



O-87043

Vannforurensning i
Nordgruvefeltet - Røros

Arbeidet 1989

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Brøiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Prosjektnr.:

87043

Undernummer:

Løpenummer:

2413

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
Vannforurensning i NORDGRUVEFELTET – Røros. Undersøkelser i 1989.	04.04.90
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Rolf Tore Arnesen	87043
	Faggruppe:
	Industri
	Geografisk område:
	Røros
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Bergvesenet	

Ekstrakt:

Det er utført undersøkelser i Nordgruvefeltet, Røros, med henblikk på tiltak. Arbeidet i 1989 har vært konsentrert om avgangsdammens betydning som forurensningskilde. Avgangens mengde og sammensetning er undersøkt. Resultatene tyder på at sinktransporten i Orva kan reduseres med ca. 25% med effektive tiltak på avgangsdammen. Aktuelle tiltak ved de øvrige forurensningskilder i området er vurdert.

4 emneord, norske:

1. Gruver
2. Tungmetaller
3. Avgang
4. Røros

4 emneord, engelske:

1. Mines
2. Heavy metals
3. Tailings
4. Røros

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1713-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

87043

Vannforurensninger i Nordgruvefeltet - Røros

Undersøkelser i 1989

Oslo, 20. mai 1990

Prosjektleder: Rolf Tore Arnesen

Medarbeidere:

Brynjar Hals

Eigil R. Iversen

Tom Lundgren, Terratema ab

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
SAMMENDRAG	3
1. BAKGRUNN	4
2. VANNKVALITET OG FORURENSNINGSTRANSPORT	5
2.1 Målinger i overflatevann	5
2.2 Grunnvann	8
2.3 Transportberegninger	9
3. AVFALLETS MENGDE OG SAMMENSETNING	13
3.1 Geografisk avgrensning	13
3.2 Grunnvann	13
3.3 Avfallet	13
3.4 Kjemiske undersøkelser	16
4. DISKUSJON AV RESULTATER FRA FELTUNDERSØKELSENE	18
5. AKTUELLE TILTAK	19
5.1 Bakgrunn	19
5.1.1 Tildekking	20
5.1.2 Baktericider	20
5.1.3 Renseanlegg	21
5.1.4 Våtmarksområder	21
5.2 De enkelte områdene	22
5.2.1 Christianus Sextus	22
5.2.2 Gruver og velter Kongens/Arvedalen	23
5.2.3 Slamdammen og området ved det nye flotasjonsverket - Kongens	24
5.2.4 Øvrige kilder	25
REFERANSER	26
Vedlegg 1	
BESKRIVELSE AV AVGANGEN VED PRØVETAKINGEN	27
Vedlegg 2	
KJEMISK UNDERSØKELSE AV AVGANG	30

SAMMENDRAG

1. Undersøkelsene i 1989 tok særlig sikte på å gi en beskrivelse av avfallet i avgangsdammene nedenfor flotasjonsverket ved Kongens Gruve. Det skulle også gjennomføres målinger for å bedre grunnlaget for å kvantifisere forurensningstransporten i området.
2. Undersøkelsene viste at avfallet inneholdt relativt mye sink (ca. 1800 tonn) og betydelig mindre kopper (ca. 660 tonn). Omtrent 25% av avfallet ligger under grunnvasnnsnivå, og forvitrer derfor langsomt. Den samlede transport av henholdsvis kopper og sink ut av dammen var ca. 1.3 og ca. 12 kg pr. døgn. Dette utgjør for kopper ca. 15% og for sink ca. 30% av transporten i Orva nedenfor området.
3. De beregnede transportmengdene er basert på et lite antall målinger og avviker tydelig fra tidligere års målinger. Det anbefales derfor at måleprogrammet fortsetter en tid i 1990.
4. Uten at det er gjort detaljerte vurderinger, er aktuelle tiltak i de ulike delområdene i Nordgruvefeltet gjennomgått. Målsetning for tiltak kan få innflytelse på valg av teknisk løsning. Det er derfor ikke foreslått noen samlet løsning for området.

En effektiv tildekking av avgangen i dammen vil redusere metalltransporten herifra vesentlig. Dammen er dessuten klart avgrenset og lett tilgjengelig for en slik behandling.

1. BAKGRUNN

NIVA har i en årrekke arbeidet med beskrivelse av vannforurensning fra gruveområdene i Nordgruvefeltet ved Røros. Allerede i 1967 ble det tatt vannprøver fra Orvsjøen, og instituttet ble kjent med at innsjøen var sterkt belastet med tungmetaller fra tidligere gruvedrift.

I 1973 ble NIVA engasjert av Røros Kobberverk i anledning av at det nye oppredningsverket ved Kongens gruve skulle starte flotasjon av malm fra Lergruvebakken. Avgangen skulle deponeres i Orvsjøen (Arnesen og Grande 1973)

I forbindelse med arbeider på dammen ved utløpet av Aursunden i 1977, ble vannføringen i Glomma redusert betydelig. Derfor ble det gjennomført et prøvetakingsprogram i Orva og Glomma i tiden fra februar til juni dette året. Datamaterialet er ikke rapportert samlet, men er oversendt Glommens og Laagens Brukseierforening.

Virksomheten ved Røros Kobberverk ble nedlagt i 1977. I 1978 ble det i samarbeid med Industridepartementet utført en undersøkelse ved gruvene rundt Røros for å anslå forurensningsmengder og lokalisere de viktigste forurensningskilder. Dette arbeidet ble rapportert i 1980. (Arnesen og Tjomsand 1980)

I årene 1978-80 ble det gjennomført en større undersøkelse av Glomma i Hedmark. I denne sammenheng ble det tatt en del vannprøver i Orva ved utløpet i Glomma (Lingsten 1982).

I 1984 ble det etter oppdrag fra Industridepartementet utført en undersøkelse av avgang som var deponert ved de ulike gruveområdene rundt Røros. I Nordgruvefeltet omfattet dette arbeidet Orvsjøen og avgangsdammene nedenfor flotasjonsanlegget ved Kongens Gruve (Iversen og Johannessen 1985).

I tiden frem til 1988 ble det dessuten, mer eller mindre tilfeldig, tatt prøver fra forskjellige steder i Nordgruveområdet når NIVA hadde undersøkelser i området.

I 1988/89 ble de ovennevnte data om vannforurensning i Nordgruve-

området stilt sammen etter oppdrag fra Bergvesenet. (Arnesen 1989).

Hovedtrekkene ved forurensningsbildet i Nordgruveområdet syntes klart ut fra det datamaterialet som forelå. For å gjennomføre tiltak var det imidlertid to mangler ved datagrunnlaget:

- Det var inhomogent og måling av vannføring var bare utført i korte perioder ved enkelte målepunkter.
- Det forelå lite informasjon om avfallet som skaper forurensningene.

Etter en befaring til området sammen med overing. H. Ese, Bergvesenet 3. juli 1989, utarbeidet NIVA et forslag til undersøkelsesprogram for Nordgruvefeltet for 1989. Arbeidet skulle ta sikte på en beskrivelse av avfallet i avgangsdammene ved Kongens gruve og en bedre kvantifisering av forholdet mellom de enkelte forurensningskilder i dette området. Dette skulle foregå dels ved målinger i overflateavrenning og dels ved fysisk/kjemiske undersøkelser av avfall.

De tidligere undersøkelsene tydet på at avgangsdammen nedenfor flotasjonsverket, (Figur 1) var en viktig kilde. Undersøkelsene i 1989 skulle derfor konsentreres om dette området.

I tillegg inngikk en befaring til Mug-gruva, som ligger nord for Orvsjøen.

