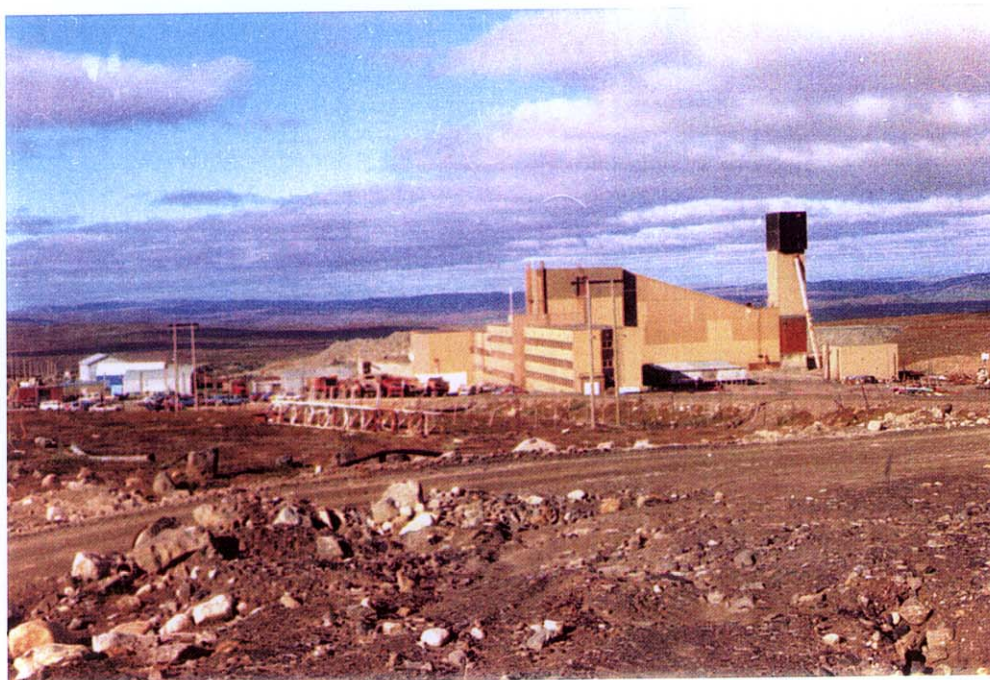


O-85273



**Norsulfid AS**  
**Avd. Bidjovagge Gruber**

Undersøkelse i forbindelse med  
nedleggelse av driften



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
85273	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3267	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	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

<b>Rapportens tittel:</b> <b>NORSULFID A.S Avd. Bidjovagge Gruber</b> <b>Undersøkelser i forbindelse med nedleggelse av driften</b>	<b>Dato:</b> 27.03.95	<b>Trykket:</b> NIVA 1995
	<b>Faggruppe:</b> Miljøteknologi	
<b>Forfatter(e):</b> Iversen, Eigil Rune  Efraimsen, Harry	<b>Geografisk område:</b> Finmark	
	<b>Antall sider:</b> 35	<b>Opplag:</b> 50

<b>Oppdragsgiver:</b> NORSULFID A.S	<b>Oppdragsg. ref.:</b>
----------------------------------------	-------------------------

<b>Ekstrakt:</b> Undersøkelsene i forbindelse med virksomheten ved Bidjovagge Gruber har pågått siden 1985 og har også pågått etter 1991 da driftshvile inntrådte. Det er i denne perioden ikke påvist unormale tungmetallkonsentrasjoner i den nærmeste vassdragsstrekning som mottar drensvann fra gruveområdet. Selv om kobberkonsentrasjonene i drensvann fra deponier og dagbrudd viser at det pågår forvitring av kisminerale, har materialtransporten av forvitningsprodukter hittil vært så vidt beskjeden at avrenningen fra gruveområdet ikke har noen konsekvenser for vannkvaliteten i vassdraget nedenfor. Undersøkelser viser at gruveavfallet forvitrer tregt.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


4 emneord, norske

1. Kisgruve
2. Avgangsdeponering
3. Tungmetaller
4. Kobber/gullgruve

4 emneord, engelske

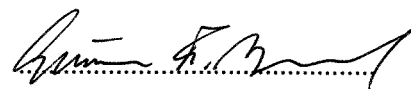
1. Pyrite Mining
2. Tailings disposal
3. Heavy metals
4. Copper/gold mine

Prosjektleder



Eigil Rune Iversen

For administrasjonen



Gunnar Fr. Aasgaard

ISBN 82-577-2746-6

Norsk institutt for vannforskning

**O - 85273**

**Norsulfid AS avd. Bidjovagge Gruber  
Undersøkelser i forbindelse med  
nedleggelse av driften**

Oslo 27. mars 1995

Eigil Rune Iversen  
Harry Efraimsen

# Innhold

Konklusjoner .....	4
1. Innledning.....	5
2. Vurdering av vannkvalitet .....	7
2.1. Målsetting .....	7
2.2. Områdebeskrivelse .....	7
2.2.1. Avgangsdeponier.....	7
2.2.2. Dagbrudd.....	9
2.2.3. Gråbergstipper.....	9
2.2.4. Gruvevann.....	9
2.2.5. Vannbruk og vannmengder.....	10
2.3. Analyseresultater .....	10
2.3.1. Prøvetakingsstasjoner og analyseprogram .....	10
2.3.2. Resultater for stasjonene i fjernsonen 1A, B, C, D og E .....	11
2.3.3. Resultater for stasjonene i gruveområdet 2, 2A, 3A-B-C-D-F-H-K og 4.....	12
2.3.4. Resultater for slamdeponiene.....	12
2.3.5. Samlet vurdering av vannkvalitet .....	13
3. Materialtransport .....	14
4. Avgangens forvitringsegenskaper .....	15
4.1. Mikrobielle utlekkingsforsøk .....	15
4.1.1. Innledning .....	15
4.1.2. Testmetode .....	15
4.1.3. Preparering av testmaterialet.....	15
4.1.4. Referansemateriale.....	15
4.1.5. Testmedium.....	15
4.1.6. Inokulum .....	15
4.1.7. Analyseprogram .....	16
4.1.8. Inkubasjon og prøveuttak.....	16
4.1.9. Mikroskopering.....	16
4.1.10. Fysisk-kjemisk kontroll (abiotisk kontroll) .....	16
4.1.11. Resultater og diskusjon .....	16
4.1.12. Analyser av fysisk-kjemisk referanse (abiotisk kontroll).....	17
5. Tiltak.....	20
6. Referenser.....	21
7. Bilag.....	22

## Konklusjoner

Det er i denne rapporten foretatt en samlet vurdering av forurensningstilstanden i gruveområdet til Bidjovagge Gruber. Som grunnlag for vurderingen er benyttet de viktigste analysedata som foreligger for de prøvetakinger som er foretatt i perioden 1985-94.

Etter at driftshvile inntrådte høsten 1991, tyder ikke de resultater som foreligger på noen effekter av betydning i de fysisk/kjemiske forhold i bekken fra gruveområdet eller i Sieidasjåkka som mottar tilførsler fra Bidjovagge-området. Selv om det foregår en transport av kobber fra gruveområdet kan det ikke påvises noen forhøyede kobberkonsentrasjoner i bekken fra gruveområdet eller i Sieidasjåkka.

Materialtransporten av kobber fra gruveområdet er av størrelsesorden mindre enn 100 kg/år.

Undersøkelser av avgangens forvitringsegenskaper viser at avgangen forvitrer meget tregt i forhold til annen avgang med betydelig høyere svovelinnhold. Vannkvaliteten i avgangsdeponi fra foregående driftsperiode tyder også på beskjeden metallutløsning fra avfallet, og at avfallet neppe vil produsere surt sivevann.

Det anbefales likevel å foreta en regelmessig kontroll av enkelte forurensningskilder i området en tid fremover. Det foreslås å ta kontrollprøver for vannkvalitet i en periode på fem år fra deponering opphørte. Prøvetakingsprogrammet avsluttes i 1996.

