

0-85273



Norsulfid AS
Avd. Bidjovagge Gruber

Kontrollundersøkelser i vassdrag 1992 - 93



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-85273	Undernr.: IV
Løpenr.: 3008	Begr. distrib.: Sperrert

Hovedkontor Postboks 173 Kjelsås 0808 Oslo Telefon 22 18 51 00 Telefax 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon 37 04 30 33 Telefax 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon 62 57 64 00 Telefax 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon 55 32 56 40 Telefax 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Strandtorget 2b 9008 Tromsø Telefon 77 68 52 80 Telefax 77 68 05 09
---	---	--	---	--

Rapportens tittel: Norsulfid as. avd. Bidjovagge Gruber	Dato: 21.01.94	Trykket: NIVA 1994
Kontrollundersøkelser i vassdrag 1992-93	Faggruppe: Industri	
Forfatter(e): Iversen, Eigil Rune Arnesen, Rolf Tore	Geografisk område: Finnmark	
	Antall sider: 27	Opplag: 30

Oppdragsgiver: Norsulfid as. avd. Bidjovagge Gruber	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Rapporten gir en samlet vurdering i utviklingen i de viktigste forurensningskomponenter i dreinsvann fra gruveområdet og i nærmeste vassdragsstrekning som er berørt i løpet av driftsperioden 1985-93. Selv om det kan påvises forhøyede kobberkonsentrasjoner i dreinsvann fra dagbrudd og avgangsdeponier, kan det ikke påvises noen effekter av betydning når det gjelder fysisk/kjemisk vannkvalitet i bekken fra gruveområdet eller i Sicidasjåkka i den tiden driften pågikk eller etter at driftshvile inntrådte i 1991.

4 emneord, norske

1. Avgangsdeponering
2. Kisgruve
3. Tungmetaller
4. Dagbrudd

4 emneord, engelske

1. Tailings disposal
2. Pyrite mining
3. Heavy metals
4. Open pit

Prosjektleder



Eigil R. Iversen

For administrasjonen



Gunnar Fr. Aasgaard

ISBN-82-577-2407-6

Norsk institutt for vannforskning

O - 85273

Norsulfid a.s avd. Bidjovagge Gruber

**Kontrollundersøkelser i vassdrag
1992-93**

Oslo, 21. januar 1994

Eigil Rune Iversen

Innholdsfortegnelse

1.	SAMMENDRAG	4
2.	INNLEDNING	5
3.	KONTROLLPROGRAM	7
	3.1 Målsetting	7
	3.2 Beskrivelse av området	7
	3.3 Prøvetakingsprogram	10
4.	VURDERING AV ANALYSERESULTATER	11
	4.1 Stasjonene i fjernsonen 1A, 1B og 1C	11
	4.2 Stasjonene i gruveområdet 2, 2A, 3A-B-C-D-K og 4	12
	4.3 Slamdeponiene	12
5.	VURDERING AV UTVASKING FRA VANNDEKKET AVGANG	13
	5.1 Rørforsøk	13
	5.2 Kolbeforsøk	14
	5.3 Konklusjoner	15
6.	REFERANSER	16
	VEDLEGG: Tabeller	17

1. SAMMENDRAG

Det er i denne rapporten foretatt en samlet vurdering av de viktigste fysisk/kjemiske analyseresultater som foreligger for de kontrollundersøkelser som er utført av avrenningen fra gruveområdet til A/S Bidjovagge Gruber og i fjernsonen som mottar drensvann fra gruveområdet. Undersøkelsene har pågått i perioden 1985-93.

Resultatene for tiden etter at driftshvile inntrådte høsten 1991 tyder på at avrenningen fra gruveområdet ikke har endret seg eller ført til noen effekter av betydning for forholdene i fjernsonen, Seidasjokka.

Selv om drensvann fra gruveområdet inneholder forhøyede kobberkonsentrasjoner i forhold til naturlig bakgrunnsnivå, er hittil både konsentrasjoner og vannmengder for beskjedne til å ha noen betydning for vassdraget nedenfor.