Den foreliggende rapporten inneholder resultatene av undersøkelsene, som ble utført etter dette programmet. Befaringen til Mug er imidlertid rapportert tidligere (Arnesen og Iversen 1990), og vil ikke bli omtalt her. Det meste av det øvrige feltarbeidet ble utført ved to anledninger, henholdsvis 5. - 7. september og 10. - 12. oktober.

2. VANNKVALITET OG FORURENSNINGSTRANSPORT

2.1 Målinger i overflatevann

Fordi det forelå analysedata fra tidligere undersøkelser ble det ikke gjort særlig stor innsats for å kartlegge forholdet mellom forurensningstransporten fra de ulike kildene i 1989.

Det ble imidlertid satt opp V-overløp for måling av vannføring på tre ulike steder i feltet i september. Plasseringen er avmerket på kartet, figur 1.



Figur 1.
 Kartskisse over området
 ved Arvedalens/Kongens
 grube.

Det er bare tatt prøver og målt vannføring ved disse tre stedene ved to anledninger. Samtidig ble det tatt prøver i Orva ovenfor og nedenfor tilløpene fra Kongens-området. Vannføringen ble bestemt ved "flygel-målinger". Resultatene er samlet i tabell 1.

Tabell 1. Måleresultater fra stasjonene i Nordgruvefeltet 1989. Nummer viser til stasjonsnr. i fig. 1

Sted/Dato	Sulfat mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Vannf. l/s
1. Utløp Orvsjøen				
06.09.89	9.0	0.12	0.41	340
10.10.89	12.4	0.12	0.46	215
2. Veigrøft Kongens/Arvedalen				
06.09.89	880.0	17.9	34.1	4.4
10.10.89	560.0	12.1	26.7	9.3
3. Nedre dam Kongens				
06.09.89	1340.0	5.1	43.9	2.8
10.10.89	1270.0	4.1	41.5	3.9
4. Gruvevann Kongens/Arvedalen				
06.09.89	880.0	16.4	32.7	3.4
10.10.89	1025.0	17.2	38.2	4.43
Orva ved veibru				
06.09.89	36.0	0.41	1.5	515 ¹
10.10.89	42.0	0.46	1.66	325 ¹

¹ Vannføring beregnet med faktor 1,515 i forhold til Utl. Orvsjøen.

Ved befaringen 10. - 12. oktober ble det også tatt prøver av Naustebekken fra Lille Fjellsjøen og Hjulhusbekken. Begge prøvene ble tatt der bekkene krysser veien til Varvollen. I tillegg ble det tatt prøve av gruvevannet fra Lergruvebakken og fra et sig fra øvre avgangsdam mot Orva. Analyseresultatene er samlet i tabell 2.

Tabell 2. Kjemiske analyseresultater på enkeltprøver tatt ved befaringen 10. - 12. oktober 1989

Sted	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Cd ug/l	Ca mg/l	Mg mg/l
Lergruve- bakken	7.60	35.2	48	0.012	2.32	0.36	1	47.8	6.3
Sig fra dam	2.86	386		4.42	56	650	27	234	127
Hjulhus- bekken	3.97	18.9	63	1.47	1.69	0.63	4.2	4.78	3.6
Nauste- bekken	6.84	2.33	2.4	0.002	0.005	0.044	< 0.1	2.47	0.4

2.2 Grunnvann

I juli 1989 ble det tatt en prøve av grunnvannet i avgangsdammen. Prøven ble tatt på ca. 75 cm dyp omtrent ved prøvestedet som senere er kalt D1. Prøven ble tatt med en såkalt BAT-grunnvannsprøvetaker, som suger vann inn i en lukket ampulle gjennom en filterspiss. Prøvetakeren kan føres ned i grunnvannet uten forutgående boring. Dette gjør det mulig å ta slike prøver i oksygenfri atmosfære. Grunnvannet under avgangen var tydelig oksygenfritt og jernet i prøven var to-verdig. Etter opphold i luft ble det oksydert til treverdig og utfelt. I tabell 3 er analyseresultatene for grunnvannsprøven samlet.

Tabell 3. Kjemisk analyse av grunnvannsprøve fra avgangsdam Kongens. Tatt 4. juli 1989

pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Kopper mg/l	Sink mg/l	Kadmium µg/l	Jern mg/l	Kalsium mg/l
5.55	7.75	7300	0,4	506	8,1	2370	355

2.3 Transportberegninger

I tabell 4 er transport av sulfat, kopper og sink beregnet for Orva ved veibrua. Verdiene er basert på middelverdier fra de to prøvetakingene. Det er likevel angitt to serier verdier. Dette skyldes at vannføringen på dette prøvetakingsstedet ikke er målt. Den er anslått på grunnlag av målingen høyere opp i elva. Høyeste verdi antar at vannføringen er proporsjonal med nedbørfeltets areal, og at avrenningen fra den nedre del av nedbørfeltet er lik den som er målt like nedenfor utløpet fra Orvsjøen (Faktor: 1,515). Den andre verdien forutsetter at tilrenningen til Orva i det aktuelle området er minimal i forhold til den som skjer i den ovenforliggende del av nedbørfeltet (Faktor: 1,0).

Tabell 4. Transport av kopper, sink og sulfat i Orva ved veibrua. Tidl. unders. viser til NIVA-rapport av 1989.

Ref.	Sulfat kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d	Vannf.
1989 (1)	1352	15.6	56.7	(Faktor: 1.515)
1989 (2)	892	10.3	37.4	(Faktor: 1,0)
Tidl. unders.	1290	4.4	46.6	

Ut fra de avrenningsforhold som ble observert de to dagene, er det rimelig å anta at de virkelige transporttallene ligger mellom de to angitte verdiene.

Tabell 5 viser gjennomsnittlige transportverdier ved målestasjonene der vannføringene er målt. I tabellen er også de tidligere beregnede transporttallene fra rapporten i 1989 (Arnesen 1989) tatt med. Å trekke vidtgående slutninger på bare to målinger i et område som er så komplisert både med hensyn til produksjon og transport av forurensninger er umulig. Det har likevel stor interesse å sammenlikne måleresultatene med de konklusjoner som ble trukket i rapporten fra 1989.

Ved disse betraktningene er det ikke tatt hensyn til den transport som foregår i grunnvannet. Det er heller ikke tatt hensyn til kortvarig utvaskninger som kan tenkes å føre til overflateavrenning østover, direkte til Orva. Det er tegn i terrenget som tyder på slik avrenning.

Transporten av sulfat og sink i Orva ved veibrua er omtrent som tidligere anslått. For kopper derimot, var den ved måletidspunktet høyere enn tidligere antatt.

Tabell 5. Transport av sulfat, kopper og sink som middel av målte verdier 06.09.89 og 10.10.89 sammenliknet med tidligere beregninger.

Sted/Tid	Sulfat kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d
Utløp Orvsjøen			
1989	244	2.9	10.0
Tidl.	74	1.1	3
Veigrøft Kongens/Arvedalen			
1989	380	8.6	17.2
Tidl.	154	2.0	4
Nedre dam Kongens			
1989	366	1.3	12.3
Tidl.	323	3.3	19
Gruvevann - Kongens/Arvedalen			
1989	316	5.7	12.1
(1)			

(1) Ikke sammenliknbare data fra tidligere

Ved utløpet av Orvsjøen er resultatene i 1989 betydelig lavere enn det som tidligere er beregnet.

Transport av sulfat og sink ved utløp av slamdammen ved Kongens er i rimelig overensstemmelse med tidligere målinger. For kopper gir imidlertid målingene i 1989 betydelig lavere transportverdier.

