sulitjelma nedlagt, og alle produkter ble sendt ut for videreforedling.

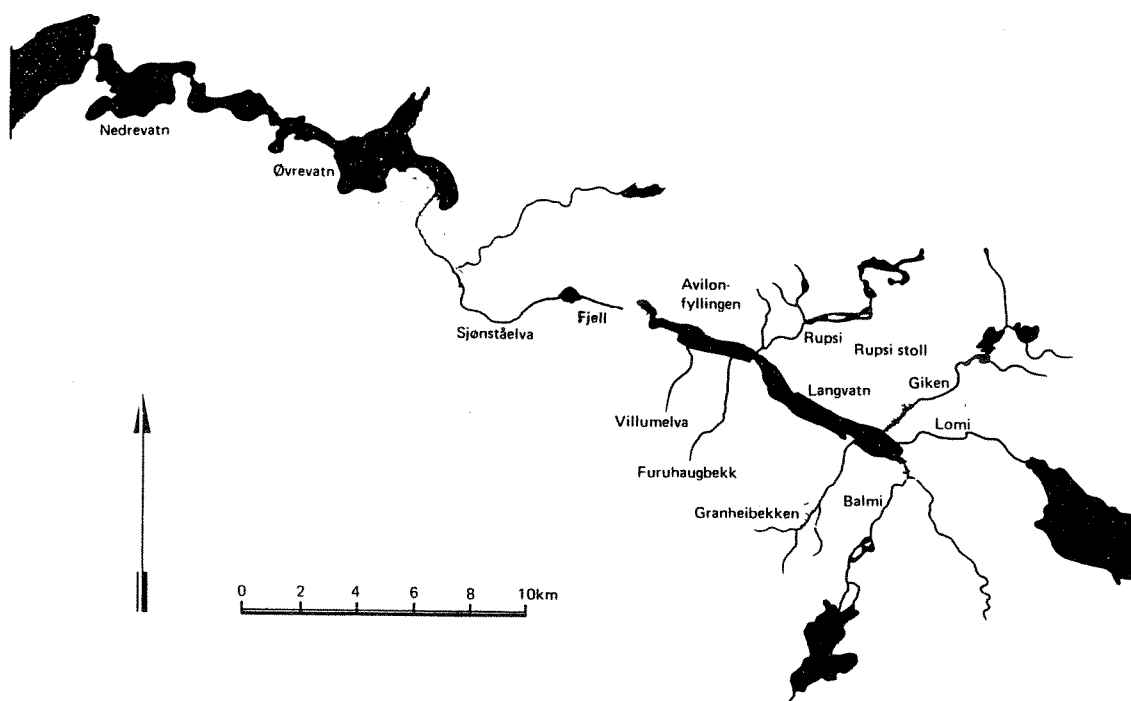
Det har vært kontinuerlig drift i gruvene siden 1891 og hvert år har gitt sitt bidrag til produksjonen, som sammenlagt plasserer Sulitjelma blant landets største kisforekomster.

I 1962 ble det bygget nytt oppredningsverk. Avgangen herfra ble deponert i og ved Langvatnet. Fra omkring 1975 ble avgangen deponert under vann i Langvatnet.

Tabell 3.16.2 viser produksjon og råmalmens gehalter i noen utvalgte år.

Tabell 3.16.2 Produksjon og gehalter i råmalm fra Sulitjelma i noen utvalgte år.

År	Produksjon tonn/år	Kopper % Cu	Sink % Zn	Svovel % S
1949	263200	1.42	1.27	21.9
1956	258700	1.56	0.71	20.2
1975	450000	1.65	0.4	14.0
1988	186891	1.65	0.25	16.0



Figur 3.16.2 Kartskisse over Sulitjelmavassdraget.

Produksjonen har variert med årene, og har på det høyeste vært ca. 500 000 tonn råmalm.

Totalt er det levert ca. 26 millioner tonn råmalm fra gruvene siden starten.

NIVA har arbeidet med gruveforurensningen i Sulitjelma siden 1973. Alle data fra disse undersøkelserne finnes i rapporter som er listet i kapittel 3.16.8.

### 3.16.2. Forurensningskilder

For forurensningssituasjonen generelt har den geografiske spredningen av gruveområdene stor betydning. Når det gjelder deponering av avgang er forholdene imidlertid annerledes, idet all oppredning i nyere tid har foregått sentralt i verket nær elva Gikens utløp i Langvatnet.

Avgangen fra oppredningsverket er hele tiden deponert ved og i Langvatnet, dels i strandsonen, og dels på dypt vann. Idag ligger en betydelig mengde avgang over vann som en banke ut i Langvatnet, nær oppredningsverket. Det nåværende oppredningsverket ble bygget i 1962. I perioden 1962 - 1977 ble avgangsmasse fra flotasjonsanlegget deponert i strandsonen til Langvatnet. Disse massene dekker i dag et areal på ca. 15 000 m<sup>2</sup> over vann-nivået, og utgjør totalt flere hundre tusen tonn. Analyser fra dette området viser ca. 0,2 % kopper og sink og ca. 15 % svovel. Fra 1977 og fram til nedleggelsen ble avgangsmassene deponert på minimum 10 meters dyp i Langvatn. I alt utgjør dette 2,5 - 3 millioner tonn avgang med 0,03 % kopper, 0,04 % sink, 8,8 % jern og 2,3 % svovel.