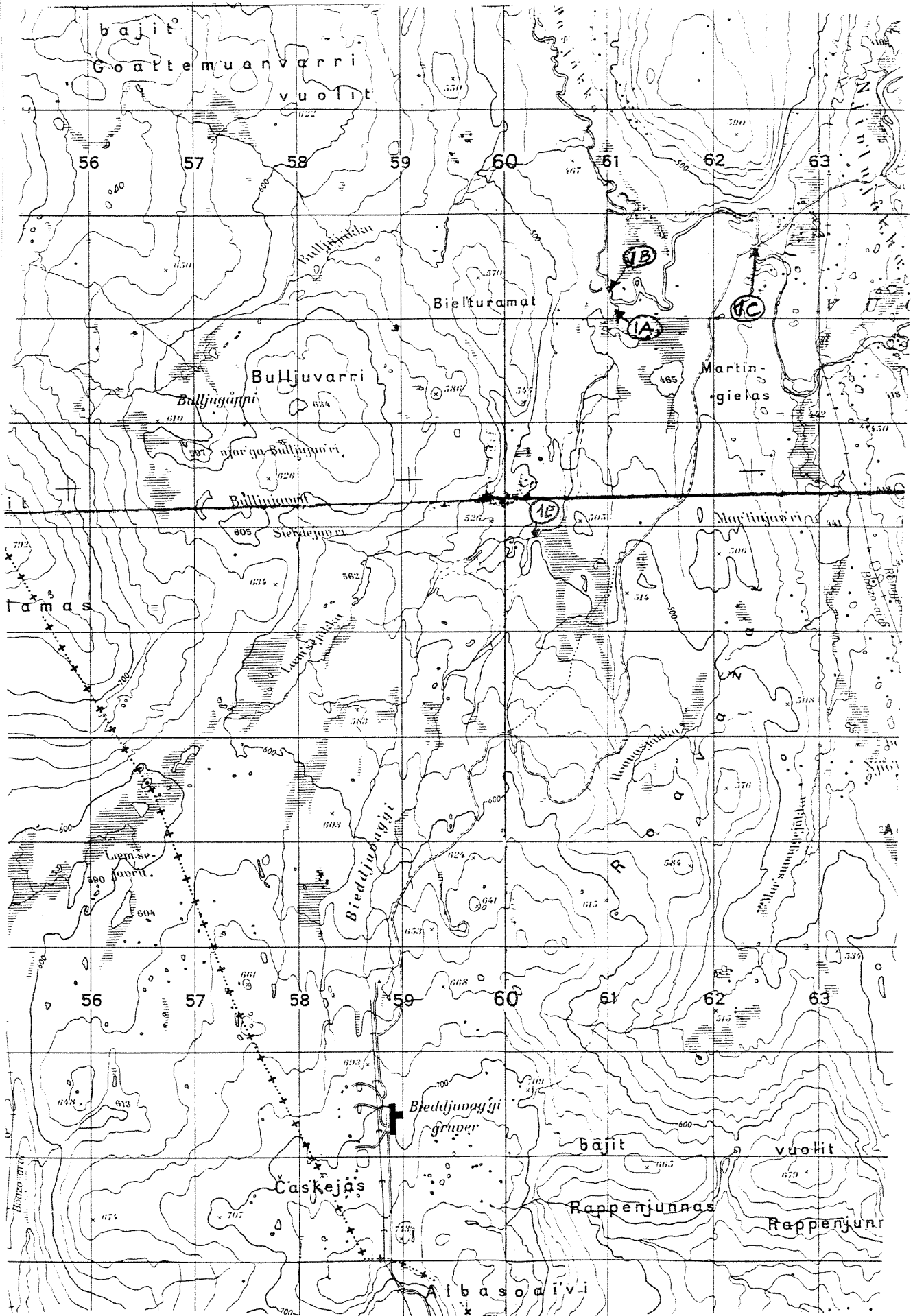
Undersøkelser foretatt i slamdammene fra tidligere driftsperiode viser fortsatt en gunstig vannkvalitet i dammene, noe som tyder på at avfallet har betydelig buffrende egenskaper på de prosesser som forårsaker dannelse av surt, tungmetallholdig drensvann.

Laboratorieforsøk som er gjennomført for å vurdere utvasking av forurensningskomponenter fra avgang fra siste driftsperiode, viser at utløsningen av kobber, som er viktigste tungmetall, er forholdsvis lav sammenlignet med tilsvarende forsøk som NIVA har utført med andre avgangstyper.

2. INNLEDNING

A/S Bidjovagge Gruber har i perioden 1985-91 drevet gruvedrift på gullholdig kobberkis ved fjellområdet Caskejas i Kautokeino kommune. Det har tidligere vært drevet gruvedrift på kobberkis i samme område i årene 1975-80. I første driftsperiode ble det produsert kobberkonsentrat på stedet ved hjelp av selektiv flotasjon. Avgangen fra oppredningsverket er hovedsaklig deponert i slamdammer anlagt nær oppredningsverket. I det siste driftsåret er også benyttet et utdrevet dagbrudd som deponi for flotasjonsavgangen. Alle avgangsdeponiene er nå overdekket med gråberg.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har siden august 1985 gjennomført et kontroll- og overvåkingsprogram for forurensningstilførsler til vann fra gruveområdet og fysisk/kjemiske effekter i det nærmeste vassdragsavsnitt. Dette har i hovedsak bestått i en årlig befaring med prøvetaking for fysisk/kjemiske undersøkelser. Bidjovagge Gruber har i tillegg selv under driftsperioden foretatt den øvrige prøvetaking ved faste målestasjoner etter avtale med NIVA. Resultater fra undersøkelsene er tidligere presentert i NIVA-rapporter (Iversen 1988, 1989, 1992). Denne rapporten gir en samlet fremstilling av de viktigste data for vannkvalitet ved alle prøvetakingsstasjoner i gruveområdet innsamlet i hele siste driftsperiode 1985-91 og i tiden etter.