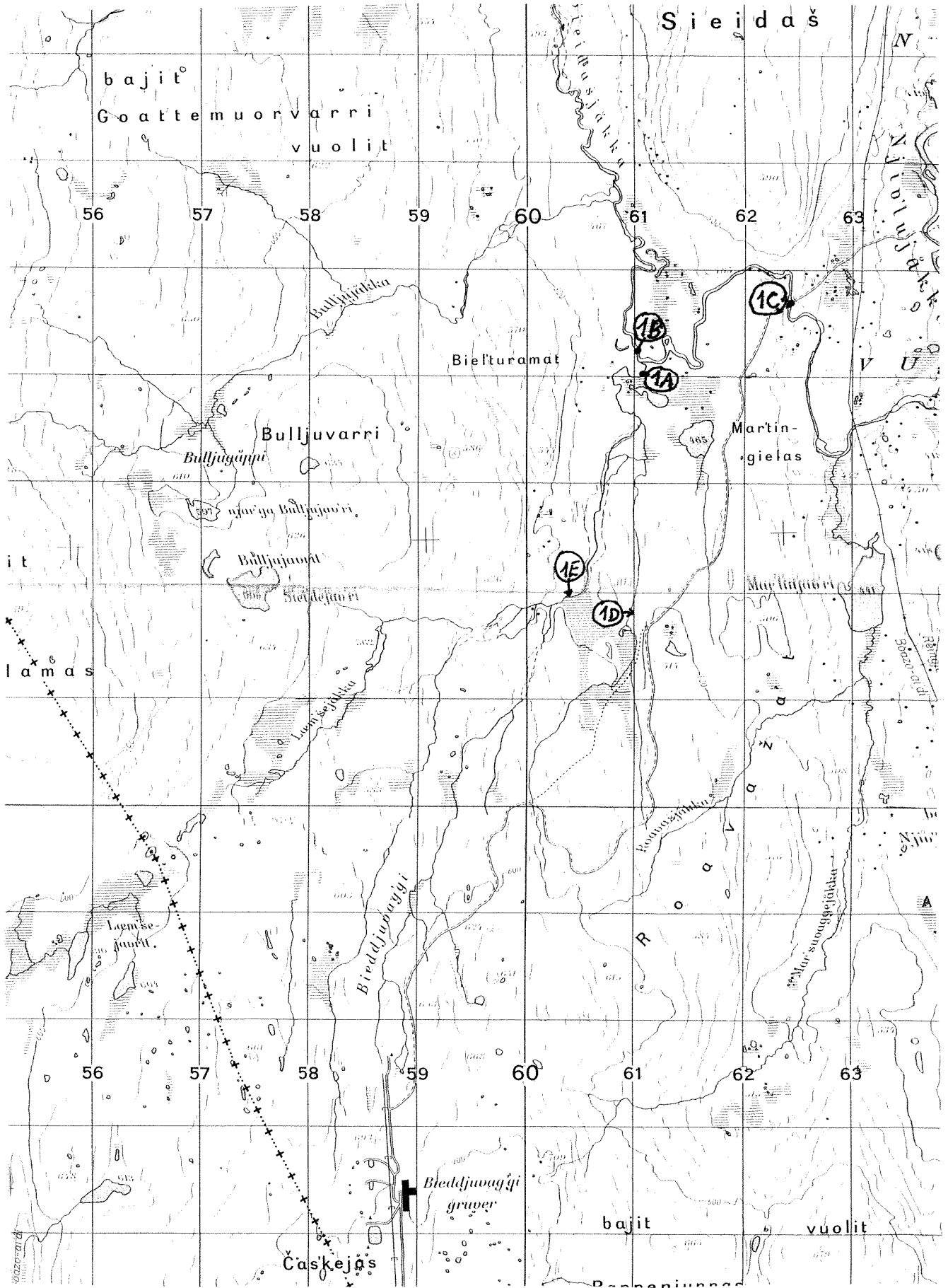
# 1. Innledning

Norsulfid AS, avd. Bidjovagge Gruber har i perioden 1985-91 drevet gruvedrift på gullholdig kobberkis ved fjellområdet Caskejas i Kautokeino kommune. Forekomsten ble påvist i 1950-årene, og det ble drevet gruvedrift på kobberkis i årene 1975-80. Gruva ble i denne perioden drevet som underjordsgruve. I denne første driftsperioden ble det produsert kobberkonsentrat på stedet v.h.a selektiv flotasjon. Flotasjonsavgangen ble deponert i to anlagte dammer nær oppredningsverket.

I siste driftsperiode ble det anlagt en ny slamdam for avgangen i nærheten av de gamle deponiene og ved hjelp av en klaredam ble mye av vannet resirkulert i oppredningsverket. Driften i siste driftsperiode foregikk hovedsakelig i flere dagbrudd, men i et av bruddene foregikk også driften som underjordsgruve. Et av de utdrevne dagbruddene ble også benyttet som avgangsdeponi. Siste driftsår i området var 1991, og i perioden 1991-94 ble det kun drevet et malmletingsprogram i området samtidig med en opprydding i gruveområdet.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har siden august 1985 gjennomført et kontroll- og overvåkingsprogram for forurensningstilførsler til vann fra gruveområdet. Programmet har også omfattet fysisk/kjemiske effekter i nærmeste vassdragsavsnitt og har bestått i en årlig befarings til området med prøvetaking for fysisk/kjemiske undersøkelser. Bidjovagge Gruber har i tillegg selv under driftsperioden foretatt prøvetaking ved noen faste stasjoner etter avtale med NIVA. Resultatene fra undersøkelsene er tidligere presentert i NIVA-rapporter (Iversen, 1988, 1989, 1992 og 1994).

Norsulfid AS besluttet i 1994 å nedlegge driften ved Bidjovagge Gruber og ble i den forbindelse pålagt av Statens forurensningstilsyn å gjennomføre en utredning av forurensningssituasjonen og en plan for avslutningsarbeidet i forbindelse med endelig driftsnedleggelse. Den foreliggende rapport gir en utredning av forurensningssituasjonen i området med vurdering av de enkelte forurensningskilder.



Figur 1. Utsnitt av kart over vassdraget ved Bidjovagge Gruber.

## 2. Vurdering av vannkvalitet

### 2.1. Målsetting

Etter en befarings til området foretatt i 1985 ble det laget et kontrollprogram for undersøkelse av vannkvalitet som i hovedtrekk har vært fulgt i tiden etter. I løpet av de årene undersøkelsene har pågått, er programmet tilpasset de erfaringer som er innhentet ved de enkelte stasjoner og det er foretatt enkelte endringer m.h.t stasjonsvalg, prøvetakingsfrekvens og analyseprogram. Programmet har hatt som målsetting å :

1. Kontrollere utviklingen i den fysisk/kjemiske vannkvalitet i dreinsvann fra avgangsdeponier og fra gruveområdet generelt.
2. Vurdere eventuelle fysisk/kjemiske effekter i nærmeste vassdragsstrekning som mottar dreinsvann fra gruveområdet.

Programmet ble avsluttet med siste prøvetaking ved en befarings i 1994. I denne rapporten gis en samlet vurdering av det analysemateriale som foreligger for de enkelte stasjoner.

### 2.2. Områdebeskrivelse

Figur 1 viser et utsnitt av kartblad 1833 IV, Mållejus, der gruveområdets beliggenhet er markert.

Hele gruveområdet drenerer til et bekkesystem som fører til Sieidasjåkka som er sideelv til Njivlujåkka som igjen fører til innsjøen Stuorajavre og videre til hovedvassdraget Kautokeinoelva/Altaelva. Dreinsvann fra gruveområdet tas delvis opp av løsmassene i området. Et stykke nedenfor gruveområdet samles tilførselene fra nedbørfeltet i et tydelig bekkesystem som løper inn i et flatt myrområde og videre inn i elven Sieidasjåkka.

Figur 2 viser en kartskisse av selve gruveområdet. På kartskissen er markert dagbrudd, bygninger, avgangsdeponier og tippmasser.

#### 2.2.1. Avgangsdeponier

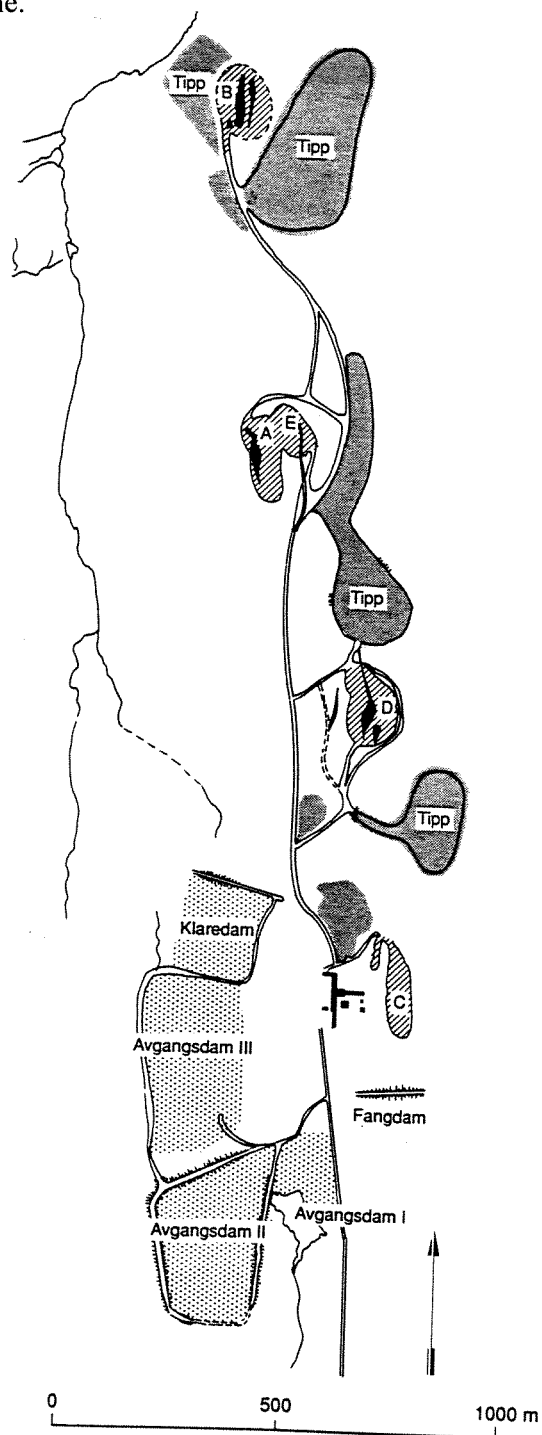
Avgangen fra første driftsperiode er deponert i to deponier kalt Avgangsdam 1 og Avgangsdam 2 på figur 2. Mye av avgangen i dam 1 har ligget over vannspeilet siden driftsnedleggelse, men er nå doset ut og overdekket med et bærelag av gråberg. Dam 2 ble også benyttet i siste driftsperiode, slik at den gamle avgangen er overdekket med ny avgang. Grunnvannsspeilet står høyt i deponiet slik at lite av avgangsmassene er tørrlagt. Dette deponiet ble også overdekket med et bærelag av gråberg.