Ved etableringen var det et hovedmål å skaffe svovelkis til svovelsyreproduksjon i Sverige. Midt i 1970-årene ble markedet for svovelkis borte, og Sulitjelma Gruber A/S deponere en kort periode svovelkisen sammen med avgangen. Dette varte imidlertid bare noen måneder, og helt frem til driften ble nedlagt i 1991 ble det produsert svovelkis.

Det er vanskelig å kvantifisere metalltransporten som skyldes avgangsdeponiet i Langvatnet, fordi det aldri er gjort undersøkelser for å vurdere dette nærmere.

Gråberg fra oppfaringdriften er de siste 10 - 15 år kjørt ut av gruvene og plassert i fyllinger ut i Langvatnet. Ved en rekke større og mindre gruver i området er gråberg deponert ved dagåpningene uten at man kjenner volum og svovelinnhold i disse tippene. Den største tippet er ved Jakobsbakken gruve og det antas at denne er en av de mere svovelkisrike i området.

Mens det var drift i smeltehytta, ble slagg deponert ved siden av området med avgang. Antakelig er dette et inert materiale, men det er aldri gjort noen nærmere vurdering av hva disse deponiene betyr hver for seg.

Hovedmengden av tungmetaller som tilføres Langvatnet i Sulitjelma kommer fra gruvevannet fra de mange gruvene i området. Velter og spesielt avgang spiller i denne sammenhengen mindre rolle.

### 3.16.3. Resipientforhold

Primærresipient for all avrenning fra gruvene i Sulitjelma er Langvatnet. Dette er en langstrakt innsjø med et maksimalt dyp på ca. 90 m og en lengde på ca. 10 km. I de senere år er innsjøen blitt sterkt regulert, noe som også gjelder tilløpselvene.

Avrenning fra Langvatnet skjer gjennom Sjønståelva som renner ut i Øvrevatn ved Lakså. Normalt tas hele Sjøstøelva inn i Sjøstø Kraftverk som har utløp innerst i Øvrevatn. Øvrevatn har et maksimalt dyp opp mot 400 m, mens overflaten bare ligger 1 m over havets nivå. Denne innsjøen er lagdelt og tidevannspåvirket. I det øverste sjiktet er det ferskvann/brakkvann. Saltvannspåvirkningen øker gradvis og på ca. 20 m dyp er det et skarpt skille mellom brakkvann og mer saltholdig vann. Fra 25 - 30 m avtar oksygeninnholdet, og under 50 m er det anoksisk sjøvann med økende mengder hydrogensulfid. Normalt tas hele Sjønstøelva inn i Sjøstø kraftverk, som har utløp innerst i Øvrevatn.

Fra Øvrevatn renner vannet til Nedrevatn som er en bukt i Fauskevika, avsnørt fra denne med et smalt sund.

Som midlere vannføring i Sjønståelva i årene 1986 - 1993 er valgt 29 m<sup>3</sup>/s. Denne verdien er beregnet på grunnlag av produksjonen i Sjønstå Kraftverk. For å beregne årlig midlere vannføring i de enkelte årene er denne verdien korrigert med avviket fra normal nedbør i det aktuelle året.

#### 3.16.4. Gjennomførte tiltak

Som nevnt er hovedkildene for forurensning i Sulitjelma gruvevann fra de mange gruvene i området, spesielt fra dem på nordsiden av Langvatnet. Etter at driften ble nedlagt i 1991 har Sulitjelma Bergverk stengt en rekke gruveåpninger. Ved Jakobsbakken er den tidligere vannstollen støpt igjen, slik at en større del av gruva blir satt under vann. I gruvesystemet nord for Langvatnet er pumping av gruvevann stanset, slik at gruvene etter hvert fylles med vann. Hvor høyt vannstanden i gruva skal heves, er det foreløpig ikke tatt standpunkt til. Å sette hele dette systemet av gruverom under vann krever ytterligere tiltak.

Veltene i området er små, og forurensningsmengden fra dem har vært forholdsvis liten. Bortsett fra en viss opprydning lokalt er det gjort lite med dem til nå.

I de senere år ble avgangen i stor utstrekning deponert under vann i Langvatnet. Den andelen som nå ligger i strandsonen ble vurdert flyttet, dels som påsetning i oppredningsverket, dels for flytting under vann. Ingen av disse alternativene var gjennomførbare, blant annet å grunn av faren for utrasning ved bruk av maskiner. En mengde avgang ligger derfor fortsatt over vann ved Langvatnet nedenfor flotasjonsverket.

