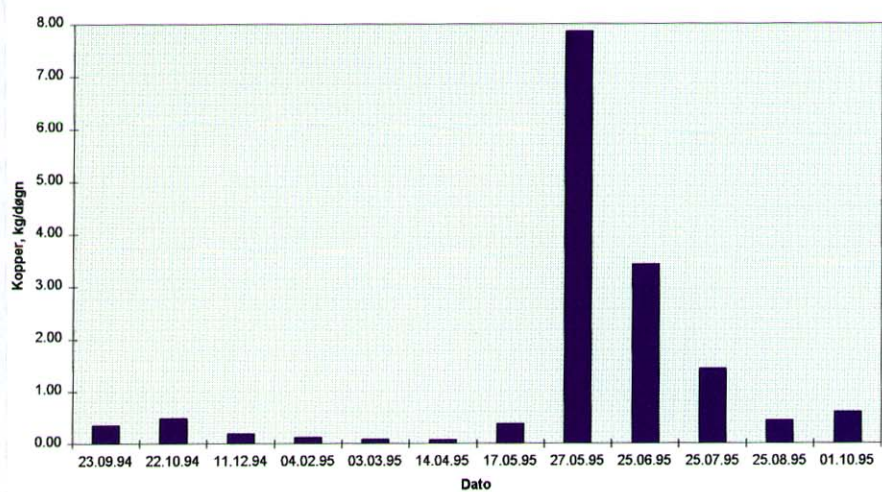


RAPPORT LNR 3450-96

Muggruva, Holtålen

Kartlegging av forurensningstransport



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Muggruva, Holtålen Kartlegging av forurensningstransport	Løpenr. (for bestilling) 3450-96	Dato 20. mars 1996
	Prosjektnr. Undernr. O-94158	Sider Pris 23
Forfatter(e) Rolf Tore Arnesen Åse Berg, Miljølaboratoriet	Fagområde Miljøteknologi	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse
--	--------------------------

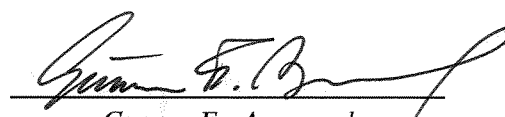
Sammendrag <p>I 1994/95 ble det gjennomført en undersøkelse av forurensningstransport ved den nedlagte Muggruva i Holtålen kommune. Gruva tilhørte Røros Kobberverk og ble nedlagt i 1919 etter 150 års drift. Det foregår fortsatt transport av forurensninger fra gruveområdet. Dette gjelder i første rekke kopper, og mengden av andre metaller er liten. Transportverdiene er bestemt ved månedlige prøvetakinger og vannføringsmålinger. Transporten av kopper fra området er anslått til ca. 800 kg/år. Det ble også tatt prøver av gruveavfallet i området, og resultatene viste høye konsentrasjoner av kopper mens innholdet av andre metaller var forholdsvis lavt.</p>
--

Fire norske emneord 1. Gruve 2. Forurensningstransport 3. Kopper 4. Surt drens vann	Fire engelske emneord 1. Mining 2. Transport of pollutants 3. Copper 4. Acid Mine Drainage (AMD)
--	---



Rolf Tore Arnesen
Prosjektleder

ISBN 82-577-0000-0



Gunnar Fr. Aasgaard
Forsknings sjef

Muggruva, Holtålen

Kartlegging av forurensningstransport

".. Hogna-Jutulen tykte alt var så forvitnelig. Mangt nytt siden han sist var på disse kanter, så det ut for. I Mughølfjellet var det bygd store hus, og svære blanke småsteinsvelter lå utover alle rabbene ..."

Hogna-Jutulen fra Eventyrfjeld av Johan Falkberget

Forord

Kartlegging av forurensninger fra nedlagte gruver har lenge vært et arbeidsområde for NIVA, og vi har gjennomført en rekke slike undersøkelser i løpet av de senere år. Samarbeidet med Bergvesenet, som har vært oppdragsgiver for de fleste av disse prosjektene, har vært meget godt. Vi vil spesielt takke o.ing. Harald Ese for hans interesse for vårt arbeid på dette feltet. Hvert prosjekt har i tillegg til å klarlegge forurensningssituasjonen i det undersøkte området, gitt data og kunnskap, som har stor faglig interesse.

Ved undersøkelsene i Mugg-området har dr. ing. Åse Berg, Miljølaboratoriet bidratt til arbeidet i betydelig grad, og vi vil benytte anledningen til å takke for hennes innsats i dette prosjektet og i en rekke andre prosjekter NIVA har gjennomført i Rørosområdet.

Oslo, 20. mars 1996

Rolf Tore Arnesen

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
1.1 Prosjektbeskrivelse	6
1.2 Metoder	6
2. Gruvas lokalisering og virksomhet	7
3. Forurensningskilder	9
4. Hydrologiske forhold	11
5. Konsentrasjoner, virkninger	14
6. Transportberegninger	18
7. Aktuelle tiltak	21
8. Konklusjoner	22
9. Referanser	22

Sammendrag

I tiden fra september 1994 til august 1995 er det gjennomført en undersøkelse i Muggruve-feltet i Holtålen kommune i Sør-Trøndelag. Hensikten med undersøkelsen var først og fremst å kvantifisere forurensningstransporten fra ulike kilder i området. Det ble opprettet tre målestasjoner der prøver ble tatt ut for kjemiske analyser. Samtidig med hver prøvetaking ble vannføringene målt. Dessuten er det foretatt en innsamling av prøver for kjemisk analyse av fast avfall (velter og avgang) fra 10 steder.

Undersøkelsen viste at den samlede forurensningsmengden ut av området er ca. 800 kg kopper pr. år. Transporten av andre tungmetaller fra området er relativt liten. Vurdering av kildene for forurensning i området tyder på at gruvevannet bidrar lite til den samlede transporten til Rugla. Hovedkildene er velter og avgangsdamp. Den delen av avrenningen som ikke går til Stordalsbekken, er meget liten, men forurensningsmessig har den lokal betydning.

Analyse av fast avfall bekrefter at det stort sett bare er kopper som har forurensningsmessig betydning. I de uttatte prøvene ble det påvist ganske høye gehalter av kopper, mens innholdet av andre metaller og til dels svovel var forholdsvis lavt. Prøvene som er analysert, er små og neppe representative for materialet som helhet. Utvalg til prøvene ble gjort visuelt, og det er stor fare for at man under slike forhold velger materiale med høye halter.

Aktuelle tiltak er først og fremst å utbedre avgangsdammene for å hindre spredning, og for å bringe mest mulig materiale under vann.