Dam 3 ble anlagt for siste driftsperiode og er det største avgangsdeponiet fra denne perioden. Under driften hadde dammen overløp til en klaredam nedenfor. Herfra ble vann tatt inn i oppredningsverket igjen. I perioder med mye nedbør og snøsmelting hadde klaredammen overløp. Etter at driftshvile inntrådte, har det neppe vært overløp på dammene. Klaredammen har imidlertid en lekkasje ved damfoten. Denne er prøvetatt under befaringene. Likeledes kan det observeres noe sig ved damfoten av dam 3 som også er prøvetatt ved et par anledninger. Dammen er bygget tett slik at grunnvannsspeilet står nesten til overflaten av avgangen.



Damoverflaten er nå sikret ved at et bærelag av gråberg er lagt på. Dette arbeidet ble avsluttet i 1994.

Det utdrevne brudd D er også benyttet som avgangsdeponi. Bruddet er helt fylt med avgang. Grunnvannspeilet står også høyt i dette deponiet som også ble overdekket med gråberg som de andre deponiene.



**Figur 2.** Kartskisse over gruveområdet med markering av deponier og de største brudd.

### 2.2.2. Dagbrudd

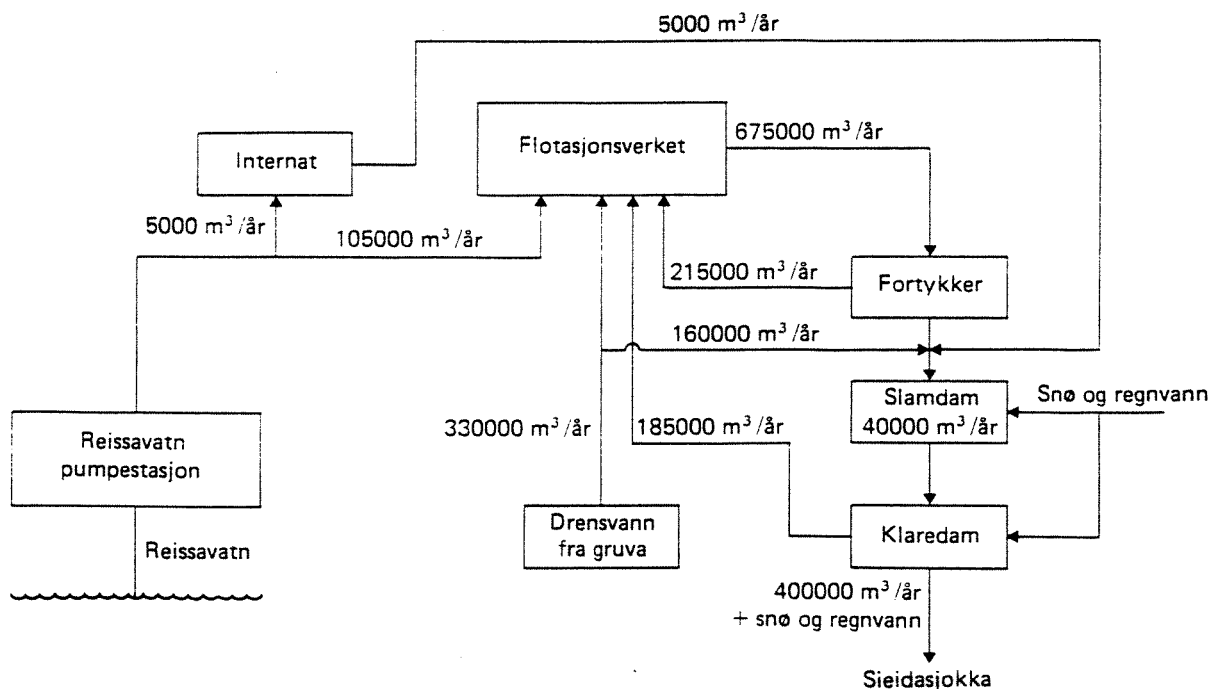
Bruddene er markert på figur 2. Kantene på bruddene er nå arrondert og bruddene A/E, B/K, F, H og C er nå vannfylte og drenerer til bekkesystemet nedenfor. Avrenningen fra bruddene A/E, H og C skjer imidlertid gjennom grunnen på grunn av lekkasjer.

### 2.2.3. Gråbergstipper

Under gruvedriften ble det lagt opp betydelige tipper med gråberg og overdekkingsmasser fra bruddene. Tippene er lagt opp ved bruddene og er markert på figur 2. Tippene inneholder mindre mengder kismineraler. Avrenningen fra tippene går i grunnen. Om våren og tidlig på sommeren kan det observeres et mindre sig under tippene ved brudd A. Siget forsvinner i grunnen nedenfor tippene. Tippene ble arrondert og gitt en penere landskapsmessig form i 1991-92. Det er også utført forsøk med å etablere vegetasjon på tippene.

### 2.2.4. Gruvevann

Underjordsgruva fra første driftsperiode er nå vannfylt og har overløp gjennom C-bruddet. Under siste driftsperiode ble gruvevannet benyttet som driftsvann i oppredningsverket.



Figur 3. Vannbruk ved Bidjovagge Gruber

### 2.2.5. Vannbruk og vannmengder

Figur 3 viser et flytskjema for vannbruk ved Bidjovagge Gruber under driften. Nedbørfeltet var for lite til å skaffe nok vann til driften av oppredningsverket. Det ble derfor i tillegg pumpet vann fra Reissavatn. Totalt ble overført ca. 110.000 m<sup>3</sup>/år. Det ble da beregnet en avrenningsmengde på 400.000 m<sup>3</sup>/år til Sieidasjåkka ved utløpet av klaredammen. Vannmengdene har aldri vært målt. I dag er overføringen fra Reissavatn stoppet. Dersom man trekker fra denne vannmengden, vil avrenningsmengden ved klaredammen bli ca. 300.000 m<sup>3</sup>/år som også inkluderer gruvevannet. Dette anslaget kan benyttes for å beregne størrelsesorden på materialtransporten fra denne delen av gruveområdet. I tillegg kommer avrenning fra bruddene og tippmassene.

## 2.3. Analyseresultater

### 2.3.1. Prøvetakingsstasjoner og analyseprogram

Overvåkingsundersøkelsene i vassdraget omfattet opprinnelig 3 stasjoner. Etterhvert ble det også tatt prøver ved et par lokaliteter nærmere gruveområdet. Stasjonene er markert på figur 1.

St.nr.	Navn	Kartref.
1A	Bekk fra gruveområdet	611940
1B	Sieidasjåkka før samløp med bekk fra gruveområdet	610942
1C	Sieidasjåkka etter samløp med bekk fra gruveområdet	624947
1D	Liten bekk. Referensestasjon	609918
1E	Bekk fra gruveområdet nedenfor alle tilførsler fra området.	605920

Stasjonene 1A og 1E representerer vannkvaliteten i bekken som mottar samlet avrenning fra gruveområdet. Stasjon 1A er lokalisert etter et myrområde like før samløp med Sieidasjåkka. Bekken har gravd seg dypt ned i terrenget, noe som har gjort det vanskelig å finne stasjonen om vinteren da bekkefarene vanligvis er helt fylt med snø. Det samme kan sies om stasjon 1B som er en referansestasjon. Stasjon 1C er lettest tilgjengelig og har av den grunn vært prøvetatt hyppigst. Stasjon 1E er nærmere gruveområdet enn 1A og er lokalisert like nedenfor det området der vann fra gruveområdets nedbørfelt dukker opp som overflatevann.