#### 3.16.5. Konsentrasjoner, virkninger

Flere av tilløpene til Langvatnet er sterkt påvirket av gruveforurensninger. Den største og mest iøynefallende er Giken, som drenerer området på nord-vestsiden av Langvatnet. På sørsiden av Langvatnet drenerer Granheibekken bl.a. området ved Jakobsbakken.

All avrenning fra gruvene i Sulitjelma passerer Langvatnet og renner ut i Sjønståelva ved Hellarmo. I tabell 3.16.3 finnes et sammendrag av analysedata fra utløp av Langvatnet. De samme data er fremstilt grafisk i figur 3.16.3.

Antall prøvetakinger pr. år og dermed datamaterialets pålitelighet har variert mye i løpet av årene siden 1973 da NIVAs målinger startet. Bortsett fra i 1973, var det først i 1987 at det kom i gang regelmessige prøvetakinger i vassdraget. Det ser likevel ut til å ha vært en svakt avtakende tendens i konsentrasjonen av kopper og sink fra 1973 og fram til 1991. I 1993 var konsentrasjonen av kopper og sink lavere enn i tidligere år, noe som kan ha sammenheng med at utslipp av gruvevann er betydelig redusert.

Tungmetallkonsentrasjonen i utløpet fra Langvatnet har vært så høy at det sannsynligvis ikke kunne leve fisk i innsjøen. Dette var også situasjonen slik observasjoner i innsjøen viste. I 1993 var kopperkonsentrasjonen så mye lavere at man nærmer seg det kritiske området for om fisk kan leve i innsjøen. Tungmetallinnholdet er imidlertid fortsatt høyt og det var ved utgangen av 1993 lite informasjon om at forholdene har endret seg. På grunn av tiltakene i området, bl.a. at gruvevannet ikke slippes ut, er det grunn til å regne med en bedring i vannkvaliteten i Langvatnet.

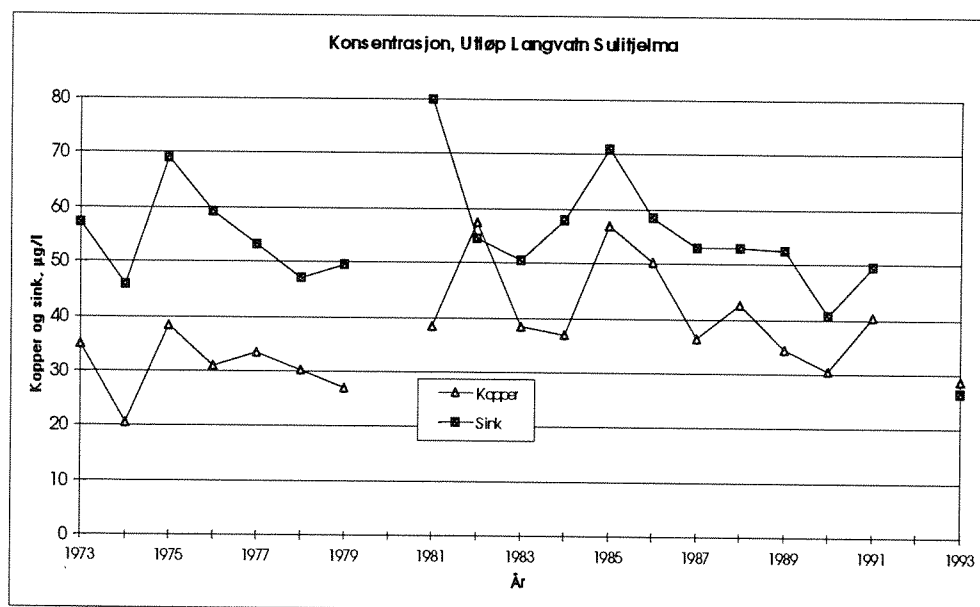
Tabell 3.16.3 Analysedata fra utløp Langvatnet, Sulitjelma. Tidsveiede årsmiddel.  
Kartref. 33W WQ 385507.

År		pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1973	Middel	6.91	4.8		243	35	57	
	Antall	11	11		11	11	11	
	Std. avv.	0.17	1.2		117	13	24	
1974	Middel	7.03	4.0		262	21	46	
	Antall	5	5		5	5	5	
	Std. avv.	0.10	0.8		104	7	4	
1975	Middel	6.95	4.4		223	38	69	
	Antall	6	6		6	6	6	
	Std. avv.	0.18	0.4		89	16	20	
1976	Middel	7.15	4.5		166	31	59	0.15
	Antall	5	5		5	5	5	1
	Std. avv.	0.43	0.4		106	5	9	
1977	Middel	7.24	4.3		162	33	53	1.75
	Antall	5	5		5	19	19	1
	Std. avv.	0.42	1.1		24	15	17	
1978	Middel	7.30	8.9		154	30	47	
	Antall	4	4		4	28	27	
	Std. avv.	0.33	5.3		67	10	15	
1979	Middel	6.88	3.8		151	27	50	
	Antall	2	2		3	16	16	
	Std. avv.	0.25	0.3		42	12	18	
1980								
1981	10.8.81	7.08	4.9		150	39	80	0.58
1982	Middel	6.77	4.9		170	58	54	0.21
	Antall	4	4		4	4	4	4
	Std. avv.	0.20	0.1		63	10	11	0.06
1983	Middel	6.85	4.4		197	39	51	0.19
	Antall	5	5		5	5	5	5
	Std. avv.	0.16	0.4		98	20	19	0.02
1984	Middel	6.79	4.4		245	37	58	0.21
	Antall	1	1		4	4	4	4
	Std. avv.				206	8	6	0.03
1985	Middel	6.88	4.1		235	57	71	0.18
	Antall	3	3		3	3	3	3
	Std. avv.	0.09	0.7		122	29	28	0.04
1986	Middel	6.96	12.5		284	50	58	0.33
	Antall	4	4		4	4	4	4
	Std. avv.	0.26	6.8		526	9	17	0.17