Derimot er transport av forurensninger i avløpet fra gruveområdene (Veigrøft, Kongens/Arvedalens) betydelig høyere enn det som tidligere er anslått.

Forurensningstransporten i området foregår dels på overflaten i de synlige bekkene, dels i grunnvannet. Tidligere er det ikke tatt prøver som kan belyse transport i grunnvannet i det hele tatt. Fortsatt er datagrunnlaget for å vurdere transport i grunnvannet lite.

Differansen mellom forurensningstransporten som foregår i Orva ved veibrua og summen av transporten ved de øvrige målepunktene kan gi en antydning av av grunnvannets betydning for totaltransporten i området. Tabell 6 viser dette for målingene i september og oktober.

Tabell 6. Sum forurensningstransport i feltet rundt Kongens gruve mot samlet transport i Orva nedenfor området.

Målested/tid	Sulfat kg/d	Kopper kg/d	Sink kg/d
06.09.89			
Sum øvrige målest.	905	11.5	35.6
Orva v/veibru (1)	1557	18.2	66.7
--- " --- (2)	1028	12	44.1
10.10.89			
Sum øvrige målest.	1078	13.3	44
Orva v/veibru (1)	1147	12.9	46.6
--- " --- (2)	757	8.5	30.8

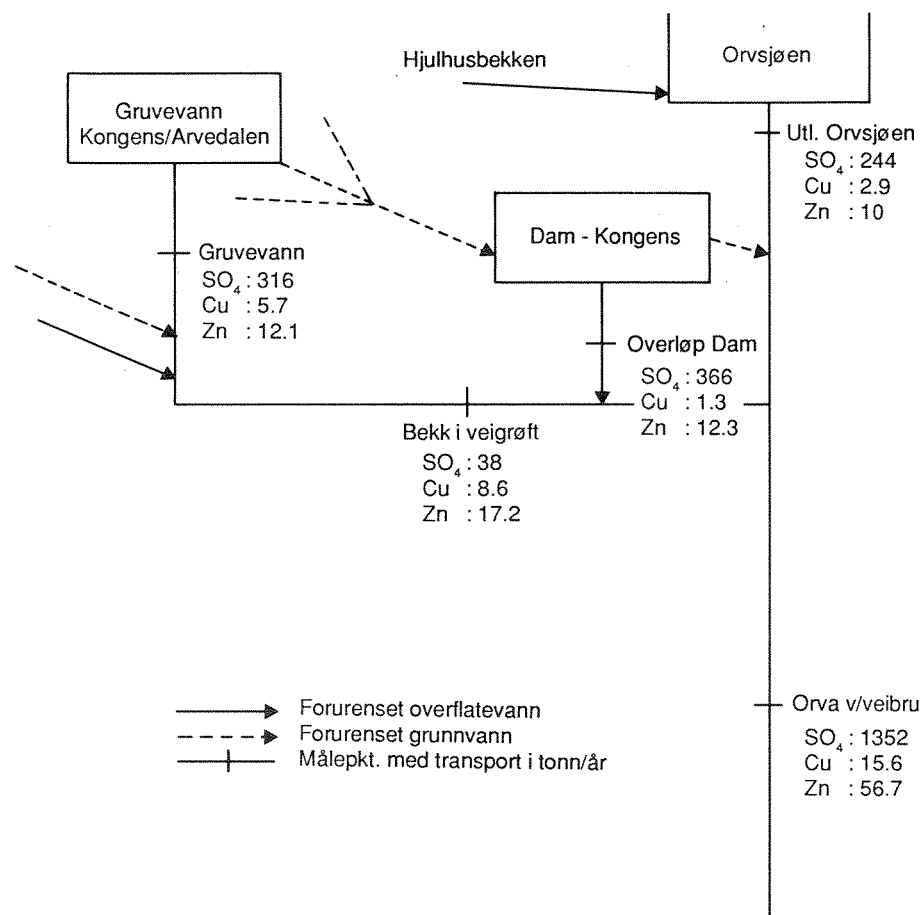
Av tabellen fremgår det at transporten i Orva i september var noe høyere enn summen av transport ved de enkelte stasjonene. Det tyder på at en merkbar del av transporten foregår i grunnvannet.

I oktober derimot er det mindre forskjell mellom transportverdiene, slik at grunnvannet på dette tidspunkt nok hadde mindre betydning for totaltransporten.

At grunnvannet antakelig har større betydning i september enn i oktober er i god overensstemmelse med at grunnvannstanden i september sto høyere enn i oktober.

Disse enkle målingene er ikke tilstrekkelig til generelt å kvantifisere grunnvannstransporten i området.

Forurensningstransport i Nordgruvefeltet er skjematisk fremstilt i figur 2. Sextus er ikke tatt med i denne figuren fordi den kun drenerer til Orvsjøen.



Figur 2. Skjematisk fremstilling av forurensnings-transport i Nordgruvefeltet. Alle mengdeangivelser i tonn/år.

3. AVFALLETS MENGDE OG SAMMENSETNING

3.1 Geografisk avgrensning

Programmet for undersøkelsene i Nordgruveområdet ble satt opp på grunnlag av det datamaterialet som forelå ved årsskiftet 1988/89. Det så da ut til at avgangsdammene nedenfor flotasjonsverket var en viktig forurensningskilde. En viktig del av arbeidet skulle derfor være å beskrive avfallets mengde og sammensetning. Avfallet var i denne sammenheng avgangen.

For å oppfylle denne delen av programmet ble det i september 1989 tatt ut et antall prøvepunkter på dammen, der det ble boret huller til under grunnvannstand med spadebor. I hullene ble det satt ned rør for peiling av grunnvannstand og evt. prøveuttak.

Hullene ble nivellert, slik at overflate, bunn av avgang samt grunnvannstand kunne bestemmes i forhold til et gitt punkt i området. Endringer i grunnvannstand samt avfallets mektighet på hvert punkt kunne dermed bestemmes.

I figur 3 er mektighet av avgang tegnet inn.