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektbeskrivelse

På oppfordring fra Bergvesenet utarbeidet NIVA i februar 1994 et tilbud på kartlegging av avrenningen fra Muggruva. I brev av 9. mai samme år mottok vi bestilling på arbeidet, men i første omgang omfattet bestillingen ikke analyse av fast avfall. I brev av 8. juli ble også analyse av veltegoods og vaskeriavgang inkludert.

Ved en befaring i august 1994 ble prøvetaking av fast avfall gjennomført. Samtidig ble punktene for måling av vannføring og uttak av prøver for analyse utpekt. For montering av utstyr for måling av vannføring ble Miljølaboratoriet, Rugeldalen engasjert. Prøvetakingen startet i september, så snart målepunktene var etablert.

Prosjektet er gjennomført i nært samarbeid med Miljølaboratoriet, og dr. ing. Åse Berg som bl.a. har hatt ansvar for prøvetakingen ved den praktiske gjennomføringen, har deltatt aktivt ved utarbeidelse av rapporten.

1.2 Metoder

Vannføringen er to steder bestemt ved å måle vannstanden over et 90° V-overløp, mens vannføringen i gruvevannet er målt med bømte og stoppeklokke etter at det var samlet i en plastrenne.

Analyse av alle vannprøvene er foretatt med ICP-instrument. For de fleste komponentene har denne metoden tilstrekkelig følsomhet til å gi pålitelige resultater. For kadmium var konsentrasjonene meget lave, og det ble benyttet flammeløs atomabsorpsjon for å bestemme dette metallet.

Prøvene av fast avfall ble først knust og malt i porselensmølle (NOTEBY, brev av 3. mars 1995). En del av prøven ble veiet ut og oppsluttet i Lunges væske (HNO₃ : HCl - 3 : 1). Etter oppslutning ble prøven fortynnet med vann og analysert med ICP.

2. Gruvas lokalisering og virksomhet

Muggruva er den nordligste av Røros Kobberverks gruver i Nordgruvefeltet, området omkring Orvsjøen som omfatter Arvedals gruve, Kongens gruve, Christianus Sextus gruve, Rødalen gruve, Fjellsjøgruva og Lergruvebakken gruve i tillegg til Muggruva. Gruva ligger i Holden statsallmenning Holtålen kommune, på grensa til Røros. Virksomheten ved gruva er bl.a beskrevet av O.L. Skjølvold (1993).

Driften startet i 1770, som en underavdeling av Kongens gruve. Mutingsseddel ble først utstedt i desember 1774. Da var 46 mann i arbeid, og gruva leverte dette året 1014 tønner malm. Driften varierte en del opp gjennom årene, både med hensyn til bemanning og produksjon. Muggruva ble regnet som den tredje viktigste for Kobberverket, selv om den periodevis også lå på topp. I 1870 skriver direktøren at det bør legges opp til en produksjon på 10 000 skippund for Storz og Kongens og 13 000 skippund fra Mugg. I 1885 var bemanningen bare 8 mann, mens den året etter var på hele 80 mann. Det var aldri full driftsstans noe år. Etter 150 års drift, ble gruva nedlagt i 1919.

Malmen i Muggruva skiller seg fra de andre malmbeforekomstene i Nordgruvefeltet ved at den nesten ikke inneholder svovelkis og sink. Malmgangen strekker seg 1500 m nordvestover, med et jevnt fall på 4° de første 850 m. Deretter går den flatt og så svakt stigende innover. I snitt er bredden 120 m. Totalt er det tatt ut ca. 600 000 tonn fjell, derav 400 000 tonn malm som har gitt omlag 20 000 tonn kopper. Omkring 200 000 tonn ligger igjen i området i form av bergvelter, skeide- og soldevelter.

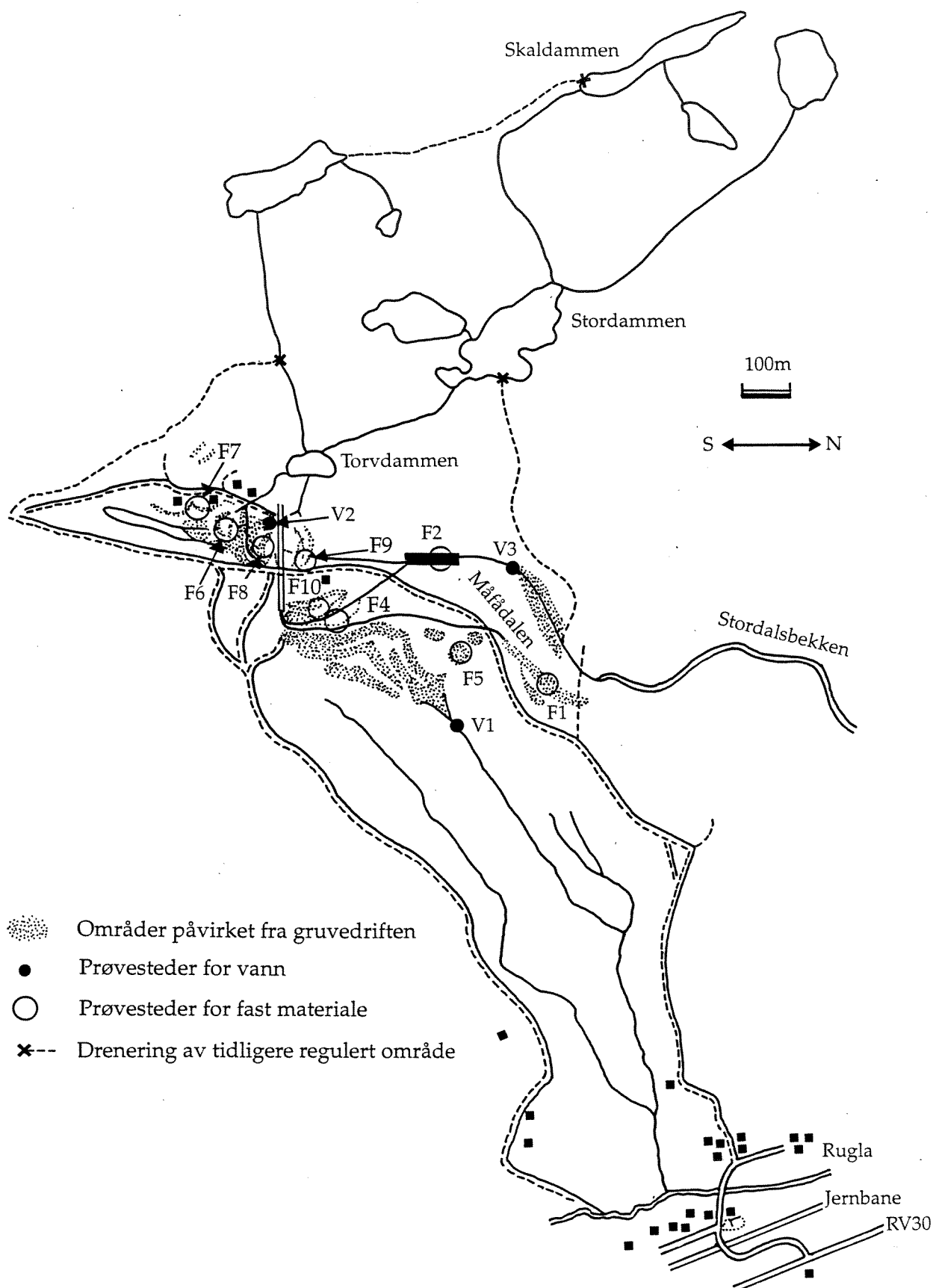
Fram til 1877 foregikk malmtransporten for det meste med hest og okse ned til Rugeldalen og videre nordover til Dragås og senere Eidet smeltehytte i Ålen. Da Rørosbanen kom i 1877, ble malmen lastet opp på tog ved Tyvold stasjon (Rugeldalen) og fraktet sørover til Røros. I 1896 fikk gruva elektrisk strøm, som ble brukt til vaskeri, lokomotiv og lensepumper. Fra 1899 ble malmen fraktet ned fra Muggruva til Rugeldalen med taubane.