Tabell 3.16.3 forts.

Tabell 3.16.3 Analysedata fra utløp Langvatnet, Sulitjelma. Tidsveiede årsmiddel.  
Kartref. 33W WQ 385507. Forts.

År		pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1987	Middel	6.86	4.3		205	36	53	0.18
	Antall	11	11		11	11	11	11
	Std. avv.	0.08	0.2		75	17	24	0.11
1988	Middel	6.80	4.2	7.6	114	43	53	0.15
	Antall	11	11	10	14	17	17	15
	Std. avv.	0.53	0.4	1.4	54	35	23	0.12
1989	Middel	6.86	4.5	6.8	240	34	52	0.13
	Antall	11	11	11	16	16	16	16
	Std. avv.	0.14	1.0	2.8	224	13	12	0.08
1990	Middel	7.02	4.1	5.6	156	30	41	0.09
	Antall	10	10	5	11	11	11	11
	Std. avv.	0.16	0.5	1.3	97	11	12	0.04
1991	Middel	6.94	4.2	6.6	129	40	50	0.13
	Antall	11	11	11	11	11	11	11
	Std. avv.	0.20	0.4	1.3	42	20	20	0.06
1992								
1993	Middel	6.85	3.8	4.7	76	29	26	0.05
	Antall	11	11	11	11	11	11	11
	Std. avv.	0.13	0.7	2.4	19	10	10	0.02



Figur 3.16.3 Analyseresultater fra utløp av Langvatnet, Sulitjelma.  
Tidsveiede årsmiddel - Kopper- og sink-konsentrasjon

Tidligere var Sjønståelva sterkt påvirket av avrenningne fra Sulitjelma. Etter at vassdraget ble regulert, og hovedmengden av vann ble overført gjennom kraftverket, ble dette problemet mindre og de biologiske forhold ble mer lik de som naturlig måtte ventes.

Virkingen av avrenningen fra Sulitjelma på Øvrevatn, Nedrevatn og fjorden utenfor er lite undersøkt, men det er klart forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller bl.a. i vannmassene i Øvrevatn.

Det er også påvist forhøyede konsentrasjoner av kopper og sink i sedimentene i Øvrevatn, Nedrevatn og i de innerste delene av Fauskebukta (Frantzen *et al.* 1989).

### 3.16.6. Transportverdier - utviklingstrender

Transport av tungmetaller ut av Sulitjelma-området er beregnet på grunnlag av tidsveiede årsmiddel for metallkonsentrasjonen og normalavrenning for Sjønståelva korrigert for avvik fra normal nedbør.

Tabell 3.16.4 Årlige transportverdier ved utløp av Langvatnet, Sulitjelma. Verdiene er beregnet på grunnlag av tidsveiede årsmiddel for konsentrasjoner og nedbørkorrigert normalavrenning.

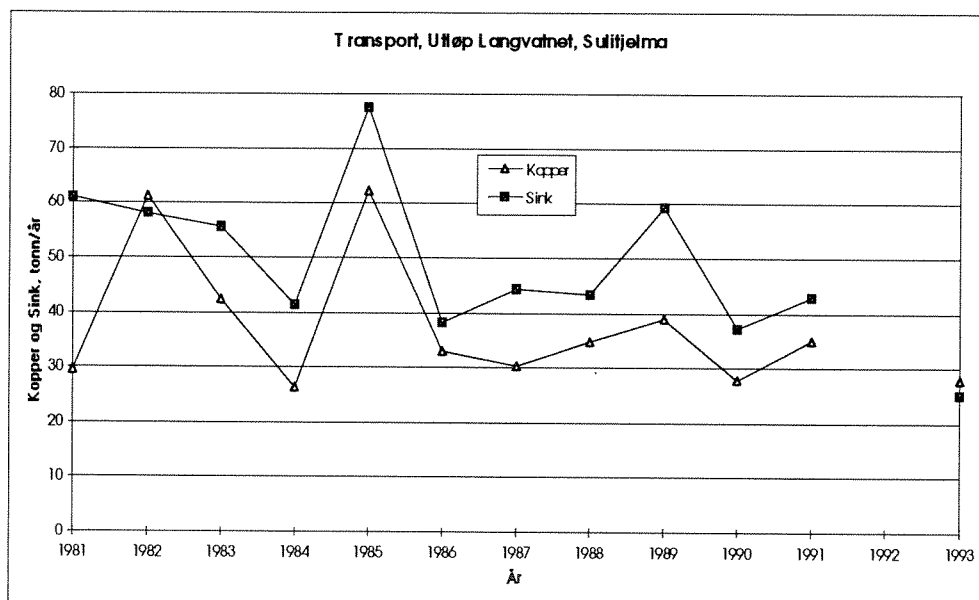
År	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kad- mium kg/år
1980					
1981			29	61	443
1982			61	58	225
1983			42	56	211
1984			26	41	152
1985			62	77	200
1986			33	38	216
1987			30	44	146
1988	6191	1840	35	43	119
1989	7692	3181	39	59	150
1990	5094	1704	28	37	79
1991	5688	1799	35	43	115
1992					
1993	4488	1550	28	25	51