3.2 Grunnvann

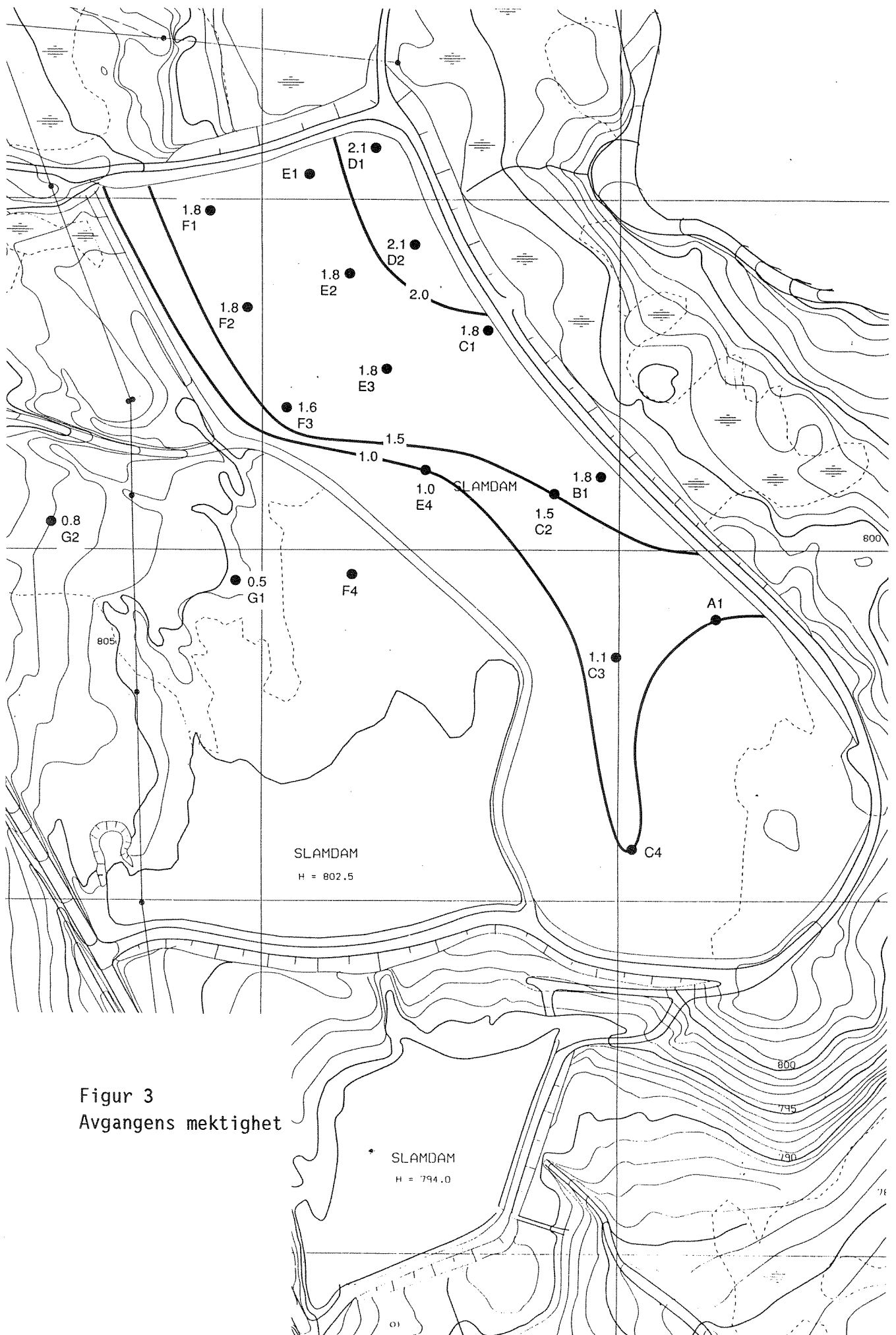
Grunnvannsnivået ble bestemt ved to anledninger, 5. september og 11. oktober. I tabell 12 (Vedlegg 2) er grunnvannsnivåene ved de to datoene listet.

I løpet av året vil grunnvannstanden i avgangen variere betydelig, avhengig av nedbør, snøsmelting ol. I de følgende beregningene er likevel nivået stort sett satt til det laveste som ble registrert ved de to anledningene. Feilen ved en slik antakelse kan være betydelig. Samtidig er det klart at andre forhold også bidrar med stor usikkerhet. Noen avgørende betydning for den endelige konklusjonen har dette neppe.

3.3 Avfallet

Gruveavfallet i Nordgruvefeltet kan deles i to hovedgrupper: Bergvelter og flotasjonsavgang. I denne rapporten er kun avgangen beskrevet.

Hovedmengden av avgang er samlet i området rett nedenfor det nye



Figur 3
Avgangens mektighet

flotasjonsverket ved Kongens gruve. Mens Lergruvebakken gruve var i drift, ble den nye avgangen deponert i Orvsjøen. Dette avfallet er ikke vurdert nærmere i denne rapporten.

Flotasjonsavgangen ved Kongens gruve er stort sett samlet i dammer som vist på figur 1. Det meste av avgangen ble reflatert tidlig i 70-årene og deponert i den øverste, største dammen. Noe av den gamle avgangen forble ubehandlet der den lå på nedsiden av flotasjonsverket. I vedlegg 1 er feltnotatene fra boringen i avgangen samlet. Dette har vært grunnlaget for beregning av avgangens volum i de ulike områdene. Arealet er bestemt ved planimetrering på figur 3. Tabell 7 viser grunnlaget for beregning av volum og vekt av avgangen.

Tabell 7. Beregning av avgangens volum.

Reflatert avang				
Totalt areal:		0.084 km ²	=	84 dekar
Mektighet	Middeldyp	Areal km ²	Areal dekar	Volum m ³
> 2,0 m	2.1	0.00404	4.04	8484
1,5-2,0 m	1.8	0.02844	28.44	51192
1,0-1,5 m	1.2	0.0164	16.4	19680
< 1,0 m	0.5	0.0352	35.2	17600
Sum		0.08384	83.84	96956 ≈ 100 000 m ³
Gammel avgang				
Totalt areal:		0.0584 km ²	=	58.4 dekar
Anslått middeldyp:		0.6 m		
Totalt volum:				35040 ≈ 35 000 m ³

Et enkelt forsøk på å bestemme avfallets tetthet ga som resultat at ca 0,7 l avgang veide 1270 g, dvs. 1,8 tonn/m³. I de videre beregningene er det regnet med en romvekt på 2 tonn/m³. 135 000 m³ utgjør derved ca. 270 000 tonn.

Ifølge Røros Kobberverks historie (Brun Nissen 1976) ble flotasjonsverket ved Kongens bygget med henblikk på reflatert av ca. 500 000 tonn avgang og veltemasser. Den mengden som virkelig ble reflatert, har vi ikke funnet oppgave over.

Tabell 8. Mengde avgang over og under grunnvannsnivå

Over grunnvannsnivå			
Reflatert avgang:	84 000 m ²	2/3	1.0 = 56 000 m ³
	84 000 m ²	1/3	0,5 = 28 000 "

			: 70 000 m ³
Gammel avgang	:	(Alt over gr.vann)	: 35 000 m ³
Under grunnvannsnivå			
Reflatert avgang:	100 000	- 70 000	= 30 000 m ³

Å beregne mengde avgang som ligger over grunnvannsnivå er vanskelig. Det er forholdsvis få målepunkter, og variasjonen over tid er knapt målt.

Ut fra målingene som foreligger kan det anslås at i ca 2/3-deler av arealet av den reflaterte avgangen ligger grunnvannstanden i gjennomsnitt i 1 m dyp. I den resterende delen er midlere grunnvannsdyp ca.0.5 m. Mengde avgang over og under grunnvannsnivå er beregnet i tabell 8

Tabell 9 viser avfallets innhold av kopper og sink henholdsvis over og under grunnvannsnivå. I tabellen er det oppført beregnede middelkonsentrasjoner av kopper og sink i de ulike deler av avfallet.

3.4 Kjemiske undersøkelser

Ved boring av hullene ble det tatt prøver av avgang. En del av disse prøvene er analysert på totalt kopper, sink, jern og sulfat. Dessuten ble vannløselige tungmetaller bestemt ved at 10 g avfall ble blandet med 250 ml dest. vann i et begerglass med rask omrøring i 15 minutter. Kopper, sink samt pH og konduktivitet er målt i vannuttrekkene.

I tabell 10 og 11 i Vedlegg 2 er alle disse resultatene samlet.