Kontrollundersøkelsene i gruveområdet har omfattet følgende stasjoner :

St.nr.	Navn
2	Overløp klaredam
2A	Lekkasje klaredam
3 A, B, C, D, F, H, K	Vann fra A, B, C, D, F, H og K-brudd
4	Gruvevann fra gamle underjordsgruve

I tillegg er det under befaringene tatt prøver av overflatevann og sigevann fra slamdammene.

Ved valg av analyseprogram er det lagt mest vekt på å utføre analyser av tungmetaller og parametre som har betydning i forbindelse med forvitring av gruveavfall. I de tre siste år (fra

1992) er tungmetallanalysene utført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) ved hjelp av ICP-MS. Deteksjonsgrensen for de fleste av metallene er betydelig lavere enn med den metoden som ble anvendt tidligere. De øvrige analyser er utført ved NIVA.

### 2.3.2. Resultater for stasjonene i fjernsonen 1A, B, C, D og E

Avrenningen fra gruveområdet er meget diffus idet vann fra deponier og brudd samles opp i en rekke mindre bekker som helt eller delvis forsvinner i grunnen for senere å dukke opp i en tydelig bekk som renner mot Sieidasjåkka. Før bekkene løper inn i Sieidasjåkka, renner den gjennom et flatt myrområde med tett vegetasjon. Det er sannsynlig at løsmassene nedenfor gruveområdet og myrområdet har evne til å fange opp tungmetalltilførsler fra gruveområdet.

Analyseresultatene for disse stasjonene er samlet i tabellene 1-5 bak i rapporten.

Vannkvaliteten i bekkene fra gruveområdet (stasjon 1A og 1E) har en høy pH-verdi (7,0-7,7). Konduktivitetsverdiene viser at innholdet av oppløste salter er relativt høyt sett i forhold til vanlig norsk overflatevann. Dette har for en stor del sin årsak i høyt innhold av kalsium- og sulfationer. Selv om gruvevirksomheten forårsaker utslipp av kalsium og sulfat til vassdraget ved at prosessavløpet inneholdt mye kalsium og sulfat, samt at avrenningen fra deponiene også bidrar med tilførsler av de samme komponenter, kan de observerte konsentrasjoner også ha sin årsak i naturlige geologiske forhold. De geologiske kart over området viser klare forskjeller i berggrunnen i Gruvebekkens nedbørfelt og nedbørfeltet til den øvre del av Sieidasjåkka (st. 1B). Dette gir seg utslag i at vannkvaliteten i Sieidasjåkka før tilløp av Gruvebekken (st. 1B) er betydelig mer ionefattig enn ved stasjon 1C på grunn av tilførslene fra Gruvebekkens nedbørfelt. Vanligvis benyttes prosessvannets høye innhold av kalsium og sulfat til å spore effektene av prosessvannstilførsler til et vassdrag. I dette tilfelle er denne effekt vanskelig å benytte. En må derfor benytte kobberanalysene til å spore mulige effekter av tilførslene fra gruveområdet.

Kobberanalysene ved stasjon 1A, Gruvebekken, viser tilsynelatende noe varierende verdier. Noen av uregelmessighetene skyldes kontamineringsproblemer ved at prøvene ikke har vært tatt på spesialvaskede glass eller at prøveglassene har blitt kontaminert ved lagring på gruva. Noen verdier som antas ikke å være reelle, er utelatt. Kobberanalyser som er utført på prøver tatt under NIVA's befaringer viser stort sett lave verdier. Fra og med 1992 er det benyttet ICP-MS som analysemetode for tungmetallene. Metoden har betydelig lavere deteksjonsgrenser for de fleste metaller sett i forhold til tidligere benyttet metode. Sammen med en renere kvalitet på prøvetakingsflasker for tungmetaller har dette har ført til en vesentlig kvalitetsforbedring for lave metallkonsentrasjoner.

Ved stasjon 1E varierte kobberkonsentrasjonene i området 0,4-2 µg/l i 1992-93, mens ved stasjon 1C er det reelle kobbernivået lavere enn 1 µg/l. Referansestasjonen 1B hadde et kobbernivå på 0,2 µg/l i 1993. Som en referansestasjon er det også prøvetatt en liten bekk (st. 1D) som kommer fra et tjern i Gruvebekkens nedbørfelt i nærheten av stasjon 1E. Kobbernivået viste verdier på henholdsvis 0,6 og 2,3 µg/l i 1992 og 1993.

På denne bakgrunn kan en derfor konkludere med at det hittil ikke har vært mulig å spore noen effekter av betydning i vassdraget hva tungmetallkonsentrasjoner angår som følge av tilførslene fra gruveområdet.

### 2.3.3. Resultater for stasjonene i gruveområdet 2, 2A, 3A-B-C-D-F-H-K og 4

Under driftsperioden hadde stasjon 2, Klaredam kun kortvarige overløp under flomperiodene. Mange av de prøvene som er tatt er således tatt i strandkanten ved overløpsprofilen som en kontroll på vannkvaliteten i dammen. Etter at driftshvile inntrådte, har ikke dammen hatt noe overløp, idet lekkasjen ved damfoten er stor nok til å stabilisere vannstanden. Dammen har nå intet annet tilsig enn nedbør og drensvann som kommer fra avgangsdam 1.

Analyseresultatene for stasjonene er samlet i tabellene 6-14 bak i rapporten.

pH-verdiene i klaredammen har variert i området 6,9-10,4. Dette har sammenheng med tilrenningsforhold og driftsforholdene i oppredningsverket ved at pH-verdien i flotasjonsprosessen ble regulert for å optimalisere utbyttet av gull eller kobber til enhver tid. Kobberinnholdet i dammen er relativt lavt, men likevel klart høyere enn antatt naturlig bakgrunnsnivå for upåvirket (0,6-2,3 µg/l, tabell 3 st. 1D) vann i området. En del av metallinnholdet kan være partikulært bundet da det er analysert på ufiltrerte, syrekonserverte prøver. Ved konservering vil det løses ut kobber fra et eventuelt innhold av kispartikler i prøven. Det ble utført kobberanalyse på membranfiltrert prøve (-0,45 µ) tatt 23.08.89. Analysen ga som resultat 8,9 µg/l, noe som viser at en betydelig del av det kobberinnhold som er påvist, kan ha vært partikulært bundet. Lekkasjevannet ved damfoten (stasjon 2A) ser helt klart ut. Kobberkonsentrasjonen har variert i området 15-180 µg/l, noe som viser at det pågår en viss transport av løst kobber til omgivelsene. Høyt innhold av kalsium og sulfat skyldes tilførsler av sigevann fra slamdammen.

Vannkvaliteten i bruddene ligner mye på forholdene i klaredammen. Bruddene B og K ble helt vannfylte i 1992 og fikk da felles avløp. Vannmassene i bruddene har under befaringene sett noe turbide ut slik at en del av metallinnholdet kan ha vært partikulært bundet. Overflateavrenningen er størst fra A-bruddet og B/K-bruddet. I tabell 16 bak i rapporten er også samlet analysedata for en borebrønn i området. Brønnen gir mye vann og har et høyt sulfatinnhold og et kobberinnhold av samme størrelsesorden som i bruddene. Resultatene viser at det alltid har vært en naturlig tungmetalltilførsel fra området.

Gruvevannet fra den gamle underjordgruva (stasjon 4, tabell 15) er svakt alkalisk og har et beskjedent tungmetallinnhold. Det er ikke tatt prøver av gruvevannet etter 1989. Gruva har nå overløp til C-bruddet.

Under befaringen i 1994 ble det også tatt prøve av et mindre sig som kom fra gråbergtippen ved A-bruddet. Siget forsvant i grunnen igjen et stykke nedenfor. Vannkvaliteten er omtrent den samme som i bruddene (tabell 17).

### 2.3.4. Resultater for slamdeponiene

I denne rapporten er tatt med resultater for overflatevann i dam 1 og sigevann tatt i grøft under damfoten ved dam 3. Analyseresultatene er samlet i tabellene 18-19. Tidligere er det også rapportert analyseresultater for overflatevann i dam 2 og 3, men disse dammene er nå overdekket med gråberg og hadde intet avløp ved siste befaring i 1994.

Dam 1 har heller intet synlig overløp, men mye av avrenningen skjer trolig gjennom veien og videre til C-bruddet. Det sigevannet som kan observeres under dam 1, forsvinner igjen i grunnen.

Vannkvaliteten i dam 1 er svakt alkalisk selv 15 år etter at deponering opphørte. Noe av avgangen i deponiet ligger over grunnvannspeilet, men dette synes ikke å ha ført til noen

økning i forvittringshastigheten av betydning. Tungmetallinnholdet i dammen vurderes som lavt og er lavere enn i klaredammen og i bruddene.

Sigevann fra dam 3 (tabell 19) har et høyere tungmetallinnhold. Vannet har ved de prøvetakinger som er foretatt, vist pH-verdier over 7. Metallkonsentrasjonene var en del høyere i 1994 enn i de to foregående år. Dette har trolig mest sammenheng med vannmengdene enn med en reell forverring av situasjonen. Det var i 1994 lite sigevann å observere, og det som ble prøvetatt, var helt stillestående. Det bør imidlertid fortsatt vurderes å prøveta lokaliteten en tid fremover som en kontroll på tilstanden i deponiet.