I tabell 3.16.4 er transportverdier fra 1981 - 1993 samlet. Figur 3.16.4 viser tilsvarende verdier for kopper og sink grafisk. Fram til 1987 er disse verdiene basert på få observasjoner, og det må ikke legges stor vekt på transporten i hvert enkelt år.



I 1985 viser transportverdien et maksimum, men denne verdien er basert på bare 3 observasjoner. Det er rimelig å utjevne dette over flere år<sup>2</sup>, og verdiene for kopper og sink er skjønnsmessig anslått til henholdsvis 40 og 54 tonn pr. år.

Det er tilsynelatende en avtakende trend i tungmetalltransporten fra 1981 fram til slutten av 1980-tallet. Her er imidlertid datamaterialet spredt og det er stor usikkerhet. I perioden fra 1987 til -91 var transportverdiene omtrent uendrede, bortsett fra en viss variasjonsbredde. I 1993 var transporten av kopper og sink lavere enn i tidligere år. Det er grunn til å tro at dette kan ha sammenheng med de tiltak som er gjort i området, blant annet ved at utslipp av gruvevann etter hvert er sterkt redusert fordi pumping fra nivåene under Langvatnet ble stoppet.



Figur 3.16.4 Transport av kopper og sink i utløp fra Langvatnet, Sulitjelma.

### 3.16.7. Konklusjoner, Sulitjelma

Datamaterialet fra Sulitjelma er spredt og diskontinuerlig enn i årene fram til 1987. Det er derfor ikke grunnlag for å trekke vidtgående konklusjoner med hensyn til utviklingstrender.

De viktigste forurensningskildene i Sulitjelma er gruveområdene på nordsiden av Langvatnet. De drenerer til elven Giken, som representrer den største forurensningstilførslen til Langvatnet. Det var spesielt gruvene i Ny-Sulitjelma og utpumping av gruvevann som var de største forurensningskildene i Sulitjelma da det var drift i gruvene.

Da driften ble nedlagt i 1991 ble utslipp av gruvevann etter hvert betydelig redusert. Det er for tidlig å angi noen fremtidig metalltransport foreløpig, men verdiene i 1993 var for kopper ca. 28 tonn eller ca. 70 % av transporten i 1985. For sink var tilsvarende tall 25 tonn, som var ca. 45 % av transporten i 1985 og for kadmium 51 kg/år som er ca. 25 % av verdien i 1985.

Transportverdiene i 1985 er anslått på et relativt svakt datagrunnlag.

Deponert avgang gir alt i alt små bidrag til forurensningstransporten i Sulitjelmavassdraget.

Tiltakene som er gjennomført siden driften ble nedlagt, vil antakelig føre til reduserte transportverdier i årene framover.

### 3.16.8. Referanser, Sulitjelma

Arnesen, R. T., Grande, M. og Iversen, E. R. 1976

A/S Sulitjelma Gruber, Undersøkelse av Langvatn som deponeringssted for avgang  
NIVA-rapport O-74003, pp. 49, Mai 1976

Frantzen, F., Skei, J. and Steinnes, E. 1989

Estimation of Heavy Metal Pollution in a Norwegian Fjord Area by Analysis of Sediments and the  
Brown Alga *Ascophyllum Nodosum*.

Int. Conf. Heavy Metals in the Environment, Geneva, September 1989.