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

3. KONTROLLPROGRAM

3.1 Målsetting

Det ble laget et kontrollprogram for undersøkelsene i 1985 som siden har vært fulgt, men med noen forenklinger når det gjelder prøvetakingsfrekvens og parameterutvalg og analysemetodikk. Programmet har hatt som målsetting å:

- gi informasjon om avløpsvannets mengde og sammensetning
- vurdere eventuelle fysisk/kjemiske effekter i vassdraget nedenfor som mottar avrenning fra gruveområdet.

3.2 Beskrivelse av området

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

Hele gruveområdet drenerer til et bekkesystem som fører til Sieidasjokka, en sideelv til Njivlujåkka som fører til innsjøen Stuorajavre og videre til hovedvassdraget Kautokeinoelva/Altaelva. Sigene fra gruveområdet tas opp av løsmassene i dalføret nedenfor gruveområdet for lenger ned å samles i et tydelig bekkesystem som passerer et større flatt myrområde før bekken løper inn i Sieidasjokka.

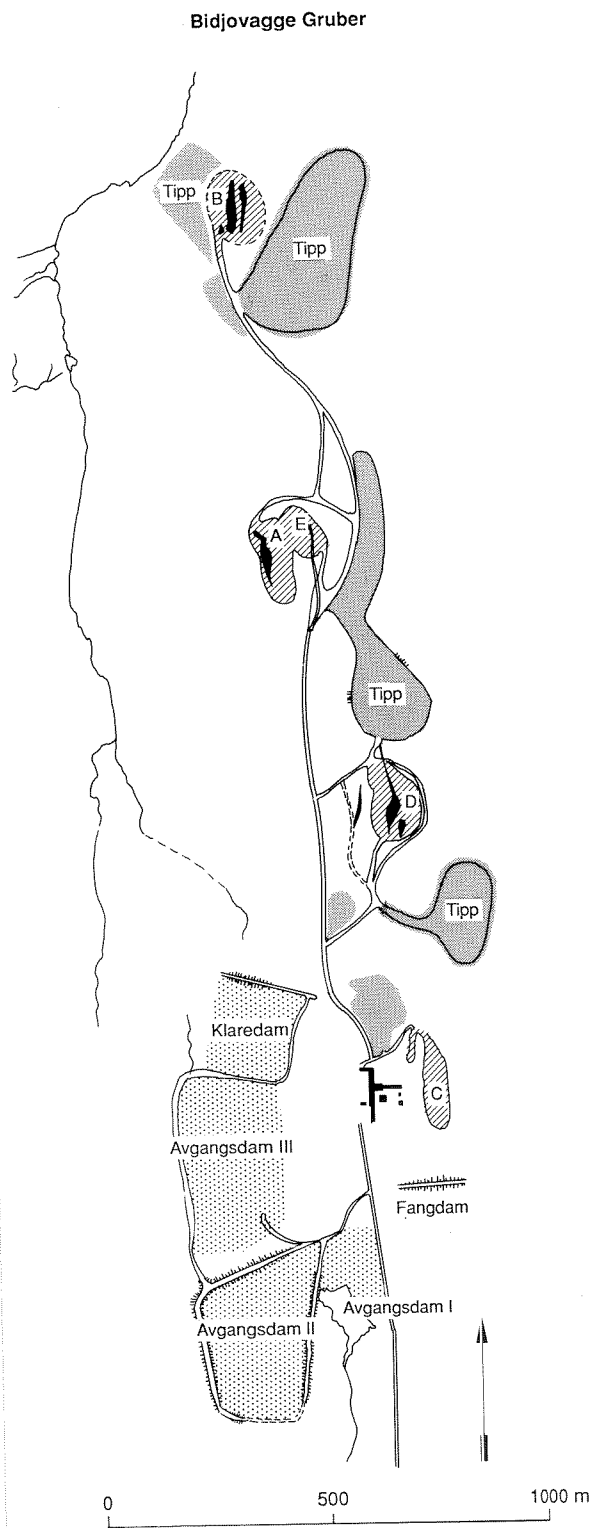
Fig.2 viser en kartskisse av selve gruveområdet. I gruveområdet er to gamle slamdammer fra første driftsperiode (Avgangsdam I og II). Avgangen i disse dammene ligger delvis over vannspeilet. I siste driftsperiode ble det også deponert avgang i dam II. Det meste av avfallet over vannspeilet ble overdekket med løsmasser/gråberg i 1991.