At man kjente til miljøproblemer fra gruvedrift i tidligere tider også, er følgende sitat fra Skjølvold (1993) et eksempel på:

"... En skjønnsforretning avholdt på gården Nesvold den 23. Oktober 1906 viser det!. Det gjelder en større skade på Ole og Bersvend Nesvolds eiendommer, "forvoldt av slam fra Muggrubens vaskeri.". Slammet som hadde flommet inn over Nesvoldjordene, var kommet med Stordalsbekken og Rugla under vårløsningen i 1906."

Tabell 1. Geografiske data om beliggenheten av Muggruve-feltet
Karthensvisning gjelder Statens Kartverks serie M711

Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Sør-Trøndelag	Holtålen	Røros 1720 III	32VPQ 1756



Figur 1. Kartskisse over gruveområdet og vassdraget

3. Forurensningskilder

Stordalen skjærer gjennom gruveområdet i nord-sør retning. Gruva ligger vest for denne, mens velten delvis fyller opp dalen (Figur 1). Fra ca. 1780 var det nordlige vaskeriet i drift. Avgang fra vaskeriet ble samlet opp ved hjelp av en demning tvers over kløfta ca. 300 m nord for gruva. Fra 1893 ble det nye vaskeriet øst for gruva, ut mot Rugeldalen tatt i bruk. Avgangen ble ledet i tre renner nordover og i hovedsak samlet opp ved hjelp av en demning ut mot dalen. Avgangsvannet ble ført videre ved hjelp av en renne nordover og en kanal vestover til avgangsdammen i Stordalen. Nedenfor denne østlige avgangsdammen ble det gravd en avskjæringsgrøft som samlet opp avgang som (antakelig delvis) rant over demningen. Denne avgangen ble ledet nordover og munnet ut i det flate området sør for Stordalsbekken, Måfådalen. En del av vannet og avgangen har grøfta ikke greid å ta unna. Lia og dalbunnen nedenfor vaskeriet og avgangsdammen er tydelig påvirket. Der vannet krysset under Mugghølsveien, har det også vært lekkasje og en del avgang ligger like sør for veien.

Veltene i Mugg-området er store og ser ut til å være lite homogene. Bare enkelte av dem er utpreget brune. Det foreligger ikke økonomisk kart for området, slik at det til dels er vanskelig å stedfeste punktene for prøvetaking av velter. Alle prøvene av materiale fra veltene er tatt ved å ta ut 10 - 20 stein, dels direkte og dels ved deling av større blokker. På kartskissen i Figur 1 er angitt området for hvor de enkelte prøvene er tatt. Når det gjelder punktene for avgangsprøver, er det lettere å stedfeste dem. De er også angitt på kartskissen i Figur 1 og plasseringen er kort beskrevet i Tabell 2.

16. august 1994 ble det tatt 10 prøver av fast avfall fra velter og avgang i området. Tabell 3 viser analyseresultater for disse prøvene. Med et så enkelt opplegg for prøvetaking, som det som er brukt her, er det umulig å ta ut representative prøver for materialet i veltene. Tallene i Tabell 3 er derfor bare orienterende når det gjelder veltenes sammensetning. Prøvene av avgang er litt mer homogene slik at disse resultatene er mer representative og prøvepunktene er bedre stedfestet. Bortsett fra prøve F 2-40 er alle prøver tatt over grunnvannsnivå. I dammen der prøvene F 2 ble tatt var grunnvannsnivået omtrent 30 cm under overflaten. Demningen var på det høyeste ca. 3 m.

Tabell 2. Beskrivelse av prøvetakingssteder for fast avfall. Noen av prøvene er nærmere beskrevet i Vedlegg A.

Prøvenr.	Beskrivelse
F 1	Avgang - avsetninger i terrenget sørøst for Stordalsbekken, ca. 30 cm dypt
F 2-20	Avgang fra dammen i Stordalen, ca. 20 cm under overfl. Grunnvann på ca. 30 cm.
F 2-40	Som prøve 2 - 20 cm, men 40 cm dyp
F 4	Avgang - Fra dam like nord for nordre velte. Prøve tatt på ca 30 cm dyp.
F 5	Avgang fra dalsiden mot myrområdet øst for gruva
F 6	"Velte nr. 2 fra sør". Tatt fra 6 ulike pkt. langs sti mellom store velter.
F 7	Sørligste velte. En del oksidert, varierende blokkstørrelse.
F 8	Velte ut for gruveåpning. Store blokker, utvalg fra 15 - 20 ulike steder
F 9	Liten velte, tydelig oksidert, litt nord øst for gruveåpning.
F 10.	Stor velte i øst ut mot Rugeldalen, ca. 20 punkter.