Iversen, E. R., Grande, M. og Arnesen, R. T. 1977

A/S Sulitjelma Gruber, Kontrollundersøkelser i Langvassdraget 1976  
NIVA-rapport O-76002, pp. 15, Juli 1977

Iversen, E. R., Johannessen, M. og Grande, M. 1980

A/S Sulitjelma Gruber, Kontrollundersøkelser i Langvassdraget 1976 - 79  
NIVA-rapport O-77018, L.nr.: 1208, pp. 52, Juni 1980

Aanes, K. J. og Johannessen, M. 1983

Overvåking av Sulitjelmavassdraget 1982  
NIVA-rapport O-80002-28, L.nr.: 1516, pp. 16, Juli 1983

Iversen, E. R., Johannessen, M., Mjelde, M. og Aanes, K. J. 1987

Overvåking av Sulitjelmavassdraget 1985  
NIVA-rapport O-80002-28, L.nr.: 1988, pp. 48, Mars 1987

Iversen, E. R. og Aanes, K. J. 1989

Overvåking av Sulitjelmavassdraget 1986-87  
NIVA-rapport O-80002-28, L.nr.: 2221, pp. 45, Feb. 1989

Iversen, E. 1990

Sulitjelma Bergverk A/S, Kontrollundersøkelser 1988-89  
NIVA-rapport O-88012, L.nr.: 2411. pp. 49, April 1990

Iversen, E.R. 1992

Sulitjelma bergverk A/S, Kontrollundersøkelser 1990-91  
NIVA-rapport O-90091, L.nr.: 2824 pp. 15, Desember 1992

Iversen, E. R., Knudsen, C.-H. og Høydahl, Ø. 1991

Sulitjelma Bergverk A.S, Tiltak for å begrense tungmetallforurensning  
NIVA-rapport O-91092, L.nr.: 2643, pp. 38, Sept. 1991

### 3.17. Vigsnes kobberverk, Karmøy

#### 3.17.1. Lokalisering

Vigsnes Kobberverk ligger ved Visnes i Karmøy kommune i Rogaland fylke. I tabell 3.17.1 finnes en del data om gruvas geografiske beliggenhet. Det finnes to gruveområder, Det gamle Vigsnes Kobberverk og Rødkleiv gruve sørøst for det gamle gruveområdet.



Foto: IVE

Figur 3.17.1 Del av gruveområdet med Nordre Visnesvatn i bakgrunnen. Den gressbevokste flaten midt i bildet er tildekket av gang fra oppredningsverket.

Tabell 3.17.1 Geografiske data om beliggenheten av gruvene ved Vigsnes Kobberverk. Karthenvisningen gjelder Serie 711.

Gruve	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Gamle Vigsnes	Rogaland	Karmøy	Haugesund, 1113 I	32V KL 8585
Rødkleiv				32V KL 8585

Gruvedriften startet på Vigsnes i 1866 i Gamle Vigsnes Gruve, som ligger ca. 8 m.o.h.. Selskapet var da belgisk, og gruva ble meget intenst og kontinuerlig drevet fram til 1894 og hadde i 70-årene et belegg på 800 mann. I alt leverte gruva i denne driftsperioden 791 000 tonn eksportmalm med ca. 44 % svovel, ca. 3,5 % kopper og ca. 3 % sink. Verket hadde en smeltehytte der det i denne tiden ble produsert skjærstein av ca 60 000 tonn kis med 5 - 6 % kopper.

Grunnen til at driften i Gamle Vigsnes Gruve ble innstilt var lavt kopperinnhold i malmen, meget kostbar drift i de nederste etasjene og dårlige konjunkturer. Totalt ble det tatt ut 1,4 millioner tonn malm fra "Gammelgruva".

Ca. 700 m sørøst for Gammelgruva ble det i slutten av 1880-årene påbegynt en liten drift på en rustsone tett ved Visnesvatnet. Denne gruva fikk etter hvert navnet Rødklev, men kisans areal var lite og innholdet av sink var for stort etter den tids oppredningsmetoder og utnyttelse, slik at driften stoppet.

I 1912 ble gruva igjen satt i drift. Produksjonen var bare 6 - 8000 tonn, men kisen var rik på kopper og konjunktorene under første verdenskrig var gunstige. Driften lå igjen nede fra utgangen av 1920 til august 1924 da man forsøkte seg på ny. Inntil 1930 gikk denne driften så som så. Hittil hadde all drift på Rødkleiv foregått på den såkalte "Vestkisen".

I 1930 støtte man imidlertid i 210 m vertikaldyp på en kis som etter 1930 har levert mesteparten av kisen fra Vigsnes. Denne såkalte "østkisen" var meget rik på svovel, mens metallinnholdet varierte sterkt, vanligvis 40 % svovel, 1 - 1,2 % kopper, 1,2 - 7 % sink.

Den første driften i Rødklev var basert på skeiding av stykkis. I 1912 ble det satt opp valser, setzkasser og vaskebord, og produksjonen av finkis begynte. Parallelt gikk skeiding av så vel Cu-S-stykkis og Zn-kis.

I 1934 startet bygging av et mer moderne flotasjonsanlegg. Dette anlegget ble bygd inne i det gamle "vaskeriet", under full produksjonsdrift. Flotasjonen ble satt i drift i februar 1937 og drevet parallelt med produksjonen av finkis fra valser og jigg.

Produksjonen økte sterkt i 30-årene, særlig etter at flotasjonsanlegget var satt i drift. I slutten av 30-årene var man et enkelt år oppe i en produksjon på ca. 75 000 tonn finkis og flotasjonskis.