For siste driftsperiode ble anlagt ny slamdam med klaredam nedenfor dam I og II. Overløpet fra slamdammen fører til klaredammen. Herfra ble det pumpet vann tilbake til prosessen. Klaredammen har nødoverløp. Det har vært overløp i perioder med stort tilsig. Etter at driftshvilen inntrådte, har det neppe vært noe overløp på dammene. Klaredammen har en mindre lekkasje i bunnen som trolig skyldes at vann trenger gjennom sprekksoner i fjellet under damfoten. Det kan også observeres en mindre lekkasje ved damfoten til den nye slamdammen (dam III). Under befaringene er det observert at grunnvannsstanden i dammen står helt opp til overflaten slik at nesten all avgangen i dammen er dekket av vann. Det ble lagt på et lag med gråberg over dammen i 1992.

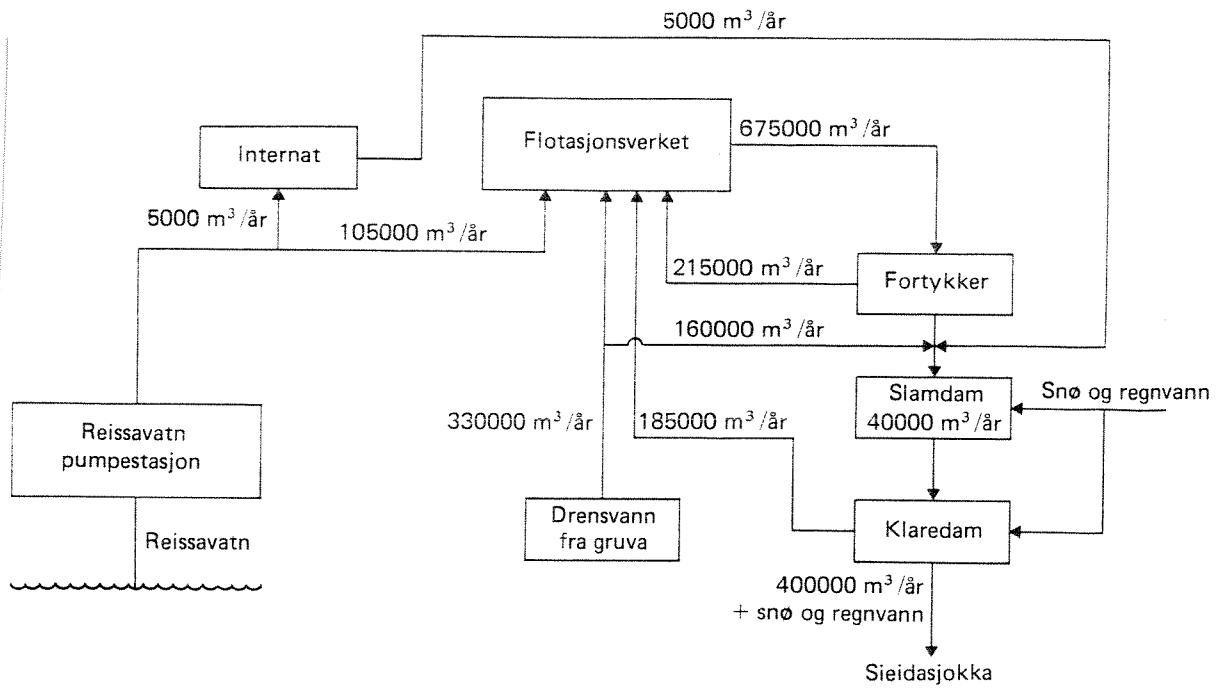
Fig.3 viser et flytskjema for vannbruk ved Bidjovagge Gruber. Selv med full resirkulering og utnyttelse av vann fra den vannfylte gamle underjordsgruva, var nedbørfeltet i perioder av året ikke stort nok til å skaffe tilstrekkelig med vann til oppredningsverket. Det ble derfor i tillegg pumpet vann fra Reissavatn. Denne tilførselen til vassdraget er nå opphørt.

Gruvedriften i dagbruddene medførte også at vassdraget ble tilført vann fra disse. Boreslammet i dette vannet ble skilt ut ved sedimentering i enkle utgravde bassenger før vannet ble ført videre til vassdraget. Det er lagt opp betydelige gråberg/løsmassetipper i området. Tippene inneholder mindre mengder kismineraler. Avrenning fra tippene går i grunnen. Det kan ikke observeres noen synlige sig fra tippene. Tippene ble arrondert og gitt en penere landsskapsmessig form i 1991.

Dagbruddene A/E og B/K er idag vannfylte. D-bruddet er fylt med avgang og overdekket med knust gråberg.



Figur 2. Kartskisse over gruveområdet.