Tabell 3. Prosentvis sammensetning av fast avfall fra velter Mugg.
Prøvestedene er beskrevet i teksten

Prøvenr	Kopper %	Sink %	Nikkel %	Mangan %	Jern %	Svovel %
1	0.16	0.02	0.001	0.035	6.48	0.38
2 - 20	3.28	0.03	0.003	0.043	5.14	0.51
2 - 40	0.57	0.07	0.003	0.057	7.71	1.87
4	0.16	0.02	0.002	0.048	6.32	0.43
5	0.15	0.02	0.002	0.045	8.34	0.58
6	1.19	0.08	0.003	0.040	6.67	2.24
7	1.48	0.26	0.003	0.044	9.86	5.20
8	0.62	0.15	0.003	0.040	6.15	1.75
9	0.97	0.10	0.003	0.043	10.33	4.56
10	1.35	0.08	0.003	0.039	8.71	4.34

I vedlegg A er det gitt en nærmere beskrivelse av prøvestedene for fast avfall, som utdrag av feltjournalen fra 16. august 1994

4. Hydrologiske forhold

Avrenningen fra Muggruva går til to forskjellige primærresipienter. Bekken som samler opp avrenningen fra den østlige velten og avgangsdammen, renner ut i Rugla like ved Rugeldalen stasjon. Myrområdene her er tydelig påvirket av avrenningen. Gruvevannet og avrenningen fra alle de øvre veltene samles i avgangsdammen i kløfta nord for gruva og renner ut i Stordalsbekken. Denne munner ut i Rugla ca. 2,5 km lengre nord. Videre 7,5 km nordover munner Rugla ut i Gaula.

I fjellet nord og vest for Muggruva ligger et omfattende system av dammer og kanaler, som var i bruk fra 1820 til 1896, for å skaffe vann til vasking og til drift av et stort vasshjul. Det var plassert nede i ei sjakt i gruva og restene av hjulet kan fortsatt sees. Vannet ble samlet opp i et område på omkring 1,2 km². Etter at gruva ble nedlagt, er det tatt hull på demninger, slik at vannet renner i sitt naturlige leie og ikke inn i gruveområdet.

I forbindelse med denne undersøkelsen ble det opprettet stasjoner for vannføringsmålinger på tre steder:

- Stasjon 1: Bekk i dalen øst for veltene
- Stasjon 2: Gruvevann
- Stasjon 3: Bekk fra slamdam, Stordalsbekken

De målte vannføringene er samlet i Tabell 4.

Tabell 4. Vannføringer målt ved prøvetakingene i Mugg-området

Dato	St. 1 Vannf l/s	St. 2 Vannf l/s	St. 3 Vannf l/s
23.09.94	0.46	1.5	3.4
22.10.94	0.8	1.7	5.0
11.12.94	0.41	0.9	2.0
05.02.95	0.19	1.2 ¹⁾	1.5
03.03.95	0.12	1.0 ¹⁾	1.1
14.04.95	0.12	1.0 ¹⁾	0.9
17.05.95	0.52	1.5 ¹⁾	4.3
27.05.95	19.54	17.8 ¹⁾	138
25.06.95	2.39	6.0 ¹⁾	40.9
19.07.95		3	17.5
25.07.95	0.76	2.3	9.7
25.08.95	1.3	1.6	4
01.10.95			3.1
Årsmiddel	2.42	1.83	17.8

¹⁾ Verdier anslått på grunnlag av vannføring i Stordalsbekken.
Ikke medregnet i Årsmiddel.

Ved stasjonene 1 og 3 ble vannføringen bestemt ved å måle høyden i et V-overløp, mens den ble bestemt med bøtte og stoppeklokke i en plastrenne for gruvevannet. På grunn av snøforholdene var det umulig å måle vannføringen ved alle de prøvetakingene som ble gjort. Spesielt vanskelige var forholdene ved gruveåpningen der gruvevannet ble samlet i en plastrenne ved målestedet.

Fordi det var forholdsvis få målinger av gruvevannsmengden ble det gjennomført en regresjonsanalyse for gruvevannsmengden mot vannføringen i Stordalsbekken. Dette ga en korrelasjonskoeffisient på 0.97 og regresjonslikningen kan skrives:

$$Q_{\text{Gruvevann}} = 0.122 \cdot Q_{\text{Stordalsbk.}} + 0.980$$

I Tabell 4 er verdiene som er beregnet ved hjelp av denne likningen merket spesielt.

Nedbørfelt for de to stasjonene i bekkene (Stordalsbekken og bekken øst for veltene) er målt ved planimetrering på kart i målestokk 1: 27 491. Den spesielle målestokken skyldes at kartet i utgangspunkt var i målestokk 1:40 000, men ble forstørret ved kopiering. På grunn av veltene i området og drenering gjennom selve gruva, kan nedbørfeltens arealer ikke angis nøyaktig. Av vannføringen i Stordalsbekken utgjør gruvevannet en del, men det er umulig å angi denne andelen nøyaktig. Tabell 5 viser en del geografiske og hydrologiske data for de benyttede målestasjonene.

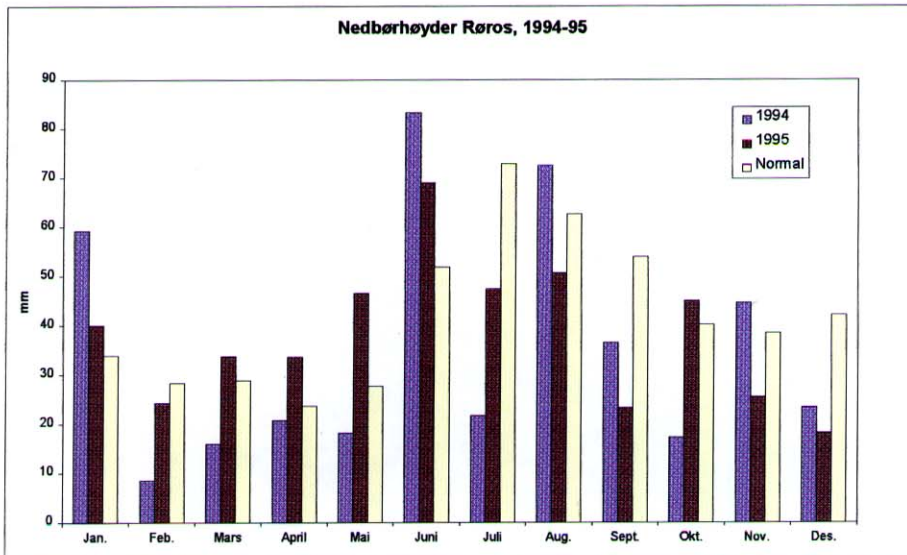
Tabell 5. Geografiske og hydrologiske data om målestasjonene ved Mugg, 1994-95

Stasjonsnavn	Kartreferanse	Nedbørfelt km ²	Avrenningskoeff. l/s·km ⁻²	Norm.vannf. l/s
Bekk øst for omr.	32VPQ176569	0.09	17	1.5
Gruvevann	32VPQ172565	-	17	-
Stordalsbekken	32VPQ173570	1.85	17	31.5

Middel av de målte vannføringsverdiene er gitt i tabell Tabell 4.