Under den annen verdenskrig sank produksjonen meget sterkt, og siste krigsår lå den bare på 30 000 tonn. Etter krigen sank produksjonen ytterligere, og lå et par år under 10 000 tonn. I 1949 kom produksjonen opp i 18 000 tonn, og fra 1950 og utover økte den til ca. 25 000 tonn flotasjonskis og finkis pr. år. Dessuten ble det produsert ca. 1 100 tonn kopperkonsentrat og 900 tonn sinkkonsentrat årlig. Fra høsten 1952 ble det i tillegg produsert ca. 3 000 tonn "slamkis" som ble flotert fra avgang som tidligere var lagret ved Visnesvatnet. Denne avgangen inneholdt 10 - 15 % svovel mens slamkisen holdt 46 % svovel og 1,3 % kopper og ble blandet og solgt sammen med finkisen.

Etter hvert utviklet sammensetning av råmalmen seg negativt. I tabell 3.17.2 er data om innhold av kopper, sink og svovel i årene fra 1937 til 1956 listet.

Tabell 3.17.2 Råmalmens sammensetning i Rødklev Grube, Karmøy.

År	Kopper %	Sink %	Svovel %
1937	1.33	4.42	38.5
1950	0.96	2.40	33.6
1953	0.58	1.45	24.6
1956	0.40	1.59	24.8

Denne utviklingen i råmalmen førte til en vesentlig økning i produksjonsomkostningene og driften i Rødklev grube ble siste gang nedlagt i 1972. Totalt ble det drevet ut 2,8 millioner tonn malm fra

Rødklev gruve. Det er forbindelse mellom Rødkleiv og Gammelgruva, som har et maksimalt dyp på 730 m.

NIVA har hatt en viss oppfølging av avrenningen fra Vigsnesgruvene siden 1975. Det er imidlertid aldri gjort noen systematisk undersøkelse av gruveforurensningene i området (Iversen 1984, Iversen og Johannessen 1990, Iversen og Arnesen 1994).

### 3.17.2. Forurensningskilder

Gråberg fra gruva og avgang fra kisivasking er benyttet til oppfylling og til veier i område og bidrar i dag med betydelig tungmetallavrenning. Det er blant annet bygget en idrettsplass av gruveavfall. Mye av materialet ligger helt ute i havne-/strand-området, og det er vanskelig å kvantifisere både avfallets mengde og forurensningstransporten i avrenningen. Noen undersøkelse med dette som formål er ikke gjennomført.

Gammelgruva er praktisk talt helt vannfylt, og gruvevannet herfra føres direkte til sjøen. Det er imidlertid ikke gjort systematiske undersøkelser av dette vannet, og en eventuell betydning av det som forurensningskilde kan ikke angis.

Smeltehytta ved Vigsnes lå ved sjøen utenfor Gammelgruva, og det ligger fortsatt slagg i dette området. En eventuell forurensningsvirkning av dette er heller ikke undersøkt.

Ved Rødklev gruve finnes noen mindre velter som har avrenning til Visnesvatnet. I tillegg ble en betydelig mengde avgang deponert i og ved innsjøen i den siste driftstiden. Dette deponiet førte til at Visnesvatnet ble delt i to.

Fram til 1972 ble gruvevannet fra Rødklev pumpet til Vigsnesvatnet. I dag har den vannfylte gruva avrenning gjennom Gammelgruva.

### 3.17.3. Resipientforhold

Hele området rundt Gammelgruva drenerer direkte til sjøen, i hovedsak til havnebassenget og småbåthavna.

Fra Rødklev-området går overflate-avrenningen til Visnesvatnet. Denne innsjøen er som nevnt delt i to av deponert avgang. Dette har ført til at innsjøen har fått to utløp, et søndre og et nordre. Den søndre delen av innsjøen er størst og har et større nedbørfelt enn den nordre delen. Avstanden fra de to utløpene ut til sjøen er bare 100 - 200 m.

### 3.17.4. Gjennomførte tiltak

I begynnelsen av 1970-årene ble avgangen overdekket og tilsådd. I overdekkingen ble det blant annet benyttet slakteriavfall med høyt innhold av organisk stoff.

Gruvene er til dels fylt med vann, og det er overløp i Gammelgruva, noe som fører til at deler av Rødklev gruve ligger over vann.



Tabell 3.17.4 Analyseresultater fra utløp av Nordre Vigsnesvatn, Karmøy.