Figur 3. Vannbruk ved Bidjovagge Gruber.

3.3 Prøvetakingsprogram

Overvåkingsundersøkelsene i vassdraget omfatter 3 prøvetakingsstasjoner. Stasjonene er markert på fig.1.

St.nr.	Navn	Kartreferanse
1A	Bekk fra gruveområdet	611940
1B	Sieidasjokka før samløp med bekk fra gruveområdet	610942
1C	Sieidasjokka etter samløp med bekk fra gruveområdet	624947

Stasjon 1A representerer samlet avrenning fra området før den blandes inn i sidevassdraget Sieidasjokka. Under befaringsene ble det også tatt prøver ved et par andre lokaliteter nærmere gruveområdet i det bekkesystemet som fører fra gruveområdet. Stasjon 1B i Sieidasjokka er vanskelig tilgjengelig og har ikke vært tatt så ofte som de øvrige stasjoner. Stasjon 1C er lettest tilgjengelig og er tatt ved vadestedet der traktorveien krysser Sieidasjokka.

Kontrollundersøkelsene i gruveområdet omfatter følgende stasjoner:

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

Det er i tillegg under befaringsene tatt stikkprøver i de gamle og den nye slamdammen.

Bidjovagge Gruber har selv ført kontroll med det vann som er tatt inn i prosessen igjen fra klaredammen. Disse resultatene er ikke tatt med i denne rapporten. Etter at driftshvilen inntrådte er det ikke tatt prøver av gruvevannet (St.4).

De rutinemessige prøvene under driftsperioden ble innsamlet av Bidjovagge Gruber, mens NIVA har foretatt en årlig befarings med prøvetaking ved alle stasjoner. Bidjovagge Gruber har utført analyse av suspendert stoff ved overløp av klaredam og ved utløp av klaredammene ved bruddene. NIVA har utført de øvrige analyser. Prøvene er tatt på prøveflasker holdt av NIVA. De to siste år er tungmetallanalysene utført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) ved hjelp av ICP-MS. Denne analyseteknikken gir lavere deteksjonsgrenser for en rekke metaller. Tilbudet er basert på analysepakker. Av den grunn er parameterutvalget en del utvidet i forhold til tidligere.

4. VURDERING AV ANALYSERESULTATER

Analyseresultater for de enkelte stasjoner er samlet i vedlegget bak i rapporten. Vi vil i det følgende gi en kortfattet vurdering av analyseresultatene stasjonsvis.

4.1 Stasjonene i fjernsonen 1A, 1B og 1C

Avrenningen fra gruveområdet er meget diffus idet vann fra klaredammen samt sig fra deponeringsområdet og fra bruddene samles opp av en rekke mindre bekker som helt eller delvis forsvinner i grunnen for senere å dukke opp i en tydelig bekk som renner mot Sieidasjåkka. Endel fortynningsvann kommer til underveis. Før samløp med Sieidasjåkka passerer bekken et flatt myrområde med tett vegetasjon. Her får eventuelle slampartikler god anledning til å sedimentere. Man må også regne med at når siget fra gruveområdet passerer løsmasser og myrområdet, vil massene her fange opp eventuelle tungmetalltilførsler.

Stasjon 1A, bekk fra gruveområdet, er lokalisert etter myrområdet like før samløp med Sieidasjåkka. Bekken har her gravd seg dypt ned i terrenget, noe som vanskeliggjør prøvetaking om vinteren da bekkefarete er meget vanskelig å lokalisere i det flate landskapet da bekkefarete lett fylles med snø. Likeledes er stasjon 1B vanskelig tilgjengelig. Prøvetakingen har av den grunn hovedsaklig vært konsentrert om stasjon 1C. Bekken fra gruveområdet er også prøvetatt nærmere gruveområdet litt nedenfor det området hvor vann fra gruveområdets nedbørfelt dukker opp som overflatevann. Stasjonen er kalt 1E (kartref.605920).

Vannkvaliteten i bekken fra gruveområdet (1A og 1E) har en høy pH-verdi over 7, pH 7.4 i gjennomsnitt for perioden 1985-89 for st.1A og pH 7.4 for st.1E for perioden 1986- 93. Konduktivitetsverdiene viser at innhold av oppløste salter er relativt høyt sett i forhold til vanlig norsk overflatevann. Dette forhold skyldes for en stor del høyt innhold av kalsium- og sulfationer. Selv om gruvevirksomheten forårsaker utslipp av kalsium og sulfat til vassdraget, vurderes de høye kalsium- og sulfatverdier å ha sin årsak i naturlige geologiske forhold. De geologiske kart for området viser også klare forskjeller i bergrunnen i gruvebekkens nedbørfelt og nedbørfeltet til øvre del av Sieidasjåkka. 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.