Den anslåtte teoretiske vannføringen i Stordalsbekken er høyere enn middelveien av de målte verdiene på tilsvarende sted. Dette kan bety at den beregnede transportverdien for denne stasjonen blir for lav. Årsakene kan være flere, men vassdraget er fra gammelt av regulert og noe vann kan bli ført ut av nedbørfeltet, dessuten er antallet registreringer av vannføring for lite til å dekke avrenningsmønsteret fullt ut. Den høyeste vannføringen som ble målt er antakelig betydelig lavere enn det virkelige maksimum i perioden.

At tilsvarende vurderinger for bekken øst for veltene gir motsatt konklusjon, lavere teoretisk enn målt, kan ikke uten videre forklares. Deler av området er imidlertid "hydrologisk uoversiktlig", og noe vann lam bli avledet gjennom gruva, i naturlige sprekker i fjellet eller som grunnvann.



Figur 2. Månedlige nedbørhøyder for Røros, 1994 og 1995

Figur 2 viser månedlige nedbørhøyder for Røros i 1994 og -95 sammen med månedsnormalene. I oktober og desember 1994 var det lite nedbør i forhold til normalen. Fra januar til april 1995 var nedbørmengden nær normalen, mens den i mai og juni var større enn normalt. I juli, august og september i 1995 var det forholdsvis lite nedbør. I sum for hele 1994 var nedbøren ca. 15 % under normalt, mens den i 1995 var ca. 5 % over normalt.

Nedbørhøydene fra Røros er neppe representative for nedbøren ved Mugg. Det er en sterk økning i normalnedbøren når man går fra Røros mot Gauldalen, men forholdet mellom de to årene og en sammenlikning med normalene gir likevel en antydning om hvor representativt datamaterialet er.

5. Konsentrasjoner, virkninger

Regelmessig prøvetaking på de tre stasjonene i Mugg-området ble startet i september 1994 og fortsatte fram august 1995. Så langt de meteorologiske forhold gjorde det mulig ble det tatt vannprøver fra hver stasjon en gang pr. måned. Spesielt for gruvevannet var prøvestedet utilgjengelig på grunn av store snømengder fra desember til juni. Mesteparten av denne tiden var antakelig vannføringen og dermed materialtransporten lav. Under vårflommen i mai var det fortsatt ikke mulig å ta prøver av gruvevannet, selv om dette antakelig er en periode i året der en meget betydelig del av den totale årstransporten skjer.

Tabell 6 - tabell 8 viser analyseresultatene for prøvene som er tatt ved de tre stasjonene

Tabell 6. Stasjon 1, Liten bekk i øst

Dato	Vannf l/s	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
23.09.94	0.5	4.87	10.8	38.9	170	1680	280	-
22.10.94	0.8	4.74	12.3	46.4	180	2810	330	0.72
11.12.94	0.4	5.7	9.5	32.3	40	1120	230	0.41
05.02.95	0.2	6.04	8.2	26.2	70	660	140	0.31
03.03.95	0.1	6.19	8.5	24.6	100	580	140	0.23
14.04.95	0.1	6.15	7.5	18.7	390	390	100	0.20
17.05.95	0.5	4.82	11.0	37.1	210	2280	280	0.73
27.05.95	19.5	4.47	5.1	11.7	2060	1080	80	0.23
25.06.95	2.4	4.60	7.1	21.5	190	1790	150	0.33
25.07.95	0.8	4.82	9.4	33.2	290	1580	210	0.55
25.08.95	1.3	4.78	10.5	33.5	710	1510	240	0.62

- ikke målt

Tabell 7. Stasjon 2, Gruvevann

Dato	Vannf l/s	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
23.09.94	1.5	7.46	11.4	19.6	30	340	130	-
22.10.94	1.7	7.39	11.1	21	50	380	150	0.36
11.12.94	0.9	7.25	13.4	25	120	380	220	0.46
25.06.95	-	6.91	5.2	10	80	470	110	0.26
19.07.95	3	-	-	-	-	-	-	-
25.07.95	2.3	7.31	7.7	13	90	340	100	0.30
25.08.95	1.6	7.46	11.0	16	130	280	90	< 0.1

- ikke målt

Tabell 8. Stasjon 3, Stordalsbekken nedenfor avgangsdam

Dato	Vannf l/s	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
23.09.94	3.4	6.62	13.0	48	140	1200	460	-
22.10.94	5.0	6.55	12.0	44	200	1140	420	0.96
11.12.94	2.0	6.31	13.5	45	260	1120	450	0.95
04.02.95	1.5	6.32	14.1	52	280	1000	440	1.06
03.03.95	1.1	6.25	14.9	53	320	1050	480	0.97
14.04.95	0.92	6.24	14.6	47	340	950	450	0.97
17.05.95	4.3	6.37	10.9	38	230	1020	350	1.0
27.05.95	138	6.44	7.1	20	300	660	210	0.53
25.06.95	40.9	6.28	5.1	16	190	970	170	0.49
19.07.95	17.5	-	-	-	-	-	-	-
25.07.95	9.7	6.10	9.6	34	120	1720	370	1.18
25.08.95	4.0	6.54	11.5	42	230	1280	400	1.18
01.10.95	3.1	-	-	50	950	2250	670	1.7

- ikke målt

Bly er bestemt i alle prøvene, men konsentrasjonene var hele tiden under deteksjonsgrensen.

Forurensningsmessig er det Stordalsbekken (Stasjon 3) som er viktigst. Den renner som tidligere nevnt til Rugla som løper sammen med Gaula ca 4 km sørøst for Ålen sentrum.

Ved en befaring i august 1994 da plasseringen av målestedene ble bestemt, ble det tatt to vannprøver. Analyseresultatene av disse prøvene finnes i Tabell 9. Prøven med betegnelsen "Bekk fra fjellet" er tatt i Stordalen, fra et lite sig (< 0.1 l/s) som kom ut av sprekk i fjellet. Dette siget er inkludert i prøvene som siden er tatt fra Stordalsbekken (Stasjon 3). Prøven fra bekken ved Rugeldalen stasjon viser at tungmetallkonsentrasjonen er klart forhøyet så langt fra gruveområdet. Prøvestasjon 1 ligger i nedbørfeltet for denne bekken. Selv om det er forhøyede kopperkonsentrasjoner i bekken ved stasjon 1, er vannføringen liten, og betydningen av forurensningen i denne delen av nedbørfeltet er først og fremst lokal.