	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
1975	2.75			188	38.9	115.0	
Antall	1			1	1.0	1.0	
1977	2.60		1600		18.0	61.0	
Antall	1		1		1.0	1.0	
1978	2.85	119.0	695	63	7.9	30.7	
Antall	5	1	1	4	5	5	
1979	3.04			17	2.1	10.2	
Antall	5			5	5	5	
1980	3.12		38	8	0.8	5.4	
Antall	2		1	2	2	2	
1981	3.09			15	0.4	3.8	
Antall	2			2	2	2	
1982	3.11		260	12	0.3	3.2	
Antall	2		1	2	2	2	
1987	3.16	74.0	226	7	0.2	2.4	4.2
Antall	2	2	2	2	2	2	2
1989	3.51	58.9	158	3	0.2	1.7	2.2
Antall	2	2	2	2	2	2	2
1991	3.60	52.9	170	3	0.1	0.9	1.1
Antall	1	1	1	1	1	1	1
1992	4.03	46.0	108	2	0.1	0.9	1.1
Antall	1	1	1	1	1	1	1
1993	3.80	43.3	151	0	0.1	1.0	< 50
Antall	1	1	1	1	1	1	1

### 3.17.5. Transportverdier - utviklingstrender

Det foreligger ikke vannføringsdata for de prøvetakingene NIVA har fra Vigsnes Kobberverk. Vannføringene som er benyttet ved transportberegningene er derfor anslått ut fra nedbørfeltene for de to innsjøene. Hydrologiske data for disse er samlet i tabell 3.17.5. Fordi datamaterialet er så spredt, har det ingen mening å korrigere vannføringene ut fra årsnedbøren. De anslåtte transportverdiene for Vigsnes Kobberverk er derfor spesielt usikre.

Tabell 3.17.5 Hydrologiske data for nordre og Søndre Vigsnesvatn.

Innsjø	Nedbørfelt km <sup>2</sup>	Avr.koeff. l/s·km <sup>2</sup>	Midl. vannf. l/s
N. Vigsnesvatn	0.13	35	4.6
S. Vigsnesvatn	3.2	35	112

Fordi datamaterialet er så spinkelt, er det umulig å beregne transportverdier som er relatert til bestemte år. Dessuten representerer det tilgjengelige datamaterialet bare deler av den totale avrenningen fra området.

Ved å dele opp materialet som gjelder avløpet fra innsjøene i perioder - til og med 1985 og etter 1985 - kan det beregnes midlere transportverdier. I de første årene (1970 og 1975) var transporten tilsynelatende svært høy, og disse verdiene har stor innflytelse på middelverdien. Ved beregningene er det lagt noe mindre vekt på disse verdiene. Likevel synes det å ha vært en betydelig reduksjon i tungmetalltransporten ut av de to innsjøene i løpet av de vel 20 siste årene det finnes data for.

Anslåtte transportdata fra de to innsjøene er samlet i tabell 3.17.6.

Tabell 3.17.6 Anslåtte transportverdier fra Vigsnes Kobberverk, Karmøy.  
Alle verdiene er anslått med betydelig usikkerhet.

	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
T.o.m 1985			
N. Vigsnesvatn	1	3	-
S. Vigsnesvatn	1	3.5	-
Sum	2	6.5	-
Etter 1985			
N. Vigsnesvatn	< 0.1	0.2	< 1
S. Vigsnesvatn	0.15	1.5	2
Sum	0.2	1.7	< 3

### 3.17.6. Konklusjoner, Vigsnes

Det meget spinkle datagrunnlaget fra Vigsnes Kobberverk gjør det umulig å vurdere forurensningssituasjonen i området kvantitativt. Transportverdier kan bare anslås for deler av avrenningen, og betydningen av enkelte forurensningskilder er ikke vurdert.

Det kan likevel fastslås at forurensningen fra gruvevirksomheten har avtatt i løpet av de 15 - 20 årene som er gått siden NIVA første gang analyserte prøver fra området.

Søndre Vigsnesvatnet, som mottar en betydelig andel av den forurensede avrenningen, har en god fiskebestand til tross for relativt høye kopper- og sinkkonsentrasjoner.

Transportverdiene kan ikke angis for noe bestemt år, men i de senere år har utslipp av kopper og sink vært henholdsvis ca. 200 kg kopper og 1,7 tonn sink pr. år. Dette er for kopper ca. 10 % og for sink ca. 25 % av hva verdiene antakelig var i 1970-årene.

### 3.17.7. Referanser, Vigsnes

Iversen, E. R. og Johannessen, M. 1984  
Vannforurensning fra nedlagte gruver  
NIVA-rapport O-82068, L.nr.: 1621, 68 sider



Iversen, E. R. og Arnesen, R. T. 1990  
Vannforurensning fra nedlagte gruver, Del II  
NIVA-rapport O-89106, L.nr.: 2363, 51 sider

Iversen, E. R. 1994  
Vannforurensning fra nedlagte gruver, Del III  
NIVA-rapport O-92152, L.nr.: 3045

Grande, M. 1991  
Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger  
NIVA-rapport O-89103, L.nr.: 2562, pp. 13 - 17

Grann, O.J. 1991  
Fiskeribiologiske undersøkelser av det gruvepåvirkede Søndre Visnesvatnet  
i Karmøy, Rogaland fylke  
Rapport nr. 1 - 1991, Karmøy kommune, Miljøvernkontoret. pp 26.

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2816-0