Sigevann fra D-bruddet (tabell 11), som er fylt med avgang, hadde ved prøvetakingen i 1994 en høy pH-verdi (8,1) og et lavt kobberinnhold (13 µg/l).

I alt er deponert ca. 1,8 mill tonn avgang i siste driftperiode.

### **2.3.5. Samlet vurdering av vannkvalitet**

I den perioden undersøkelsene har pågått er det ikke påvist noen unormale kobberkonsentrasjoner ved stasjonene i fjernsonen. Ved stasjonene i gruveområdet viser kobberkonsentrasjonene at det pågår en viss forvitring av kisminerale. pH-verdiene i såvel gamle som nye deponier var ved prøvetakingene i 1994 imidlertid fortsatt høye, noe som viser at forvittringsprosessen har beskjededent omfang og at bergartsmineralene i avfallet har tilstrekkelig bufferkapasitet til å begrense de syreproduserende forvittringsprosessen. I eldste deponi (fra 1975) er pH-verdien fortsatt høy (6,7-7,4). I sigevann fra brudd og øvrige deponier er pH-verdiene også høye. Selv om erfaringsmaterialet fra prøvetakingene og de mikrobiologiske undersøkelsene (kap. 4) tyder på at avfallet forvitrer tregt, anbefaler vi likevel en oppfølging med analyse av dreisvann fra området en tid fremover. Vi foreslår en fortsatt prøvetaking over en periode på fem år fra 1991 da deponering opphørte. Prøvetakingene bør foretas på omtrent samme tidspunkt som tidligere d.v.s. i august måned. Prøvetakingsprogrammet avsluttes i 1996.

### 3. Materialtransport

Det er svært vanskelig å beregne tungmetalltransporten fra gruveområdet. Ved stasjon 1E i Gruvebekken nedenfor alle tilførsler er kobberkonsentrasjonen meget lav, og man kan neppe snakke om noen forurensningstransport ved denne stasjonen. Mye tyder derfor på at den tungmetallavrenning som er påvist ved de forskjellige kildene i gruveområdet, hittil har vært så beskjeden at den ikke kan påvises ved nærmeste stasjon i vassdraget.

Under befaringene er vannføringen ved utløpet av A-bruddet og K-bruddet anslått til ca. 1 l/s. Med de kobberkonsentrasjoner som er påvist her, blir materialtransporten meget beskjeden og tilsammen ca 3 kg/år med en vannføring på tilsammen 2 l/s og en konsentrasjon på 40 µg/l.

Hvis man antar en årlig avrenning på 300.000 m<sup>3</sup> nedenfor dam 3 (ved stasjon 2A), og benytter den kobberkonsentrasjon som ble påvist i 1994 (180 µg/l), blir årlig materialtransport ca 54 kg/år.

Sammenlignet med andre kisgruveområder i Norge er materialtransporten av tungmetaller svært beskjeden (Arnesen *et al*, 1995). Kobber er viktigste metall i avrenningen og samlet kobbertransport fra gruveområdet er trolig av størrelsesorden mindre enn 100 kg/år.

## 4. Avgangens forvitringsegenskaper

### 4.1. Mikrobielle utlekkingsforsøk

#### 4.1.1. Innledning

Formålet med utlekkings testen er å undersøke om avgangen har et potensiale for mikrobiell omsetning under de fysiske forhold, spesielt pH, som er i deponiet. Resultatene sammenlignes med en avgangstype vi vet vil produsere surt sigevann under tilgang på tilstrekkelige mengder luft. Forsøket kan således betraktes som en kvalitativ test på avgangens forvitringsegenskaper.

#### 4.1.2. Testmetode

Det ble benyttet 2 liters rundkolber og utført i batch-vise enheter, med 1 liter medium i hver kolbe.

#### 4.1.3. Preparering av testmaterialet

Tre avgangsprøver merket Dam 1, 2 og 3, tatt fra deponiet den 28.6. 1994, ble testet.

Fra hver prøve ble 40 gram representativ avgang overført til en 250 ml spesialflaske og påfylt 200 ml destillert vann, etterfulgt av en kraftig risting for å få vasket ut løste stoffer. Avgangsprøvene ble så sentrifugert ved 4000 o.p.m. i 10 minutter. Vaskevannet ble dekantert av og utvaskingsprosedyren ble repetert. Ca. 10-11 g sentrifugert avgang fra hver prøve ble veid og overført til kolbene. En prøve av avgang fra hver dam-prøve ble tørket ved 105 °C til stabil vekt.

#### 4.1.4. Referansemateriale

Avgang fra Løkken gruver (Bjønndalen deponi) ble benyttet som referansemateriale. Denne avgangen har tidligere vist seg å være lett å mineralisere ved mikrobiell oksidasjon. Referanseprøven ble behandlet på samme måte som testmaterialet fra dammene.

#### 4.1.5. Testmedium

Et basismedium for dyrking av *Thiobacillus ferrooxidans*, modifisert ved at sulfat ble erstattet med klorid, hadde følgende sammensetning:

Kjemikalier	pr.liter
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3,0 g
NH <sub>4</sub> Cl	1,2 g
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0,4 g
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,5 g
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1,015 g

Basismidiet ble pH justert til 3,8- 4,0 med 1 M HCl og autoklavert ved 115 °C i 15 minutter.

#### 4.1.6. Inokulum

Til hver kolbe ble det tilsatt 1 ml vaskede celler av en renkultur (10<sup>9</sup> /ml) av *Thiobacillus ferrooxidans* (DSM). Bakteriene døde langsomt ut, slik at en reinokulering ble foretatt etter 35 døgn fra en blandkultur av bakterier fra gruvevann fra Kongens/Arvedalen gruver ved Røros. Disse var anrikt i basismedium med tilsetning av 2,5 g/l Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O og 5 g/l FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O. som energikilde.



#### **4.1.7. Analyseprogram**

Svovel analysert ved ICP ble benyttet som mål-parameter for utlekkingshastighet. Uttak av prøver til analyse ble foretatt hver uke til 48 døgn, og fram til 84 døgn hver 14. dag. Prøveprogrammet med uttak av analyser ble avsluttet etter 148 døgn.

#### **4.1.8. Inkubasjon og prøveuttak**

Testkolbene ble skjermet for lys og satt på et ristebord med en frekvens på 105/ min. og inkubert ved  $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Før hvert prøveuttak ble fordamningstapet erstattet med destillert vann, og kolbene satt i ro slik at materialet fikk tid til å sedimentere. 30 ml testmedium ble overført til sentrifugerør og sentrifugert ved 10000 opm. i 10 min. 25 ml klar væske ble tatt ut og konserveret for analyse av svovel.

Avangsmateriale og restvann i rørene ble vasket ut med 25 ml nytt testmedium og tilbakeført til rundkolben. pH ble registrert ved hvert prøveuttak.

#### **4.1.9. Mikroskopering**

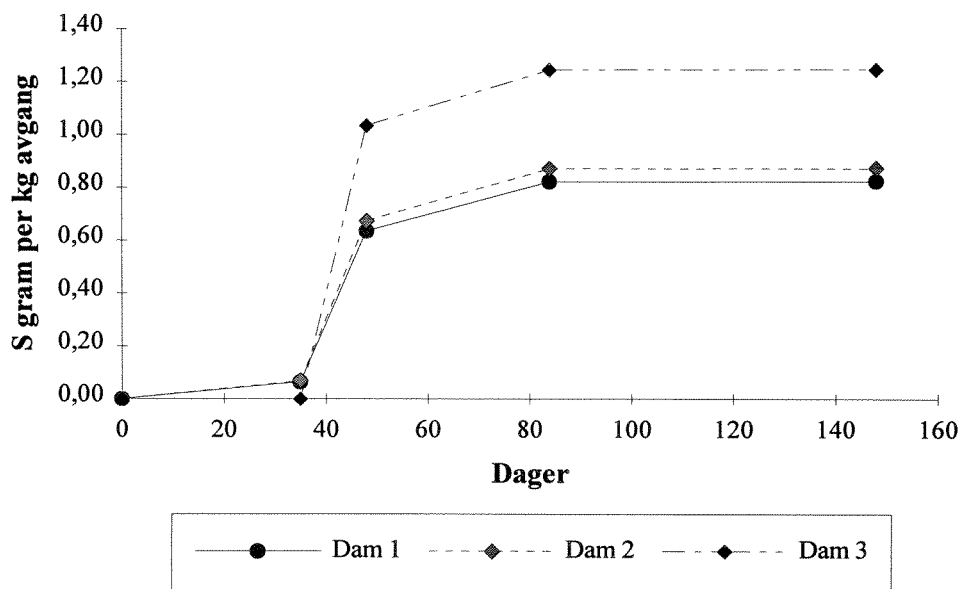
Utviklingen i bakterieantall ble visuelt observert ved bruk av mikroskopi. Det ble kun foretatt observasjoner ved 2 til 3 ukers mellomrom for å se om det var synlig forandring i tetthet og bakterienes bevegelighet.