Tabell 9. Prøver tatt ved befaring 16. august 1994.

Prøvested	pH	Kond. mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
Bekk fra fjellet	-	-	-	< 5	640	450	1.1
Bekk, Rugeldalen stasj.	7.21	5.96	11.6	77	120	50	< 0.1

NIVA har tatt noen prøver fra Mugg-området ved tidligere befaringer. I Tabell 10 er dette materialet gjengitt (Iversen og Arnesen 1990). Datamaterialet gir ikke grunnlag for noen kvantitativ sammenlikning mellom de tidligere målingene og resultatene fra 1994/95. De to datasettene som er direkte sammenliknbare med hensyn til prøvested er fra stasjonene 1 og 2, "Gruvevann" og "Liten bekk i øst". For begge stasjonene kan det se ut som om metallkonsentrasjonene har avtatt noe siden

de første prøvene ble tatt i 1979. Prøvetakingsstedet i Stordalsbekken hadde så ulik plassering ved tidligere prøvetakinger at disse analysene ikke kan sammenliknes direkte.

Tabell 10. Anlyseresultater fra tidligere prøvetakinger i området

Prøvested	Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
Liten bekk mot øst (Stasjon 1)	03.09.79	4.3	16.4	60	0.25	4100	510	1.0
	10.10.89	5.1	10.3	32	0.2	1750	290	0.67
Gruvevann (Stasjon 2)	03.09.79	7.4	12.7	28	130	660	310	1.19
	25.06.84	7.0	8.0	20	150	850	190	0.48
	10.10.89	7.2	12.2	31	100	500	180	0.49
Gruvevann + Bekk fra velter	03.09.79	6.6	16.1	60	50	1710	570	1.3
	10.10.89	6.7	15	49	100	1450	550	1.5
Stordalsbekken	03.09.79	6.8	6.16	16	60	270	130	0.32
	10.10.89	6.9	6.69	16	100	350	160	0.45

Prøvepunktet i Stordalsbekken ved undersøkelsen i 1994/95 måtte plasseres slik at noe avgang ligger utenfor prøvepunktets nedbørfelt. Dette har antakelig minimal betydning for måleresultatene.

Undersøkellesprogrammet ga ikke rom for regelmessig prøvetaking "før og etter" avgangsdammen i Stordalen. Det ble imidlertid tatt to parallelle prøver i oktober 1995 for å anslå betydningen av dette deponiet for vannkvaliteten i bekken. I tabell 11 er disse resultatene gjengitt, og prosentvis endring er beregnet.

Tabell 11. Anlyseresultater for prøver tatt 1. oktober 1995 før og etter avgangsdammen i Stordalen

Prøvested	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l
Etter dam	50.7	0.95	2.25	0.67	1.7
Før dam	51.3	0.03	1.36	0.5	1.24
Endring %	-1.2	3100	65	34	37

Endringene varierer sterkt fra komponent til komponent, men bortsett fra for sulfat er det en markert endring gjennom avgangsdammen. I forhold til de øvrige målingene fra Stordalsbekken er verdiene i tabell 11 relativt høye. Dette gir en viss usikkerhet med hensyn til prøvenes representativitet. De indikerer likevel at avgangsdammet bidrar med betydelige metallmengder.

Som nevnt renner Stordalsbekken til Rugla som igjen renner til Gaula. Betydningen av denne tilførslen til Gaula har i dag stor interesse, og dette gis oppmerksomhet i den overvåking av Gaula som har pågått i de senere år (Traaen 1995). Etter hvert som Gaula stadig er blitt mindre påvirket

av tungmetaller fra de øvrige gruvene i nedbørfeltet (Killingdal og Kjøli), blir tilførsler som dem fra Rugla mer merkbare. Følgende sitat fra overvåkingsrapporten fra 1994 angir den nåværende situasjonen:

"Stikkprøver fra Rugla, som får avrenning fra den nedlagte Mugg-gruva, viste kopperverdier i 1994 fra 4 til 15 µg/l, mot 3 - 8 µg/l i 1993. Kobberkonsentrasjonen i Rugla ligger omtrent på samme nivå som i hovedvassdraget. Forurensningen i Rugla der derfor såpass høy at Rugla ikke bidrar til fortykning av kobberforurensningen i hovedvassdraget."

Gruvevannet fra Mugg har uvanlig høy pH og metallinnholdet er relativt lavt sammenliknet med vann fra andre gruver i området. Den samlede avrenningen har høy pH og sinkverdiene er lave i forhold til kopperinnholdet sammenliknet med avrenningen fra liknende gruver i Rørosområdet. Dette skyldes først og fremst at malmen fra Mugg inneholdt lite svovelkis og sink.

6. Transportberegninger

For å vurdere de ulike kildenes betydning kvantitativt, er det nødvendig å anslå verdier for transport av forurensning ved de ulike målepunktene. Transporten er sterkt avhengig av vannføringen og for å få et pålitelig mål for årlig materialtransport kreves et stort antall prøvetakinger og helst kontinuerlig registrering av vannføring. Dette skyldes at variasjonen i vannføring kan være 10 - 100 ganger større enn variasjonen i konsentrasjonen. Fordi transporten er så sterkt avhengig av avrenningen vil den variere betydelig fra år til år, avhengig av meteorologiske forhold. Transporten av forurensning burde derfor angis i forhold til et normalår. Det forholdsvis lave antall prøvetakinger fører dessuten til at ikke alle avrenningssituasjoner er representert i datamaterialet. Dette er spesielt tilfelle for gruvevannet, og beregning av årlig materialtransport er her basert på en stipulert vannføring og årlige gjennomsnitt av de respektive konsentrasjonene. For de to andre stasjonene er transporten beregnet som midlere daglig transport, omregnet på årsbasis.

I tabell 12 - 14 er verdier for daglig transport samlet for de tre målestasjonene. Enkelttall i tabellene representerer øyeblikksverdier for transport ved prøvetakingstidspunktet, og middelverdiene er et aritmetisk middel av disse. Årstransporten er i stor grad relatert til vannføringen, og for å få mer "sannsynlige" verider for årstransporten er disse verdiene korrigert med en faktor. Disse faktorene er beregnet som forholdet mellom normalvannføring og målt middelvannføring, og finnes i tabell 15. Grunnlagsdata for beregningene finnes i tabell 4 og tabell 5.