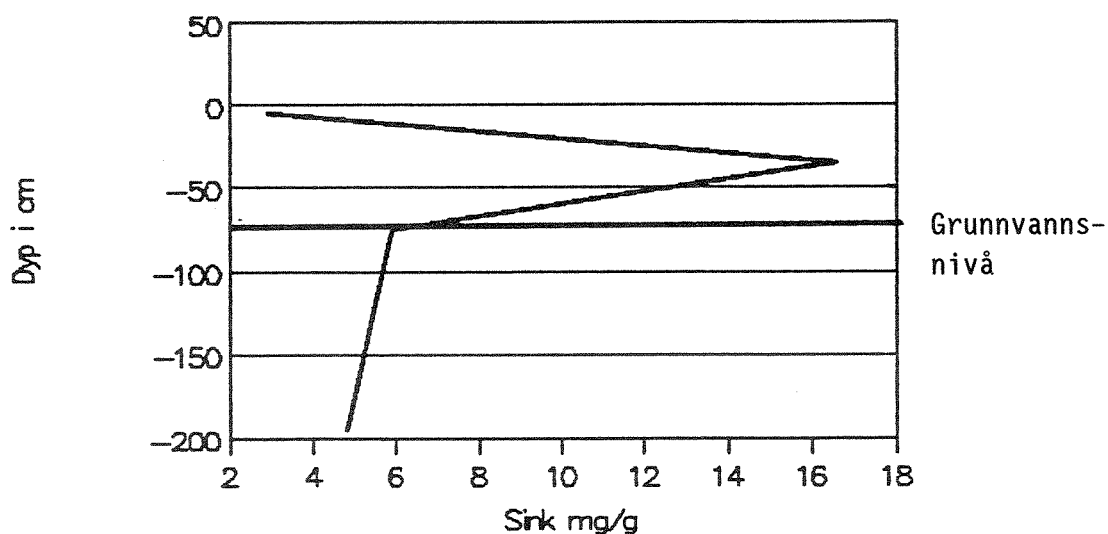
Det fremgår av tabell 8 at avfallet gjennomgående har meget lavt totalt innhold av kopper. Til dels er også innholdet av svovel og jern lavt, men enkelte prøver har svovelinnhold helt opp mot 20 %.

Tabell 9. Anslått metallinnhold over og under grunnvannsnivå
Konsentrasjonen er beregnet som middelvei av alle analyse-
resultater henholdsvis over og under grunnvannsnivå.
(Vedlegg 1 og 2 (Tabell 10))

Metallkonsentrasjoner	
Over grunnvann	
Kopper	: 2,3 kg Cu/tonn
Sink	: 5,9 kg Zn/tonn
Under grunnvann	
Kopper	: 2,8 kg Cu/tonn
Sink	: 9,3 kg Zn/tonn
Totalmengder	
Over grunnvann	
Kopper	: 493 tonn
Sink	: 1240 "
Under grunnvann	
Kopper	: 168 tonn
Sink	: 558 tonn

Bortsett fra for jern er gjennomsnittlige totalinnhold av metaller og svovel høyere under registrert grunnvannstand enn over. For jern kan det registreres en viss økning i total konsentrasjon fra overflate og nedover. Den er imidlertid ikke utpreget. For sink derimot er det meget klare tendenser til en økende tendens med avstand fra overflaten til et visst dyp hvor totalkonsentrasjonen igjen avtar. Dette tyder på en utvasking ovenfra, adsorpsjon- /utfelling i en front som antakelig er i bevegelse nedover i avfallet. Et typisk eksempel på forløpet av sinkkonsentrasjonen mot dypet i avgangen er vist i figur 3.

Avgangsdam – Kongens Tot. Sink C2



Figur 3. Typisk profil for sinkinnhold i avgang.

For jern, som er mye mindre bevegelig i naturen, har denne prosessen enda ikke nådd så langt at det registres med den forholdsvis grove kartleggingen som er foretatt. Ved graving i avgangen, kan imidlertid tydelige fargesjikt registreres.

4. DISKUSJON AV RESULTATER FRA FELTUNDERSØKELSENE

Arbeidet som ble gjort i 1989, la hovedvekt på beskrivelse av den re-floterte avgangen i dammene nedenfor flotasjonsverket. Undersøkelsene av vannkvalitet og transportverdier ble utført ved bare to stikkprøver.

Resultatene av de to undersøkelsene synes likevel å stemme godt overens.

Kjemiske analyser av avgangen viser at den inneholder relativt mye sink og lite kopper. Dette skyldes bl.a. at reflotasjonen fjerner kopper mer effektivt enn sink. Grunnvannet under avgangen har tilsvarende høye sinkkonsentrasjoner og lavt innhold av kopper.

Undersøkelsene av transport av tungmetaller i de ulike deler av vassdraget gir en rimelig god overensstemmelse på de dager det er målt. Sammenliknet med data fra tidligere undersøkelser er overensstemmelsen mindre god, uten at noen enkelt årsak kan påvises. Sesongvariasjoner kan være en forklaring. Det er også mulig at lekkasje av tungmetaller fra dammene kan ha avtatt noe i de senere år.

Den del av avgangen som ligger under antatt grunnvannstand bidrar antakelig lite til totaltransport av forurensning fra avgangen. Beregninger tyder på at de metallmengder som finnes i lett oksiderbar avgang vil avgi forurensning i flere hundre år, med dagens utvaskingshastighet.

Ved å gjennomføre tiltak som reduserer forurensningstilførslen fra avgangsdammen med ca. 90 %, reduseres transporten av sink i Orva med ca. 25 %. Effekten på koppertransporten blir noe mindre. Sett separat kan dette virke beskjedent. På grunn av den store geografiske spredningen av forurensningskildene i området vil aktuelle tiltak på enkeltkilder få relativt liten virkning på totaltransporten.

5. AKTUELLE TILTAK

5.1 Bakgrunn

Det arbeid som NIVA etter avtalen skal utføre i 1989, var en nærmere kartlegging av avfallet i avgangsdammen og en bedre kvantifisering av forurensningstransporten i området ved Kongens Gruve. Dette arbeidet har vist at det kommer så store forurensningsmengder fra de andre kildene i området at det bør gjennomføres tiltak ut over det som kan gjøres med avgangsdammen.

I det følgende er de mest aktuelle alternativene for tiltak kort beskrevet. De undersøkelser og utredninger som bør gjennomføres i den sammenheng, er samtidig omtalt. Rammene for det arbeidet som ble utført i 1989, ga ikke mulighet for noen detaljerte utredninger.

Generelt kan vi fastslå at det er nødvendig med en målsetning for tiltakene i området før de gjennomføres. Fastsetting av målsetningen er i denne sammenheng like mye et politisk som et faglig spørsmål.

5.1.1 Tildekking

Tildekking av avfall kan ha flere hensikter:

- Revegetering (gress, trær)
- Reduksjon i tilgang på luft og vann

Revegetering er først og fremst estetisk motivert, og gir sjelden merkbar forbedring av forurensningssituasjonen.

Reduksjon i tilgang på luft reduserer oksydasjonshastigheten i svovelholdig avfall, og derved forurensningsproduksjonen. Minsking av vannomsetningen i avfallet fører til en reduksjon i samlet mengde forurensninger som føres bort. Det er her viktigst å redusere lufttilgangen, og kravene til overdekkingsmateriale er styrt av det.

Aktuelle materialer som er prøvet er leire, sementbaserte materialer, bentonittblandet sand og eventuelt særlig tett morene. I tillegg kan materialer som er relativt tette og rike på organisk stoff være gunstige, f.eks. slam fra kommunale renseanlegg, avfall fra treforedlingsindustri o.s.v. En del slike materialer er ikke prøvet praktisk i stor målestokk, og det kan være nødvendig å gå trinnvis frem med en slik overdekning.

For å beskytte den overdekningen som hindrer lufttilgang mot erosjon, kan det være nødvendig med annen overdekning (morene, stensetting osv).

En overdekkingsmetode, som har vært brukt i en viss utstrekning her i landet, er deponering under vann. Derved reduseres oksygentilførslen og utløsningen av forurensninger avtar betydelig. Effekten av denne metoden avhenger imidlertid av avfallets kjemiske egenskaper, og det må gjøres en individuell vurdering før tiltaket iverksettes.

I selve gruva er en maksimal vannfylling ofte et godt tiltak mot forurensning.