Kobberkonsentrasjonene ved stasjon 1A , gruvebekken, er tilsynelatende noe varierende. En del uregelmessigheter skyldes kontamineringsproblemer ved at prøvene ved en misforståelse ikke har vært tatt på spesialvaskede glass eller at glassene har blitt kontaminert ved lagring på gruva. En del verdier som antas ikke å være reelle er derfor utelatt. Kobberanalyser utført på prøveglass tatt under NIVAs befaringer viser stort sett lave verdier. Ved stasjon 1E varierte kobberverdiene i området 0,4 til 3.0 $\mu\text{g/l}$. I Sieidasjåkka ved stasjon 1C antas det reelle kobbernivå å ligge omkring 1 $\mu\text{g/l}$ eller lavere. I de to siste år er det benyttet ICP-MS som analysemetode for tungmetaller. Metoden har lavere deteksjonsgrenser enn den metode som er benyttet tidligere. Det er også gått over til prøveflasker som sikrer mer pålitelige verdier omkring deteksjonsgrensene for de enkelte metaller. Resultatene viser svært lave tungmetallverdier for stasjonene i fjernsonen. Det er også tatt prøver av en liten bekk som drenerer til gruvebekken, men som ikke drenerer gruveområdet (1D kartref. 609918). I denne bekken kan kobberverdiene tildels være høyere enn i bekken fra gruveområdet (1E).

Som en konklusjon kan derfor sies at hittil har det ikke vært mulig å spore noen effekter av betydning i vassdraget hva tungmetallnivå angår som følge av tilførslene fra gruveområdet.

4.2 Stasjonene i gruveområdet 2, 2A, 3A-B-C-D-K og 4

Stasjon 2, klaredam har i lange perioder ikke hatt noe overløp. Det er likevel tatt en del prøver i strandkanten ved overløpsprofilen for å kontrollere vannkvaliteten i dammen. pH- verdiene i dammen har variert i området 6.9-10.4. Dette har sammenheng med resirkulerings og tilrenningsforhold samt at prosessbetingelsene har vært variert for å optimalisere utbyttet. Kobberinnholdet i dammen er relativt lavt, men sterkt varierende. Dette kan for en stor del å ha sin årsak i at det har vært analysert på ufiltrerte, syrekonserverte prøver. Det har også vært utført kobberanalyse på membranfiltrert (-0.45 μ) prøve(23.08.89). Dette ga som resultat 8.9 $\mu\text{g/l}$, noe som viser at en betydelig del av kobberinnholdet i vannmassene i dammen kan være partikulært bundet. Tungmetallkonsentrasjonene var en del lavere i 1993 enn i 1992. Prøver er også tatt av lekkasjevannet under damfoten (st.2A).Vannet ser her klart ut. Det er observert kobberkonsentrasjoner i området 5-110 $\mu\text{g/l}$, noe som indikerer en viss tilførsel av løst kobber til vassdraget. Vannmengdene er ikke målt, men vurderes likevel som beskjedne slik at selv om sigevann fra dammen har et kobberinnhold som er klart høyere enn naturlig bakgrunnsnivå, har disse tilførslene hittil ikke hatt noen praktisk betydning for vassdraget nedenfor.

Det samme forhold kan sies om vannkvaliteten i bruddene (tabell 12-17 i vedlegget). Kobberkonsentrasjonene viser tildels verdier som ligger betydelig over nivået i vassdraget, men vannmengdene har vært og er fortsatt for beskjedne til at avrenningen herfra har hatt noen betydning for vassdraget.Ved befaringen i 1991 var brudd B nesten helt vannfylt. Prøven ble tatt i overflaten. Vannmassene var fortsatt noe turbide. En del av kobberinnholdet kan derfor være partikulært bundet (tabell 13 i vedlegget). I 1992 og 1993 var B/K-bruddene helt vannfylte og hadde felles overløp. Analyseresultatene er samlet i tabell 11. Det ble under befaringen i 1993 tatt stikkprøve av overløpet av et mindre brudd nedenfor A-bruddet, Fransiska-bruddet. Sigevannet fra A-bruddet passerer dette bruddet. I 1993 ble det også tatt prøve av overflatevannet i det vannfylte C-bruddet. Det er relativt liten forskjell i vannkvaliteten i sigevannet fra bruddene.

Gruvevannet (st.4, tabell 20 i vedlegget) fra den gamle underjordsgruva er svakt alkalisk og har et beskjedent metallinnhold. Det er ikke tatt prøver av gruvevannet etter 1989.

4.3 Slamdeponiene

I tabellene 18 og 19 i vedlegget er samlet analysedata for prøver tatt i de gamle slamdammene I og III og for klaredammen etter overløpet av den nye dam (st.2, tabell 10 i vedlegget).Tidligere er rapportert (Iversen 1990) resultater for prøver av avgang i dam I og II tatt over og under grunnvannsspeilet.