#### **4.1.10. Fysisk-kjemisk kontroll (abiotisk kontroll)**

Abiotiske kontrollprøver ble preparert i 1/2 liters rundkolber med 2,0 g avgang i 200 ml testmedium. Det ble tilsatt 50 mg/l  $\text{HgCl}_2$  for å konservere for biologisk aktivitet. Analyser av svovelinnhold og pH ble utført etter endt forsøk.

#### **4.1.11. Resultater og diskusjon**

Utviklingen i oksidasjonen av avgangens sulfidinnhold til sulfat som går over i testmediet er vist i figur 4. Utlekkingen er beregnet på grunnlag av tilsatt avgang basert på tørrvekt. Svovelmengden som ble fjernet med ved hvert prøveuttak er beregnet og summert. Den er basert på middelverdi av de to målt analyseverdier for de respektive perioder.



**Figur 4.** Oksidasjon av svovel under biotiske forhold.

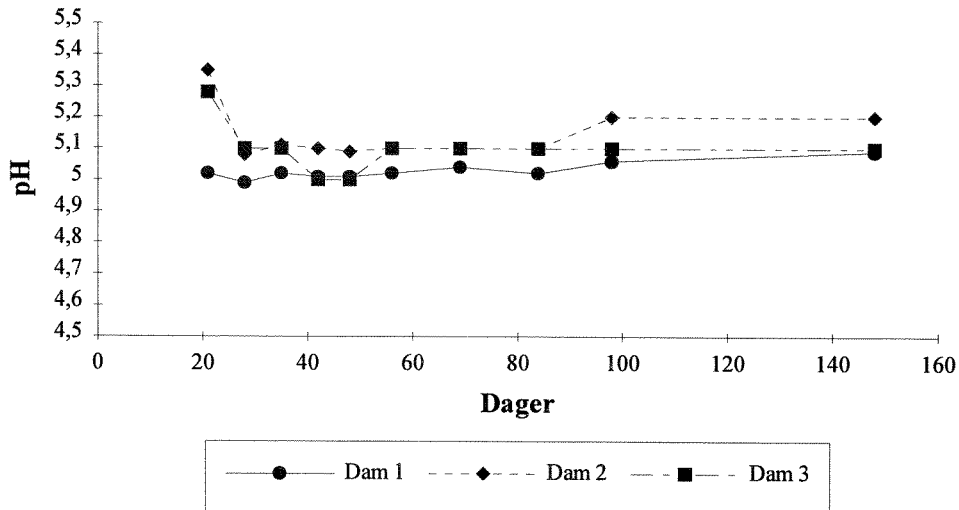
Under perioden med renkultur av *T. ferrooxidans* som inokulum (36 døgn) ble det målt en ubetydelig økning i svovelskonsentrasjonen i testløsningene for de tre avgangsprøvene. Etter at reinokuleringen ble foretatt, ble det målt en forholdsvis rask økning, som stagnerte i løpet av de etterfølgende 20-40 døgn. To av damprøvene viste tilnærmet samme utvikling, ca. 0,8 gram svovel pr. kg tørket avgang, mens en viste en betydelig høyere verdi, ca. 1,2 g/kg. Forklaringen på dette kan være høyere sulfidinnhold i den ene avgangsprøven. Sulfidinnholdet i avgangsprøvene er ikke analysert.

#### 4.1.12. Analyser av fysisk-kjemisk referanse (abiotisk kontroll)

Innholdet av svovel og målt pH i abiotiske kontrolløsninger ved endt testperiode viser følgende resultater:

Prøve	S mg/l	S g/kg	pH
Dam 1	4,0	0,64	5,22
Dam 2	6,6	0,87	5,54
Dam 3	3,0	0,40	5,47

Abiotisk oksidasjon av svovel viste seg å være betydelig sammenlignet med de biotiske forhold. Basert på gjennomsnittsverdiene ble det påvist 53 % økning i de biotiske damprøvene. Figur 5 viser utviklingen av pH under testperioden.



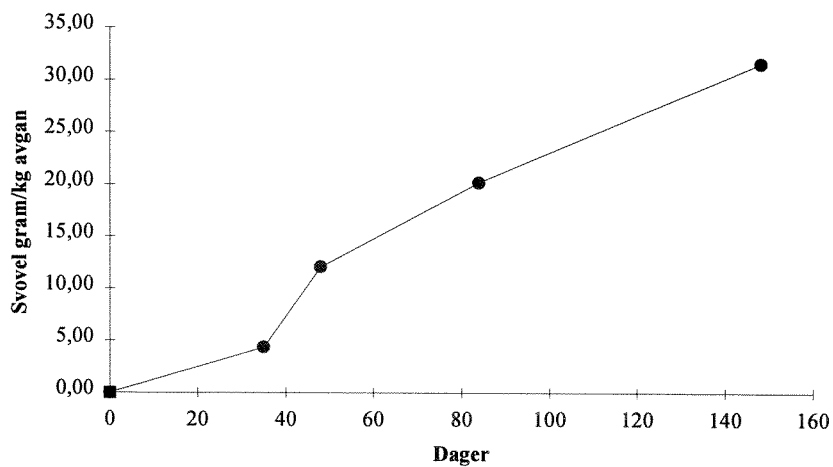
**Figur 5.** Utviklingen i pH-verdiene under testperioden

pH i testmediet ble målt ved hvert prøveutak under testperioden. Ved start ble surheten i testmediet justert med 1M HCl til pH 4,0. Målingen av pH etter 20 døgn viste at p.g.a. bufferkapasiteten var pH-verdiene 5,0 til 5,35 i de respektive testprøver. Det ble foretatt en justering av pH til 4,0, men etter en times henstand ble det påvist en pH-økning igjen. Det ble derfor bestemt at videre justering av pH skulle sløyfes, selv om det førte til mindre gunstige betingelser for vekst av syretolerante mikroorganismer. De etterfølgende målinger viste at pH var stabil som forklares med god buffring p.g.a. innhold av basiske eller kalkholdige bergarter i avgangen. I tillegg kan overskudd av kalk benyttet under oppredningen bidra til å holde stabil pH i deponiet.

Kjemisk oksidasjon av sulfider (abiotisk oksidasjon) som er vist ved de tre kontrollprøvene av avgangen varierte betydelig som det fremgår av analysene. For prøvene merket dam 1 og dam 2 ble det ikke påvist signifikant biologisk oksidasjon av svovel, mens det for dam 3 ble registrert 3 ganger høyere innhold enn i kontrollprøven.

Basert på gjennomsnittsverdier ble det påvist ca. 50 % økning ved biotisk oksidasjon i avgangsprøvene. Den beskjedne biologiske omsetningen skyldes sannsynligvis ugunstige pH-betingelser i avgangen. Syretolerante jern- og svoveloksiderende bakterier foretrekker pH lavere enn 4 for optimal vekst.

Figur 6 viser forløpet i utlekkingen av svovel i referanseprøven.



**Figur 6.** Oksidasjon av svovel i referanseprøven (Bjønndalen deponi, Løkken)

Forvittringshastigheten under de anvendte betingelser var ca. 32 ganger høyere i referanseavgangen enn for de tre dam-prøvene. Oksidasjonen var ikke stagnert ved avsluttende analyse etter 148 døgn inkubasjon.

Utviklingen mot et stadig surere miljø skjedde under hele testperioden, fra ca. pH 3.5 ved start til 2.6 ved endt testperiode.

## 5. Tiltak

Det er ikke utført spesielle forurensningsbegrensende tiltak i gruveområdet i forbindelse med driftsnedleggelsen. De tiltak som er gjennomført, har i første rekke hatt sikring og opprydding som formål. Noen av de tiltakene som er gjennomført, har også forurensningsbegrensende effekter. Av slike tiltak kan nevnes :

- Vannfylling av bruddene. Skråningene er arrondert og vannfyllingen er foretatt som sikringstiltak. Vannfyllingen bidrar også til å redusere omfanget av eventuelle forvittringsprosesser på kisooverflater i bruddene.

- Høy grunnvannstand i deponiene. Selv om avgangen har en slik sammensetning at forvittringsprosessen går tregt, bidrar også den høye grunnvannstanden i deponiene til en redusert forvitring. Dammene ble bygget tette, opprinnelig for å sikre en størst mulig resirkulering av vann da tilførselen av prosessvann var problematisk. Dette tiltaket er også et viktig tiltak for å begrense metallutløsningen fra avfallet.

Kostnadene i forbindelse med oppryddingstiltakene er derfor ikke tatt med i denne rapporten.