5.1.2 Baktericider

Fordi oksydasjonen av kismineraler i stor grad skjer ved en bakteriell prosess, kan forurensningsproduksjonen for en tid reduseres

ved bruk av baktericider. Tilførslen av baktericid er imidlertid en forurensning i seg selv, og det er sjelden denne metoden har praktisk interesse. I mindre områder kan den imidlertid brukes. Tilsetning av betydelige mengder alkali kan også ha en effekt, omtrent som ved bruk av baktericider. Det er lite praktisk erfaring med slike metoder i Norden. For å ta dem i bruk kreves praktiske forsøk i stor skala, og tiltaket må i første omgang vurderes som et forskningsprosjekt. Tilsetning av slike midler har relativt kortvarig effekt, og prosessen må gjentas regelmessig på ubestemt tid.

5.1.3 Renseanlegg

Der det er mulig å samle avløpsvannet, kan rensing komme på tale. Med rensing menes idag stort sett å separere avløpet i et relativt rent vann og et konsentrert tungmetallholdig slam. Vannet kan føres til resipient, mens slammet bør deponeres på plasser for spesialavfall. Valg av renseteknikk har stor betydning i denne sammenheng. Dette er også tiltak som krever utredning og utvikling. Konvensjonell kalkfelling der tungmetaller felles ut som hydroksyder, er en velkjent prosess, som fungerer godt mange steder i verden. For renseanlegg må det regnes med at det skal drives på ubestemt tid.

5.1.4 Våtmarksområder

Forsøk flere steder i USA og Canada har vist at det har en gunstig effekt på metallinholdet i gruveforurenset vann å lede det gjennom våtmarksområder. Dette er et tiltak som i visse tider av året kan gi god effekt også her i landet. Det foreligger imidlertid ikke praktiske erfaringer fra områder med tilsvarende klima og naturforhold. Det er sannsynlig at effekten er beskjeden i vinterhalvåret. Dessuten er virkningen på våtmarksområdet, som benyttes, lite undersøkt. Å bruke et slikt tiltak i Nordgruvefeltet måtte betraktes som forskning.

Praktiske erfaringer som nå foreligger i USA, tyder på at områder som brukes for slike formål, må restaureres med 5 - 10 års intervall.

5.2 De enkelte områdene

5.2.1 Christianus Sextus

Forurensningskildene ved Christianus Sextus er undersøkt gjennom et måleopplegg i 1978/79. Det var ikke noen kilde som pekte seg ut som den største, og derved den som gir størst forbedring ved gjennomføring av tiltak. Viktige tilførsler er gruvevannsutløpet og flere større velter.

Det kan være to nivåer for målsetningen for tiltak i området. Enten å gjøre Orvsjøen fiskeførende eller kun å redusere forurensningstransporten i Orva. Det siste er ikke særlig aktuelt, idet resultatet da neppe vil stå i forhold til innsatsen. Dersom det skal gjøres tiltak i Sextus-området bør målet på lang sikt være å gjøre Orvsjøen fiskeførende.

I og med at forurensningskildene ved Christianus Sextus er velter og gruvevann, er det flere tiltak som kan være aktuelle.

Mulighetene for å heve vannstanden i gruva bør utredes. Det vil også ha stor interesse å kjenne volumet/flatene som ligger over og under vann etter en eventuell oppfylling.

Forurensningsmengden fra veltene kan reduseres ved tildekking. De ligger såvidt bratt at det ganske sikkert vil bli nødvendig å forme dem for å konsentrere dem og gjøre det lettere å bruke maskiner. Det er antakelig tilstrekkelig plass for en slik arrondering. Hvorvidt det finnes egnede masser for tette- og beskyttelsessjikt må derimot avklares.

Ovennevnte tiltak ved Sextus vil ikke gi en 100 % reduksjon av forurensningene fra området. Gruvevannet vil fortsatt gi forurensninger og uten en meget nitid tetting og en omhyggelig opprensing i terrenget vil avfall fortsatt avgi noe tungmetaller. Grunnvann og jord kan også være påvirket. For å avgjøre om tiltakene får ønsket effekt må disse spørsmål behandles på forhånd. Det bør også utredes hvilken effekt som kreves av tiltakene for å få tilbake fisk i Orvsjøen.

I stedet for å dekke veltene med masse er det mulig å fjerne dem fullstendig, evt ved at de deponeres i Orvsjøen. Også dette tiltaket krever en vurdering på forhånd, i forhold til de mål som settes.

Begge de ovennevnte tiltak for behandling av velter vil føre til en fullstendig endring av landskapet ved Christianus Sextus. De fleste spor etter tidligere gruvedrift vil bli fjernet. Også vannfylling av

gruverom kan føre til endringer i området utseende og anvendelighet.

Fordi Sextus-området ligger såvidt høyt i terrenget over Orvsjøen, ser det ut til å være mulig å samle opp drensvann fra forurensede områder og føre det ut av Orvsjøens nedbørfelt. Det er imidlertid vanskelig å få en slik løsning til å bli 100 % effektiv. Antydningssvis 70 - 80 % av forurensningene fanges opp på denne måten.

Før et slik tiltak kan gjennomføres kreves en undersøkelse av grunnforhold og grunnvannets bevegelse. For å kunne lede vannet ut av området må det stikkes en rimelig trase for en eventuell grøft/rørledning. Det kreves også en forbedret hydrologisk utredning som kan angi dimensjonerende vannføringer for de anlegg som blir aktuelle. En forbedret beskrivelse av forurensningsmengde i forhold til vannmengde kan gi besparelser ved gjennomføringen av tiltak, ved at dimensjonerende vannføring kan vurderes i forhold til den fortynning som kan oppnås under gitte vær-situasjoner.

Virkingen av en slik overføring av vann til Orva nedstrøms Orvsjøen kan gi øket forurensning i Glomma, fordi Orvsjøen idag virker rensende på avrenningen fra Sextus. Dette tiltaket må derfor sees i forhold til tiltak ved Kongens/Arvedalens gruve. Dersom målet er å gjøre Orvsjøen fiskeførende er det viktig også å vurdere tilførslene gjennom Hjulhusbekken.

5.2.2 Gruver og velter Kongens / Arvedalen

Forurensningskildene ved Kongens / Arvedalen er den del av Nordgruvefeltet som til nå er dårligst undersøkt. Det foreligger noen spredte måleresultater for vannet som renner fra den nedre del av gruva. Dette vannet er antakelig samlet avrenning fra velter og gruve. De mest pålitelige målingene er fra to prøvetakinger i 1989. Disse målingen antyder at avrenningen fra dette feltet kan være den mest betydelige i i området sør for Orvsjøen. Spesielt gjelder det transporten av kopper. Avløpet skjer i hovedsak i retning mot det nye oppredningsverket. Vannet renner enten ut over overløpet ved nedre dam, eller i veigrøfta på vestsiden av veien. Andelen av transporten som foregår i grunnvannet er ikke bestemt.

I tillegg til det vannet som dreneres gjennom den gamle gruva, drenerer en mindre del av feltet til Hjulhusbekken, som renner inn i Orvsjøen. Forurensningsmessig betyr Hjulhusbekken antakelig lite i forhold til de øvrige tilførslene til Orvsjøen.

Det bør gjennomføres et program som tar sikte på en beskrivelse av

avfallet (mengde og sammensetning). En gjennomgang av muligheten for å sette gruvene under vann og for en tilbakefylling av avfallet til gruva bør også foretas. Transportveier for avløpsvannet (gruve, overflatevann, grunnvann) bør også undersøkes.

Dersom det gjennomføres tiltak i Sextus-området med sikte på å gjøre Orvsjøen fiskeførende, må deler av Hjulhusbekkens nedbørfelt overføres til området ved Kongens. Dette krever en hydrologisk vurdering og en feltbefaring før arbeidet kan settes igang. Selve arbeidet er av lite omfang.