Resultatene for vannprøvene tatt i overflaten av dammene tyder på lav forvitningsaktivitet i avfallet . pH-verdiene i de gamle dammene er, 15 år etter at deponering opphørte, fortsatt relativt høye (6.7-7.6).Kobberverdiene vurderes som lave (6-52 $\mu\text{g/l}$). I den nye dammen er metallanalysene gjort på membranfiltrerte prøver (-0.45 μ). Her var kobberinnholdet svært lavt (2.6 $\mu\text{g/l}$). Dammene er nå overdekket med knust gråberg.

Totalt er deponert ca. 1.8 mill. tonn avgang i siste driftperiode. Det meste er deponert i dam 3, men det er også deponert en del i brudd D og G etter at de var tømt for malm. I 1993 ble det tatt en prøve av

sigevannet fra deponiet i brudd D (tabell 15 i vedlegget). Vannkvaliteten er omtrent den samme som i de andre vannfylte bruddene. Det ble i 1992 og 1993 tatt prøver av sigevannet i dreneringsgrøften langs damfoten på den nye slamdammen (dam III). Metallkonsentrasjonene var relativt lave og på samme nivå som i bruddene.

5. VURDERING AV UTVASKING FRA VANNDEKKET AVGANG

For å vurdere utluting av forurensninger fra avgangen ble det utført noen laboratorieforsøk med avgang fra dam III.

5.1 Rørforsøk

Hensikten med rørforsøkene er å simulere utvasking av forurensninger fra et bunnsediment i laboratorieskala. Forsøkene foregår ved at det tas ut prøver med gitte tidsintervall, samtidig som uttatt volum erstattes med vann av kjent kjemisk sammensetning (tabell 1). Det ble benyttet rør av pleksiplast, med total høyde ca. 66 cm og indre diameter på ca 10 cm. Rørene var dekket av lokk under forsøket, men i lokkene var det huller for innblåsning av luft og prøvetaking. Ved oppstartning av forsøket ble avgang slemmet opp i vannet som fulgte prøven, og overført til pleksirøret, slik at den sto til en høyde på ca. 10 cm over bunnen. Rørene sto til sedimentering i tre døgn, hvorefter vannfasen ble trukket av med pipette, og nytt vann av kjent sammensetning ble tilført. Vannet som ble trukket av var tilsynelatende helt klart.

Tabell 1 Vannkjemi - fortynningsvann ved rørforsøk
Ubehandlet vann fra Maridalsvatnet nær NIVA i Oslo.

Komponent	Enhet	
pH		6.4
Konduktivitet	mS/m	3.0
Sulfat	mg SO ₄ /l	6
Kopper	µg Cu/l	2
Sink	µg Zn/l	10
Kadmium	µg Cd/l	0.05

Rørene var plassert i vannbad ved 6 °C og forsynt med luftinnblåsning gjennom et glass-kapillar i vannfasen. Innblåsningen foregikk meget forsiktig, slik at selv fine partikler ikke ble virvlet opp fra sedimentoverflaten. Denne luftgjennomstrømningen skulle bidra til at vannfasen til enhver tid var i likevekt med luftens oksygen og at den hadde homogen kjemisk sammensetning. Tidspunkt for prøveuttak og tilsvarende analyseresultater fremgår av tabell 2. Resultatene i tabellene 2-3 angir utløsning av sulfat og kopper i mg/m² pr. døgn.

Tabell 2 Resultater av rørforsøk 1 med avgang fra dam III i Bidjovagge.

Døgn	pH	Sulfat mg/m ² pr.døgn	Kopper µg/m ² pr. døgn
1	7.29	2994	3228
14	7.22	472	167
35	7.00	530	-174
64	7.00	389	7
97	7.54	202	12

Tabell 3 Resultater av rørforsøk 2 med avgang fra dam III i Bidjovagge.

Døgn	pH	Sulfat mg/m ² pr.døgn	Kopper µg/m ² pr. døgn
1	7.21	8467	1966
14	7.24	15	96
35	7.13	153	-108
65	7.16	101	50
97	7.64	233	17

Forsøk av denne typen har NIVA utført på en rekke avgangsdeponier tidligere (Arnesen 1987, 1991, 1993). Vanligvis benyttes data fra slike forsøk ved beregning av fremtidig transport av forurensninger fra avgangsdeponier. For Bidjovagge mangler en del data for en eventuell slik beregning. Dessuten er forholdene i Bidjovagge slik at metodene vi vanligvis bruker ved beregningen ikke kan anvendes.

5.2 Kolbeforsøk

For å få et mål for maksimal utløsning av metaller og sulfat fra avfallsanden, ble det utført forsøk der blandinger av sand og vann var i kontinuerlig bevegelse. Dette sikrer god kontakt mellom fasene og må antas å gi den beste betingelse for utløsning av stoffer. Selv med en slik omrøring var en betydelig del av faststoffet samlet på bunnen av kolbene, men kontakten mellom vann og fast fase var meget god.