## 6. Referenser

- Arnesen, R. T. og Iversen, E. R. (1995). Transport av tungmetaller fra norske kisgruver. NIVA- rapport O-94021. (Under avslutning).
- Iversen, E. R.(1988). A/S Bidjovagge Gruber.Kontrollundersøkelser i vassdrag 1985-87. NIVA-rapport O-85273.L.nr.2111.19 s.
- Iversen, E.R. (1990). A/S Bidjovagge Gruber.Kontrollundersøkelser i vassdrag 1988-89. NIVA-rapport O-85273.L.nr.2427. 20 s.
- Iversen, E. R. (1992). A/S Bidjovagge Gruber. Kontrollundersøkelser i vassdrag 1990-91. NIVA- rapport O-85273. L. nr. 2758. 20 s.
- Iversen, E. R. (1994). Norsulfid. AS avd. Bidjovagge Gruber. Kontrollundersøkelser i vassdrag 1992-93. NIVA-rapport O-85273. L. nr. 3007. 27 s.

## **7. Bilag**

Tabell 1. Analyseresultater. Stasjon 1A Gruvebekken for samløp med Sieidasjokka.

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
20.08.85	7.61	13.20		14.8	3.81	26.0	4.5	1.1	<0.10	<10						
25.09.86	7.55	20.30	0.41	22.9	5.13	43.0	13.5									
05.11.86	6.95	7.92	15.00	10.3	2.45	20.0	10.0									
17.04.87	7.38	17.40	0.62	22.7	5.30	29.5	6.2									
31.07.87	7.56	18.60	0.40	25.0	4.91	41.0	2.8									
02.09.87	7.35	14.50	0.34	19.8	4.60	39.0	2.0									
18.09.87	7.59	16.80	0.58	20.6	4.57	37.5	3.1									
08.11.87	7.36	18.70	0.90	22.2	5.00	37.0	11.0									
27.03.88	7.35	17.50		20.8	4.99	30.5										
25.06.88	7.45	10.00		11.0	2.53	15.6	10.4									
30.08.88	7.60	10.80	0.20	16.4	3.74	20.0	2.9									
15.06.89	7.30	12.30	0.40	12.3	2.80	24.0										
24.08.89	7.40	14.90	0.23	19.6	4.20	8.8	4.2									
02.05.91	7.48	14.30		16.6		20.0	5.4									
17.08.93	7.26	17.47		23.0	4.50	41.0	1.88	<0.02	0.019	<0.5	0.57	1.1	<0.1	2.5	0.32	<0.2



Tabell 2. Analyseresultater. Stasjon 1B Sjeidasjokka før tilløp av Gruvebekken.

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
20.08.85	7.20	2.40		2.34	0.56	2.0	2.7	1.5	<0.10	<10						
05.11.86	6.59	4.29	0.55	4.12	1.04	2.8	7.7									
17.04.87	7.01	5.03	0.65	5.57	1.39	3.1	3.1									
31.07.87	6.99	2.41	0.80	2.35	0.50	1.6	1.5									
02.09.87	7.37	2.24	0.31	2.59	0.69	2.2	0.9									
18.09.87	7.03	2.70	0.47	2.66	0.64	1.9	0.9									
08.11.87	6.91	3.35	1.00	3.39	0.83	2.5	4.9									
27.03.88	6.96	5.36		5.57	1.30	2.7										
25.06.88	7.01	1.81		2.10	0.43	1.6	3.7									
30.08.88	7.38	2.65	0.30	2.76	0.64	1.7	0.3									
15.06.89	6.45	1.14	0.35	0.85	0.24	0.8				10						
24.08.89	6.90	2.55	0.55	2.72	0.68	0.9	0.7									
02.05.91	6.74	5.99		5.89		3.0										
17.08.93	7.36	2.44		2.36	0.56	1.3	0.23	<0.02	<0.01	<0.5	0.66	<0.5	<0.1	1.9	0.27	<0.2

Tabell 3. Analyseresultater. Stasjon 1C Siedasjokka etter tilløp av Gruvebekken

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
20.08.85	7.38	5.84		6.63	1.47	8.8	4.0	0.95	<0.10	<10						
25.09.86	7.39	8.27	0.44	9.60	2.17	15.0	3.0									
05.11.86	7.28	9.35	0.20	11.90	2.56	14.5	1.6									
17.04.87	7.20	10.70	0.72	12.10	3.15	14.0	4.7									
31.07.87	7.50	7.57	0.45	8.40	1.74	12.5	1.9									
02.09.87	7.21	5.71	0.38	7.54	1.75	11.5	0.6									
18.09.87	7.52	7.11	0.28	8.35	1.79	12.0	1.7									
08.11.87	7.25	7.76	0.28	8.83	2.04	10.8	4.0									
27.03.88	7.13	10.20		11.00	2.78	15.0										
25.06.88	7.30	3.39		3.80	0.81	3.1	3.1									
30.08.88	7.56	4.98	0.30	6.70	1.43	7.1	1.0									
15.06.89	7.04	3.07	0.42	2.72	0.64	5.0				10						
24.08.89	6.85	6.97	0.63	8.13	1.83	2.6	1.0									
27.06.90	6.62	3.28	0.74	3.53	0.80	5.0	1.3									
15.08.91	6.93	5.91	0.37	6.60	1.41	9.2	1.2									
26.08.92	7.30	7.11		8.10	1.79	13.5	0.89	0.11	<0.01	0.81	0.51	0.7	<0.01	2.7	0.26	
17.08.93	7.20	7.03		8.14	1.70	12.4	0.76	<0.02	<0.01	<0.5	0.60	<0.5	<0.01	3.1	0.27	<0.2

Tabell 3. Analyseresultater. Stasjon 1D Bekk fra tjern ved kartref. 609918.

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
02.09.87	7.25	8.22		12.4	2.73	6.6										
24.08.89	7.60	11.40					1.0									
27.06.90	7.65	7.52	0.26	10.3	2.07	7.5	0.6									
15.08.91	7.18	8.86	0.27	12.5	2.38	3.9	1.0									
26.08.92	7.30	10.35		15.0	2.63	3.9	0.61	<0.01	<0.01	0.74	1.2	0.62	<0.1	2.0	0.38	
17.08.93	7.31	9.96		15.1	2.61	4.0	2.30	<0.02	<0.01	<0.5	0.64	1.96	0.21	14.2	0.38	<0.2

Tabell 5. Analyseresultater. Stasjon 1E Gruvebekken ved kartref. 605920.

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
25.09.86	7.69	17.90		21.4		41.0	3.0									
25.09.87	7.26	16.90		24.1	5.20	49.0	1.5									
24.08.89	7.60	17.70					2.1									
27.06.90	7.70	12.91	0.48	13.8	3.17	22.5	2.7									
15.08.91	6.97	17.36	0.19	20.8	4.12	42.0	2.4									
26.08.92	7.35	18.91		23.6	4.78	50.0	2.0	0.01	0.02	1.6	0.98	2.7	0.16	<1.0	0.51	
17.08.93	7.30	20.10		27.0	5.08	50.0	0.42	<0.02	<0.01	<0.5	<0.5	<0.5	<0.1	4.9	<0.2	<0.2

Tabell 6. Analyseresultater. Stasjon 2. Klaredam.

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
24.09.86	7.60	82.5	2.60	102.0		380	38.0	1.1	0.33	40						
11.11.86	7.84	80.1	0.85	109.0		325	10.0	1.7	<0.10	20						
03.12.86	10.40	83.3	2.30	122.0		295	4.5	1.3	<0.10	10						
31.05.87	6.95	56.2	1.40	37.3		164	7.0	1.0	0.09	10						
31.07.87	7.42	78.6	3.20	60.0		245	17.5	3.3	<0.10	<10						
02.09.87	7.73	69.0	8.20	75.2		310	15.5	2.0	0.16	<10						
30.08.88	7.70	75.8	3.90	61.0	22.9	230	70.0									
28.09.88	7.65	79.5	3.30	64.9		256	150.0									
20.01.89	7.26	75.7		62.0		195	10.7									
15.06.89	7.54	38.7	4.50	32.9	8.8	108	110.0									
23.08.89	8.33	80.6	10.70	47.5	20.7	240	8.9									
26.06.90	8.26	51.2	5.40	47.3	8.7	170	28.9									
14.08.91	6.92	98.4	6.90	101.0	18.7	440	170.0									
27.08.92	7.90	39.3		52.0	11.3	150	141.0	1.00	0.13	20.9	1.2	57.7	10.5	154.0	0.59	
18.08.93	7.65	43.3		55.0	12.4	140	47.9	1.45	<0.01	10.7	0.7	15.2	1.5	33.4	0.48	0.29

Tabell 7. Analyseresultater. Stasjon 2A Lekkasje fra klaredam.