5.2.3 Slamdammene og området ved det nye flotasjonsverket - Kongens

Dette området er relativt omfattende beskrevet i årets rapport. Det er klart at avgangsdammene er store kilder for sinkavrenning. De er dessuten klart avgrensede i forhold til omgivelsene. Utslippet av sink fra dette damsystemet er betydelig også i forhold til det totale utslippet fra Nordgruvefeltet.

Ifølge lokale opplysninger, utgjør avgangsdammen et støvproblem, idet det fine materialet på overflaten føres langt ut i det omliggende terrenget i tørt vær. Skadevirkningene av dette er det vanskelig å kvantifisere, men det er omtalt som plagsomt. Fenomenet er lett synlig når det er slike forhold.

Dammene er forholdsvis lett tilgjengelige for tiltak. Tetting av dammene og overdekking enten med vann eller med et tettningssjikt vil klart gi forbedringer. En overdekking vil fjerne støvplagen i området.

Dette tiltaket kan om ønskelig kombineres med tiltak andre steder, ved at avfall overføres til dammen før overdekkingen utføres. Avgangens mektighet er liten, og for å redusere overflaten som skal dekkes, bør det overveies om avgangen skal samles på et mindre areal. Flytting og arrondering av avfall er imidlertid arbeidsoperasjoner med stor risiko for øket forurensning. Det kreves derfor sikkerhetstiltak som kan bli relativt kostbare.

Også i dette området kan det gjøres betydelige forbedringer i transport av forurensninger ut av området ved å gjennomføre rensing av alt eller deler av dreinsvannet. Dersom det blir aktuelt å overføre vann fra Sextus til Kongens-området, er det mulig å gjennomføre en samlet rensing av vann fra de to områdene.

For å kvantifisere forurensningstransporten i området, bør prøvetakingen opprettholdes ved de tre målestedene som ble opprettet ved undersøkelsene i 1989, noen måneder fremover.

5.2.4 Øvrige kilder

Avrenningen fra Lergruvebakken samt den forurensning som skapes av avgangen som ligger ved Orvas utløp i Glomma kommer i tillegg til de kilder som er nevnt i det foregående. Disse bidragene er ikke kvantifisert, men analyseresultater som foreligger fra Lergruvebakken viser at det først og fremst kommer sink derifra, og at mengden antakelig er mindre enn ett tonn pr. år. Avgangen ved Orvas utløp i Glomma er ikke undersøkt. Tungmetallforurensningen herifra er nok beskjeden, men det er mulig at avgangen kan skape praktiske problemer f.eks ved at den eroderes ved høy vannføring i Glomma.

REFERANSER;

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. og Iversen, E.R. 1990 Vannforurensninger fra nedlagte gruver, Del II. NIVA-rapport 89106, Serienr.: 2363, Januar 1990.

Brun Nissen, G. 1976 Røros Kobberverk 1644- 1974, Trondheim 1976, p. 270.

Iversen, E.R. og Johannessen, M. 1985 Undersøkelse av avgangsdeponier i Rørosområdet, Orvsjøen og Djupsjøen. NIVA-Rapport 84077, Serienr.: 1704, Februar 1985.

Lingsten, L. 1982 Glåma i Hedmark. Delrapport 1978-80. Vannkjemi og planteplankton. NIVA-rapport 78045, Serienr.: 1436, Juni 1982.

Vedlegg 1

BESKRIVELSE AV AVGANGEN VED PRØVETAKINGEN

Prøvetaking av avgang ble foretatt 5. september 1989, og det ble benyttet et spadbor. Følgende beskrivelse ble notert om prøvene etter hvert som de ble tatt.

A1

Diffus overgang fra forvitret (brunt) gods til sort avgang.
Felter med med brunt gods ned til 10 cm.
Sort gods fra 2 cm

B1

Forvitret gods 0-17 cm
Sort avgang rett under overflaten.
Mektighet 1,8 m

C1

Forvitret 0-20 cm
Grunnvann: pH = 4,95 Kond = 800 mS/m

C2

Forvitret gods 0-13 cm
I grunnvann: pH = 5,95

C3

Forvitret gods 0-15 cm
Soner med brunt-sort ned til 15 cm.
mektighet 1,1 m(?) (Hardt å bore ved 1,1 m)
Grov morene ved 1,4 m.

C4

Grunnvann helt til overflaten.
pH i borehull 4,3
pH i overvann i dammen: 3,0

D1

Forvitret gods: 0 - 40 cm (brunt)
I grunnvannet : pH = 2,80 Kond = 593 mS/m

D2

Forvitret 0-23 cm
Skarp overgang til blåsort avgang. Ingen jernhatt
Lett og bore.
I grunnvannet: pH = 5,1 Kond = 690 mS/m

E1

Forvitret gods: 0 - 40 cm
I grunnvannet : pH = 4,18 Kond = 715 mS/m

E2

Forvitret sone 0 - 40 cm
Hard sone ved ca. 15 cm fra overflaten.
Rødt/brunt avfall over "jernhatten". Gult - sandfarget
under.
I grunnvannet: pH = 4,4 Kond = 885 mS/m

E3

Forvitret 0-55 cm
Forvitret gods meget hardt å bore i helt ned til den sorte
avgangen.
Mektighet på avgang: 1,8 m

E4

Forvitret 0-35 cm
Forvitret gods lett å bore i.

F1

Forvitret gods: 0 - 63 cm
Hard sone (jernhatt) ved 45 cm fra overflaten.
Avfallets mektighet: ca. 1,8

F2

Forvitret sone: 0 - 30 cm
Hard skorpe av oker over sort avgang.
I grunnvann: pH = 3,1 Kond = 503 mS/m
Mektighet : ca. 1,8 m

F3

Hardt, forvitret gods 0-35 cm
Mektighet på avgang: 1,6 m

F4

Tynn skorpe med forvitret gods på overflaten.
Grunnvannet står 1-2 cm under overflaten
pH = 6,2

G1

Meget forvitret
Svart gods 40-50 cm

G2

Forvitret gods
Bunn: 80 cm

Vedlegg 2

KJEMISKE UNDERSØKELSER AV AVGANG

Tabell 10 A. Kjemiske analyseresultater for fast avfall
Totalt innhold av tungmetaller i avgang

Sted/Dyp cm	Cu mg/g	Zn mg/g	%Fe	%S
A1				
0-10	0.59	2.9	6.16	3.32
30-40	0.83	10	8.13	4.38
70-80	0.84	11.7	8.06	4.99
B1				
0-10	0.34	1.6	6.48	2.99
30-40	0.83	17.9	8.49	5.06
90-100	0.7	6.2	7.74	4.06
170-180	3.2	5.1	8.54	2.71
C1				
0-10	0.3	0.64	7.07	4.21
40-50	0.44	4.8	6.16	3.44
190-200	2.7	8.1	6.68	3.75
C2				
0-10	0.49	2.9	7.95	3.41
30-40	0.69	16.6	9.43	6.58
70-80	0.55	5.9	7.69	3.99
190-200	1.4	4.8	6.15	2.94
C3				
0-10	0.42	4.5	7.06	3.46
30-40	0.76	14.8	8.4	5.69
70-80	0.62	10.3	7.38	3.85
90-100	1.6	14.7	8.22	7.36
140-150	2.1	7	5.93	2.77
C4				
0-10	4.4	5.3	5.93	3.27
30-40	0.38	6.3	6.63	3.56
D1				
0-10	4	2.7	6.4	1.87
30-40	3.3	3.1	6.11	2.02
60-70	3	5.6	6.27	2.41
190-200	2.6	7.2	6.39	2.62
D2				
0-10	0.26	0.51	6.71	1.52
10-20	0.65	2	8.68	4.63
50-60	3	8.1	7.31	3.48
190-200	2.2	7.8	6.9	2.88

Tabell 10 B. Kjemiske analyseresultater for fast avfall.
Totalt innhold av tungmetaller i avgang.