I en 5-liters ståkolbe ble ca. 30 gram sand (våtvekt) av prøven veiet inn. Tørrstoffinnholdet i kolbene ble bestemt ved separate uttak av fuktig prøve som ble tørket ved 105 °C. Kolbene ble videre hver tilsatt 3 liter av samme type vann som ble brukt i rørforsøkene.

Resultatene av kolbeforsøkene er angitt i tabell 4 som totalt utløst sulfat og kopper i løpet av hele forsøket.

Tabell 4 Resultater fra kolbeforsøk

Døgn	pH	Sulfat	Jern $\mu\text{g/l}$	Kopper $\mu\text{g/l}$	Sink $\mu\text{g/l}$
1	8.00	25.4	210	13	25
14	7.90	53.6	120	20	25
35	7.91	64.7	25	41	25
65	7.90	73.1	270	53	25
97	7.90	308	2110	120	130

5.3 Konklusjoner

Ved en kvalitativ sammenlikning med resultater av tilsvarende undersøkelser fra andre gruver kan følgende konklusjoner trekkes:

pH er meget stabil i alle forsøkene og endres praktisk talt ikke.

Ved rørforsøkene var utviklingen i **sulfatkonsentrasjonen** noe forskjellig i de to rørene, men ved avslutningen av forsøket var fluksen ca. 200 mg/m^2 pr. døgn i begge. Alt i alt er utløsningen som er målt både i rørforsøkene og ved kolbeforsøkene moderate til lave.

Fluksen av **kopper** varierte en god del over tid i rørforsøkene, men den må karakteriseres som gjennomgående lav i forhold til de fleste prøver NIVA har undersøkt tidligere. Også kolbeforsøket viste tilsvarende lav utløsning av kopper. I kolbeforsøket ble **sink**-konsentrasjonene også registrert. De var også lave.

6. REFERANSER

- 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.
- Arnesen, R. T. og Iversen, E. R. (1993). Langtidsvirkninger ved deponering av sulfidholdig avgang under vann. NIVA-rapport O-89116. L.nr. 2919. 75 s.
- Arnesen, R. T. og Bjerkeng, B. (1987). Avslutning av deponi for avfallssand ved Stekenjokk gruve. NIVA-rapport O-86193. L.nr. 2041. 43 s.
- Arnesen, R. T. og Bjerkeng, B. (1991). Avslutning av sandmagasin i Garpenberg ved vanndekking. NIVA-rapport O-89197. L.nr. 2547. 43 s.
- Arnesen, R.T, Bjerkeng, B. og Iversen, E.R. (1993). Avslutning av sandmagasin i Kristineberg ved vanndekking. NIVA-rapport O-92049. L.nr.2867. 45 s.
- Arnesen, R.T. og Bjerkeng, B. (1993). Fremtidig utvikling i avgangsdeponier under vann. Hjerkindammen, Hjerkindammen og Bjønndalsdammen, Løkken.

VEDLEGG

TABELLER

Tabell 5. Analyseresultater.St 1a Bekk fra gruveområdet (gruvebekken)

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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 6. Analyseresultater. St 1b Sieidasjokka før tilløp av gruvebekken

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 mg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Min 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 7. Analyseresultater. St 1c Sieidasjokka etter tilløp av gruvebekken

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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 8. Analyseresultater. St. 1d bekk ved kartref. 609918

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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 9. Analyseresultater. St 1e. Gruvebekken ved kartref. 605920

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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 10. Analyseresultater. St 2.Nye klaredam

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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 11. Analyseresultater.St.2A. Lekkasje nye klaredam ved damfoten

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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

Tabell 12. Analyseresultater. St 3A. Vann fra A-brudd.

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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

Tabell 13. Analyseresultater. St 3B. Vann fra B-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	SO4 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

Siste 2 prøver tatt i overflaten av vannfylt brudd

Tabell 14. Analyseresultater. St 3C. Vann fra C-brudd.

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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	7.78	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

Tabell 15. Analyseresultater. St 3D. Vann fra D-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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

Tabell 16. Analyseresultater. St 3K. Vann fra K-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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
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

Tabell 17. Analyseresultater. Vann fra Fransiska-brudd

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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	7.57	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 19. Analyseresultater. Overflatevann Dam I (nærmest veien)

Dato	pH	Kond mS/m	Turb FTU	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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	

Tabell 18. Sigevann fra dam III i dreneringsgrøft ved damfoten

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO4 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	1.30	<0.2

Tabell 20. Analyseresultater. Stasjon 4 Gruvevann underjordsgruve

Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	SO4 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

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo

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

ISBN 82-577-2407-6