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
24.09.86	7.51	80.8	0.39	107.0		390	37.5	0.25	0.32	30						
30.08.88	7.05	82.4	0.85	85.8	20.8	270	110.0									
23.08.89	7.32	68.6	1.60	65.3	17.0	215	14.5									
26.06.90	7.31	65.2	2.70	54.8	13.9	160	48.2									
14.08.91	6.79	95.0	0.39	104.0	25.4	410	32.6									
27.08.92	6.90	69.2		88.0	19.7	290	96.2	0.15	0.36	33.3	1.70	21.5	13.6	505	0.73	
18.08.93	7.30	68.9		88.0	20.7	250	75.6	0.05	0.37	16.1	0.64	17.6	7.9	648	0.51	0.2
28.06.94	6.95	61.5		78.3	19.8	226	181	0.07	0.24	17.7	<0,5	25	13.5	815	0.38	<0,2

Tabell 8. Analyseresultater. Stasjon 3A. Vann fra A-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l	
20.08.85	7.81	51.6		71.0	15.3	200	290.0										
25.09.86	7.57	63.6	34.00	91.0		270	32.5										
11.11.86	7.94	51.9	0.33	70.9		160	340.0										
31.07.87	7.98	63.4	0.30	85.0		210	33.0										
02.09.87	7.50	47.0	0.51	80.7		280	64.0										
18.09.87	7.95	65.5	0.31	90.0		260	60.0										
11.10.87	7.86	62.2	4.80	84.9		200	110.0										
08.11.87	7.92	61.2	0.80	76.7		190	49.5										
25.01.88	7.85	55.1	1.10	73.2		190	150.0										
24.02.88	7.86	49.9	4.60	66.3		120	31.0										
27.03.88	7.87	55.3		71.1		178	32.4										
25.06.88	7.92	58.4		73.6		180	17.3										
23.07.89	8.32	63.4	3.70	70.3		205	11.5										
27.08.92	7.26	66.8		92.0	18.0	270	12.7	0.47	0.25	11.2	1.37	19.7	1.7	22.4	0.61		
18.08.93	7.67	51.3		67.0	14.5	180	64.9	2.23	2.58	59.8	1.11	58.4	13.1	56.4	0.61	0.32	
28.06.94	7.65	53.4		68.8	15.9	193	7.6	0.13	0.1	4.7	0.67	17.5	0.88	3.7	0.4	<0,2	

Tabell 9. Analyseresultater. Stasjon 3B. Vann fra B-brudd.

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l
25.09.86	7.90	49.2	6.90	74.0	190	35.5								
11.11.86	7.94	52.2	4.60	78.2	150	150.0								
31.01.87	7.93	48.7	0.96	62.6	150	2.8								
17.04.87	7.85	44.0	0.35	60.4	135	10.0								
31.05.87	7.73	43.2	1.70	56.4	120	23.5								
31.07.87	7.87	47.9	5.80	64.0	135	100.0								
02.09.87	7.61	40.1	60.50	71.0	160	86.0								
18.09.87	8.02	50.0	3.70	69.0	135	9.0								
11.10.87	7.89	53.1	8.70	69.6	200	9.1								
08.11.87	7.99	52.0	310.00	64.8	140	19.0								
25.01.88	7.92	48.4	68.00	65.6	150	90.0								
24.02.88	7.89	52.0	59.00	65.3	120	450.0								
28.03.88	8.02	43.6		56.4	134	18.3								
23.07.89	7.95	57.5	4.70	70.1	175	17.3								
10.06.90	7.50	65.0	0.20	85.4	190	12.4								
14.08.91	7.16	40.8	3.10	54.8	130	44.4								
27.08.92	7.56	63.1		86.0	260	65.2	2.34	2.89	68.8	1.32	82.5	20.2	123	0.57

Tabell 10. Analyseresultater. Stasjon 3C Vann fra C-brudd.

Dato	pH	Kond	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
18.08.93	7.78	53.4	76	14.5	170	25.7	0.43	0.2	28.4	1.23	67.8	21.7	223	0.76	0.38
28.06.94	7.56	27.7	36.4	7.36	88.6	74.4	0.48	0.26	34.8	0.92	44.5	17.2	185	0.78	<0,2

Tabell 11. Analyseresultater. Stasjon 3D Vann fra D-brudd.

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
11.11.86	7.99	35.5	300.0	42.3		45	34.0	1.3	0.2	10						
17.04.87	7.82	46.4	7.0	53.0		115	50.0	2.3	0.1	20						
31.05.87	7.79	45.0	3.6	51.3		85	15.5	0.6	0.19	10						
31.07.87	7.91	53.5	3.1	62.0		120	19.5	1.5	0.15	5						
18.09.87	8.06	47.0	3.2			55	35.5	2.4	0.3	20						
11.10.87	8.04	45.1	23.0	59.5		140	120.0	8.8	0.35	40						
08.11.87	8.06	45.7	1.4	50.7		110	15.5	1.5	0.28	10						
27.08.92	7.55	84.7		121.0	29	400	4.3	0.11	0.05	3.9	1.6	102.2	20.8	367	0.75	
18.08.93	7.58	137.6		230.0	52	690	37.6	2.20	1.00	65.2	1.3	55.5	7.1	187	0.99	0.88
28.06.94	8.06	97.0		140.0	31.7	446	12.3	0.4	<0,01	4.9	0.99	13.0	0.52	7.4	0.30	1.7



Tabell 12. Analyseresultater. Stasjon 3K. Vann fra K/B-brudd

Dato	pH	Kond	Turb	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As	
		mS/m	FTU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
10.06.90	7.66	50.8	1.4	62.6		130	54.0										
27.08.92	7.60	58.2		89.0	14.7	230	22.1	0.16	1.24	11.1	1.3	45.0	15.1	78.0	0.56		
18.08.93	7.59	63.1		94.0	17.3	240	34.0	0.24	0.76	12.4	1.6	35.8	8.7	62.9	0.73	<0.2	
28.06.94	7.72	59.9		84.6	17	226	39.2	0.39	0.63	13.1	1.3	32.4	7.7	49.7	0.64	<0.2	

Tabell 13. Analyseresultater. Stasjon 3F. Vann fra Fransiska-brudd.

Dato	pH	Kond	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
18.08.93	7.57	62.1	86	16.5	240	25.3	0.15	0.048	5.96	1.7	20.7	3.4	17.7	0.63	<0.2

Tabell 14. Analyseresultater. Stasjon 3H. Vann fra H-brudd.

Dato	pH	Kond	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	V	As
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
28.06.94	7.80	72.0	106	22.2	258	337	1.4	1.9	56.7	0.61	103	28.1	412	0.36	<0.2

Tabell 15. Analyseresultater. Stasjon 4 Gruvevann fra gamle underjordsgruve.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Ca mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Fe µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
25.09.86	7.89	52.4	70.0	200	153	<0.10	7.0	80	
11.11.86	7.94	55.9	71.0	180	600	0.12	22.5	100	
31.05.87	7.51	41.1	54.1	110	280	0.31	70.0	90	
02.09.87	7.70	60.1	71.8	200	230	0.20	19.5	110	
24.02.88	7.77	59.4	79.9	160	310	<0.10	90.0	210	
20.01.89	7.83	52.9	61.0	130	400	<0.10	3.6	30	

Tabell 16. Analyseresultater. Grunnvann fra borhull ved D-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
18.08.93	7,35	77,1	120	22,0	280	15,1	0,18	0,28	79,9	0,89	133	31,9	486	0,57	0,3	
28.06.94	7,55	75,5	110	21,1	262	12,3	0,46	0,28	72,2	<0,5	116	26,2	665	0,29	<0,2	

Tabell 17. Analyseresultater. Sigevann fra tipp ved A-brudd.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
30.06.94	7,62	73,5	95,6	23,6	284	161	3,9	0,48	62,9	2,2	74,8	17,4	198	4,1	0,32

Tabell 18. Analyseresultater. Overflatevann Dam I (nærmest veien).

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
23.08.89	7.28	16.53	3.9	25.2	3.40	51.5	60.0									
26.06.90	7.37	9.81	2.7	12.3	1.89	21.5	19.7									
14.08.91	6.70	11.63	1.4	14.3	2.78	6.1	9.5									
27.08.92	7.37	11.32		14.5	3.21	30.0	17.9	4.26	0.06	8.4	<0.5	10.4	1.40	15.4	0.30	
18.08.93	7.37	86.40		11.0	2.32	17.0	12.0	2.65	0.06	3.7	0.75	4.7	0.75	14.2	0.23	<0.2
28.06.94	7.01	2.68		2.99	0.75	6.2	13.7	0.64	0.05	5.4	<0,5	7	2.6	45.9	<0,2	<0,2

Tabell 19. Analyseresultater. Sivevann fra Dam III i dreneringsgrøft ved damfoten.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
27.08.92	7.19	110.1	169	31.8	500	201	0.19	0.37	40.1	2.7	87.8	13.9	456	0.97	
18.08.93	7.40	106.1	170	29.0	440	51	0.89	0.36	29.3	2.8	46.9	12.8	809	1.3	<0.2
28.06.94	7.13	130.0	193	58.4	659	1890	11.0	1.47	300	5.5	781	131	1623	8.0	0.7



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2746-6