Sted/Dyp cm	Cu mg/g	Zn mg/g	%Fe	%S
E1				
0-10	2.7	0.31	5.65	1.27
30-40	5.7	3.2	6.99	2.8
60-70	3.5	9.8	7.05	4.36
190-200	2	4.3	6.24	2.98
E2				
0-10	0.63	0.44	6.68	3.53
30-40	3.8	3.9	5.5	3.07
50-60	4.4	10.4	6.96	4.02
190-200	2.9	8	6.3	4.43
E3				
0-10	0.37	0.61	7.22	4.29
40-50	2.7	4	6.28	3.86
60-70	3.7	9	6.72	4.07
180-190	8.1	17.4	11.14	8.67
E4				
0-10	0.58	0.49	7.44	5.81
20-30	0.66	0.63	9.39	6.91
60-70	1.4	12.1	12.16	10.15
190-200	4.2	9.9	7.07	3.86
F1				
0-10	2.8	0.23	5.09	1.83
40-50	5.1	1.6	5.73	3.46
70-80	13.7	16.5	10.3	9.82
150-160	12.1	23.4	15.35	18.86
F2				
0-10	1.1	1	10.28	7.29
20-30	3.8	12.9	16.05	13.34
40-50	4.2	16.8	7.6	5.13
170-180	2.5	10.8	7.46	4.21
F3				
0-10	0.84	4.3	11.28	9.95
20-30	1.4	4.4	10.66	7.09
60-70	5.9	15.6	8.4	4.94
100-110	8.5	9.2	7.22	3.34
F4				
0-10	1.2	10.3	7.45	4.33
30-40	1.2	11.3	7.23	4.95

Tabell 10 C. Kjemiske analyseresultater for fast avfall.
Totalt innhold av tungmetaller i avgang.

Sted/Dyp cm	Cu mg/g	Zn mg/g	%Fe	%S
G1				
0-10	0.34	0.28	7.2	0.77
40-50	3	19.3	12.5	9.19
G2				
0-10	0.41	0.61	7.5	0.96
30-40	0.83	0.66	8.62	1.84
70-80	1.9	1.6	9.02	4.3
Prøve tatt 2. juli 1989				
D1				
0-10	3.2	3.1	7.4	2.22
10-20	3.6	3.2	7.02	2.93
20-30	3.3	5.9	6.9	3.44
40-50	2	8.1	7.8	2.82
90-100	2.1	6.4	6.84	2.4
160-170	2.2	4.8	7.82	2.42

Tabell 11 A. Kjemisk analyse av fast avfall.
Innhold av vannløselige forurensninger.

Sted/Dyp cm	pH	Kond mS/m	Cu µg/g	Zn mg/g
A1				
0-10	3.18	70	8.75	0.500
30-40	5.17	21.3	< 1.25	0.400
70-80	6.5	10.2	< 1.25	0.004
B1				
0-10	3.55	17	5.75	0.054
30-40	5.2	29.8	< 1.25	0.900
90-100	5.16	38.3	2.75	0.575
170-180	5.9	38.8	< 1.25	0.004
C1				
0-10	3.48	22.5	3.50	0.075
40-50	5.01	15.5	< 1.25	0.255
190-200	5.07	64.9	1.25	0.115
C2				
0-10	3.38	21	12.25	0.118
30-40	4.83	48.3	27.25	3.275
70-80	5.35	44.1	< 1.25	0.410
190-200	3.95	31.8	36.25	0.600
C3				
0-10	3.77	39.3	28.25	0.825
30-40	4.75	39.6	4.00	1.850
70-80	5.73	21.2	< 1.25	0.043
90-100	5.6	21.4	< 1.25	0.029
140-150	5.24	50.1	< 1.25	0.045
C4				
0-10	4.03	28.6	5.75	1.250
30-40	4.74	14.2	< 1.25	0.155
D1				
0-10	3.87	39.5	214.75	0.078
30-40	3.95	46.8	105.5	0.080
60-70	4.48	48.2	2.00	0.328
190-200	4.27	30.5	2.00	0.553
D2				
0-10	3.05	47.9	4.50	0.036
10-20	3.09	42.3	15.50	0.078
50-60	4.22	67.8	3.75	0.650
190-200	5.23	45.2	< 1.25	0.325

Tabell 11 B. Kjemisk analyse av fast avfall.
Innhold av vannløselige forurensninger.

Sted/Dyp cm	pH	Kond mS/m	Cu mg/g	Zn mg/g
E1				
0-10	3.5	17.5	13.00	0.029
30-40	3.9	53.8	152.00	0.035
60-70	4.17	75.6	1.50	0.433
190-200	4.74	42.5	< 1.25	0.295
E2				
0-10	3.00	50.3	6.75	0.049
30-40	3.05	67.9	92.00	0.160
50-60	4.01	77.5	32.25	0.850
190-200	5.14	25.2	< 1.25	0.308
E3				
0-10	2.59	74	5.00	0.050
40-50	3.55	47.1	367.5	0.313
60-70	4.02	30.7	7.25	0.520
180-190	4.24	28.2	< 1.25	1.000
E4				
0-10	2.67	65.9	5.75	0.023
20-30	2.6	80.3	6.75	0.023
60-70	4.1	15.9	30.0	0.600
190-200	4.6	19.3	< 1.25	0.925
F1				
0-10	3.13	24.9	22.75	0.028
40-50	2.7	69.3	161.75	0.093
70-80	3.88	35.8	1235.0	0.285
150-160	4.12	23.7	1.75	0.398
F2				
0-10	2.62	79	18.25	0.170
20-30	3.89	29.5	120.0	0.925
40-50	4.76	10.8	< 1.25	0.413
170-180	4.66	39.9	< 1.25	0.110
F3				
0-10	3.4	28	7.75	0.590
20-30	3.68	26	194.5	0.598
60-70	3.97	52.8	295.0	3.150
100-110	3.58	40.4	532.5	1.075

Tabell 11 C. Kjemisk analyse av fast avfall.
Innhold av vannløselige forurensninger.

Sted/Dyp cm	pH	Kond mS/m	Cu µg/g	Zn mg/g
F4				
0-10	4.5	22.9	29.0	1.025
30-40	5.86	10.3	<1.25	0.005
G1				
0-10	3.58	13.4	2.75	0.002
40-50	4.04	49.1	15.0	2.925
G2				
0-10	3.42	19.3	4.75	0.033
30-40	3.02	49.9	23.25	0.009
70-80	2.77	106.8	104.5	0.218

Tabell 12. Målepunktenes nivå og grunnvannstand ved målingene høsten 1989.

Stasjon	Nivå	Vannstand 05.09.89	Vannstand 11.10.89
A1	802.66	802.16	802.39
B1	802.60	801.71	801.46
C1	802.84	802.05	801.88
C2	802.66	801.90	801.79
C3	802.66	802.02	802.11
C4	802.13	802.13	802.13
D1	803.10	802.77	802.48
D2	803.10	802.36	801.97
E1	803.63	803.05	802.71
E2	803.52	802.60	802.21
E3	802.63	801.33	801.00
E4	803.08	801.92	801.74
F1	804.37	803.21	802.89
F2	804.31	803.47	803.28
F3	802.93	801.00	801.00
F4	802.44	802.42	802.42
G1	804.50		
G2	808.00		