Tabell 12. Daglige transportverdier i Mugg-feltet. Liten bekk øst for gruveområdet

Dato	Vannf l/s	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
23.09.94	0.46	1.5	0.01	0.07	0.01	< 0.00040
22.10.94	0.80	3.2	0.01	0.19	0.02	0.00005
11.12.94	0.41	1.1	0.00	0.04	0.01	0.00001
05.02.95	0.19	0.4	0.00	0.01	0.00	0.00001
03.03.95	0.12	0.3	0.00	0.01	0.00	0.00000
14.04.95	0.12	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00000
17.05.95	0.52	1.7	0.01	0.10	0.01	0.00003
27.05.95	19.54	19.8	3.48	1.82	0.14	0.00039
25.06.95	2.39	4.4	0.04	0.37	0.03	0.00007
25.07.95	0.76	2.2	0.02	0.10	0.01	0.00004
25.08.95	1.30	3.8	0.08	0.17	0.03	0.00007
Middeltransp.:	2.42	3.5	0.33	0.26	0.02	0.00007

Tabell 13. Daglige transportverdier i Mugg-feltet, Gruvevann

Dato	Vannf l/s	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
16.08.94	1.5	1.50	0.010	0.016	0.006	< 0.00001
22.10.94	1.7	3.13	0.007	0.056	0.022	0.00005
11.12.94	0.9	1.94	0.009	0.030	0.017	0.00004
19.07.95	3					
25.07.95	2.3	2.58	0.018	0.068	0.020	0.00006
25.08.95	1.55	2.09	0.017	0.037	0.012	< 0.00001
Middeltransp.:	1.83	2.25	0.012	0.041	0.016	0.00005

Tabell 14. Daglige transportverdier i Mugg-feltet, Stordalsbekken nedenfor avgangsdam

Dato	Vannf l/s	Sulfat kg/d	Jern kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Kadmium kg/d
23.09.94	3.4	14.1	0.04	0.35	0.14	< 0.003
22.10.94	5.0	19.0	0.09	0.49	0.18	0.000
11.12.94	2.0	7.9	0.05	0.20	0.08	0.000
04.02.95	1.5	6.9	0.04	0.13	0.06	0.000
03.03.95	1.1	4.8	0.03	0.10	0.04	0.000
14.04.95	0.9	3.7	0.03	0.08	0.04	0.000
17.05.95	4.3	14.2	0.09	0.38	0.13	0.000
27.05.95	138.0	240.8	3.58	7.87	2.50	0.006
25.06.95	40.9	56.2	0.67	3.43	0.60	0.002
19.07.95	17.5					
25.07.95	9.7	28.5	0.10	1.44	0.31	0.001
25.08.95	4.0	14.6	0.08	0.44	0.14	0.000
01.10.95	3.1	13.7	0.26	0.61	0.18	0.000
Middeltransp.:	17.8	35.4	0.42	1.29	0.37	0.001

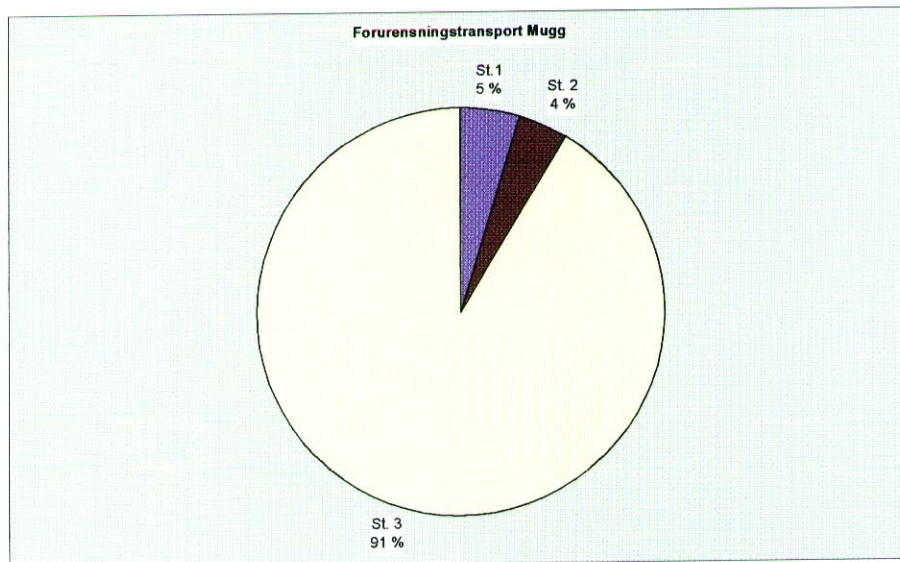
Tabell 15. Korreksjonsfaktorer for vannføring i forhold til normaler

		Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3
Målt middel	l/s	2.4	1.8	17.8
Normalverdi	l/s	1.5	3.2	31.5
Korr. faktor		0.63	1.78	1.77

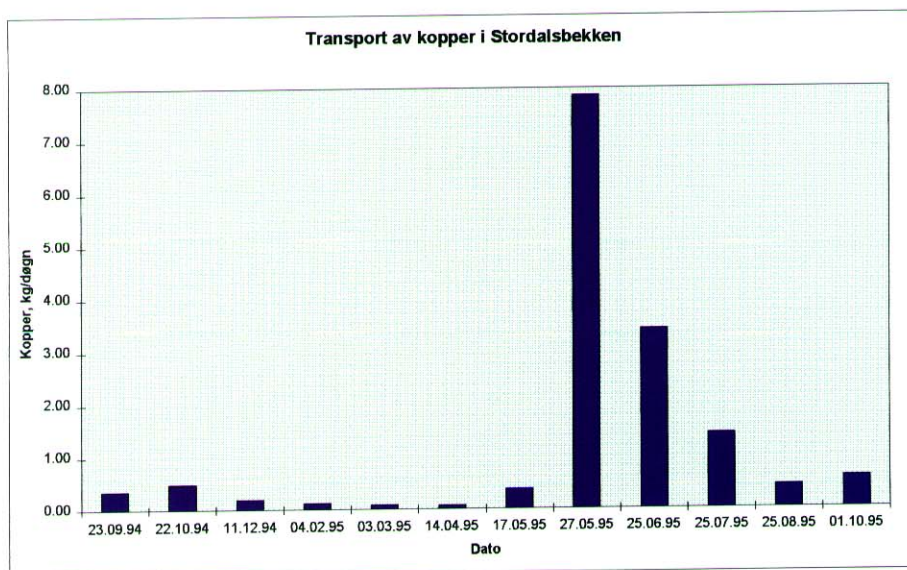
Tabell 16. Årlige transportverdier ved målepunktene i Muggruvefeltet
Verdiene er korrigeret for avvik fra "normal"

Stasjon	Sulfat kg/år	Jern kg/år	Kopper kg/år	Sink kg/år	Kadmium kg/år
Liten bekk i øst	794	75	59.5	5.5	0.02
Gruvevann	1445	8.0	26.5	10.0	0.032
Stordalsbekken	22844	271	835	237	0.44

Figur 3 viser grafisk fordelingen i koppertransport mellom de tre målestasjonene. Det framgår klart av figuren at ca. 90 % av målt forurensningstransport er registrert ved stasjon 3. I og med at også gruvevannet passerer stasjon 3, foregår praktisk talt all transport av kopper i Stordalsbekken. Denne transporten varierer sterkt over året, og i figur 4 er dette vist grafisk.



Figur 3. Fordeling av koppertransport ved de ulike målepunktene



Figur 4. Målt transport av kopper ved stasjon 3, Stordalsbekken

Av figur 4 framgår det klart at transporten i slutten av mai og i juni er betydelig høyere enn i noen annen periode i året. Årsaken til dette er åpenbart de høye vannføringene man hadde i

denne tiden. Usikkerheten i den beregnede årstransporten er stor. Dette skyldes først og fremst at de tidligere omtalte korreksjonsfaktorene er beregnet på et beskjedent datagrunnlag. En ukorrigerte verdier ville imidlertid ganske sikkert gitt for lavt resultat..

7. Aktuelle tiltak

Mye avgang er spredt nedstrøms gruveområdet. Det er neppe mulig å gjennomføre tiltak som reduserer forurensningstransporten herifra. Det finnes imidlertid to tidligere avgangsdammer som antakelig inneholder en god del materiale. Demningene som holder denne avgangen tilbake, er til dels betydelig skadet, og vannspeilet står langt under overflaten i størstedelen av arealet.

For å hindre erosjon og for å redusere forurensningstransporten bør dammene repareres, og om mulig bør en søke å heve vannspeilet slik at mest mulig av avgangen er dekket av vann.

Dersom det er ønskelig å redusere avrenningen fra Mugg-området ytterligere, kan det by på problemer. Undersøkelsen tyder på at det er velter og avgang som har størst forurensningsmessig betydning. Omfattende flytting og/eller tildekking av slikt materiale vil antakelig møte lokal motstand på grunn av kulturminner i området. Gruvevannets forurensningsmessige betydning er liten, og tiltak i gruva vil ha liten effekt.

8. Konklusjoner

Undersøkelsene som er gjennomført i Mugg-gruvefeltet i 1994/95 har gitt følgende resultater:

Avrenningen fra Mugg-området er ca. 800 kg kopper pr. år. Transporten av andre tungmetaller fra området har mindre betydning. Transporten av kopper foregår i hovedsak under vårflommen.

De viktigste forurensningskildene i området er velter og avgang, og det er en viss fare for ytterligere spredning av avgang på grunn av dårlige dammer. Da vaskeriet var i drift, ble avgang til tider ført med Stordalsbekken så langt som ut i Rugla.

Koppertransporten fra Mugg-området påvirker sterkt Stordalsbekken (ca. 1 mg Cu/l) og det er klart forhøyede kopperkonsentrasjoner i Rugla ved innløpet til Gaula.

Aktuelle tiltak i området er først og fremst å hindre ytterligere spredning av avgang, evt. ved å bringe mest mulig av den under et stabilt vannspeil.

9. Referanser

Iversen, E.R. og Arnesen, R.T. 1990
Vannforurensning fra nedlagte gruver, Del II
NIVA-rapport O-89106, L.nr.: 2363, pp. 51

Sjølsvold O.L. 1993
Fra Muggruvas historie, Christianus Sextus Forlag

Traaen, T. Arnekleiv, J.V., Iversen, E. R. og Lindstrøm, E.-A. 1995
Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag, Vannkjemiske og biologiske undersøkelser.
Årsrapport for 1994 (Overvåkingsrapport nr. 609/95), TA-nr. 1223/1995
NIVA-rapport O-90051, L.nr.: 3286, pp. 48

Vedlegg A.

Beskrivelse av prøvesteder for fast avfall

Utdrag av feltjournal fra 16. august 1994

Prøve nr. 1

Vaskeriavgang - Nedre avsetning, mot Storbekken omtrent midt i ca. 30 cm dypt

Prøve nr. 2 - 20 cm

Vaskeriavgang - Avgangsdeponi bak dam i bratt dal. Prøve av grovt "tørt" brunt materiale fra ca. 20 cm dyp. Prøvestedet er ca. 20 m ovenfor dam (sør for?) Ca 30 cm ned til vannmettet materiale. Meningen ca. 3 m høy på det høyeste.

Prøve nr. 2 - 40 cm

Vaskeriavgang - Samme sted som prøve 2 - 20 cm, men 40 cm dyp.

Prøve nr. 4

Vaskeriavgang - Fra øvre avgangsdam like nord for nordre velte. Prøven tatt i den nordligst i området, fra omtrent midten av dammen ca. 10 m fra søndre ende og på ca 30 cm dyp.

Prøve nr. 5

Vaskeriavgang - Materiale fra "uhell". - Avgang som har rent fra renne nedover mot myrområdet nedenfor gruveområdet - (Liten bekk mot øst)

Prøve nr. 6

Knakkprøver - Ut fra vaskeri - velte nr. 2 fra sør. Prøven er tatt fra 6 ulike pkt. med relativt jevn avstand opp langs sti mellom de to store veltene. (Prøvene tatt fra velte som demmer opp tjern). Materialet relativt grovt (10 cm x 3 cm (Lengde x bredde)) men også noe finere ((vaskeriavg.?) ca. 2 -3 cm. Prøvetaking ved verste utvalg?

Prøve nr. 7

Knakkprøver - Sørligste velte. Rett opp for tjernet, Relativt grunn velte, men ganske mye brunt, svært varierende blokk størrelse - størst i sør og nord. Enkel vaskeprosess - noe vaskeriavgang ?

Prøve nr. 8

Knakkprøver - Velte rett ut for Gruveinngang og stoll. grove blokker - opptil 50 cm 15 - 20 ulike steder ca. 3 m under veltetopp.

Prøve nr. 9

Knakkprøver - Diverse prøver fra liten velte med "Råmalm" - Vaskeriavgang evt. grovknust fra vaskebord? En enkelt prøve (uttak av stein fra velten over bekket ut av området i buen mot stien). Ser mest ut som gråberg.

Prøve nr. 10

Stor velte ved taubanestasjon. tatt nærmere 20 prøver ca. 2 m over nedre kant!

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

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

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3450-96

ISBN 82-577-2987-6