

87113

67081

Vannforurensning fra kisgruver

Rapport fra en reise i
Canada og USA
høsten 1987



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.: 87113/67081
Undernummer:
Løpenummer: 2106
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: VANNFORURENSNING FRA KISGRUVER Rapport fra en reise i Canada og USA	Dato: 11. april 1988
Forfatter (e): Rolf Tore Arnesen	Prosjektnummer: 87113/67081
	Faggruppe:
	Geografisk område: USA og CANADA
	Antall sider (inkl. bilag): 30

Oppdragsgiver: NTNF BERGFORSKNINGEN	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: En gruppe med norske og svenske deltakere var høsten 1987 på en rundreise i Canada og USA for å studere vannforurensning fra sulfidmalmgruver og tiltak mot slike forurensninger. Tre Canadiske områder med gruvedrift ble besøkt. Dessuten besøkte gruppen US - Bureau of Mines i Spokane, Wash., og Pittsburg, Penn., samt Environment Canada og et konsulentfirma i Vancouver. Det var fortsatt betydelige forurensningsproblemer i amerikansk gruveindustri. Ved gruver i drift var det gjennomført rensetiltak og driftsomkostningene var betydelige. Problemene som oppstår ved nedleggelse av driften, var ikke løst.

4 emneord, norske:

1. Gruveforurensning
2. Tiltak
3. USA
4. Canada

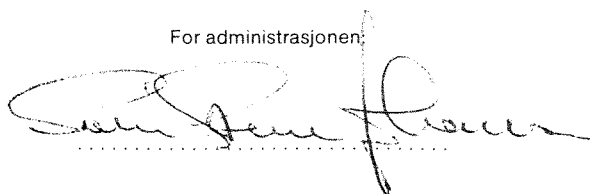
4 emneord, engelske:

1. Acid Mine Drainage
2. Measures
3. USA
4. Canada

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN - 82-577-1385-6

1. INNLEDNING

I oktober 1987 reiste en gruppe med 7 nordiske deltakere i USA og Canada for å få et inntrykk av hvordan vannforurensninger fra gruver behandles praktisk og administrativt i disse landene.

Gruppens deltakere var:

Rolf Tore Arnesen	Norsk institutt for vannforskning
Knut Brøndbo	Løkken Gruber A.S. & Co
Niels Chr. Hald	Bergverkenes Landssammenslutning
Eigil R. Iversen	Norsk institutt for vannforskning
Tom Lundgren	Statens geotekniska institut
Lars-Åke Lindahl	Statens naturvårdsverk
Björn Södermark	Statens naturvårdsverk

De aller fleste steder av faglig interesse besøkte gruppen samlet, mens transport fra sted til sted var ordnet for norske og svenske deltakere hver for seg. Kontakten innen gruppen under reisen var meget god, og det var en klar fordel at representanter med ulik faglig og nasjonal bakgrunn sammen skaffet seg erfaringer gjennom en slik reise.

For deltakerne fra NIVA ble utgiftene dels dekket gjennom bevilgninger fra Bergforskningen, dels gjennom et prosjekt under NTNf. For de øvrige norske deltakerne ble utgiftene dekket av de respektive arbeidsgivere.

Et kort notat med navn på personer vi møtte og litteratur som vi fikk overlevert, følger som VEDLEGG 1.

Denne reiserapporten som er utarbeidet av de norske deltakerne i fellesskap, er ført i pennen av Rolf Tore Arnesen og utgitt av NIVA.

2. REISEINNTRYKK

20. oktober 1987

Gruppens første besøk var hos konsulentfirmaet Klohn Leonoff i Richmond, B.C. nær Vancouver. Der møtte vi lederen for Gruveseksjonen Peter C. Lighthall og leder for firmaet Rescan Environmental Services Ltd. Clem A. Pelletier.

Pelletier arbeidet bl.a. med utslippene fra Titania i Norge, et prosjekt hvor Klohn Leonoff er engasjert.

Peter Lighthall ga en beskrivelse av de forhold innen miljøvern som det legges vekt på i Canada. Han nevnte først metoder for bestemmelse av et avfalls potensial for å bli surt.

Titrasjon til pH 3.5 med svovelsyre eller koking med saltsyre og tilbaketitrering av overskudd bestemmer det baseoverskudd som finnes i avfallet. Begge metoder bestemmer tilgjengelig karbonat og er relativt billige. Direkte titrasjon er forholdsvis langsom.

Kinetiske tester der prøvene settes opp ved pH 3.5 og podes med svoveloksyderende bakterier, er ikke lenger så vanlige. Det skyldes først og fremst at disse testene er tid- og arbeidskrevende og derfor dyre.

Myndighetene er først og fremst interesserte i at faren for forurensning beskrives inngående med et meget stort antall prøver. De legger også vekt på at de prøvene som legges til grunn for vurderingen, er representative. Dersom testene ga indikasjon på at avfallet ville gi surt drensvann, var det aktuelt å gi pålegg om tiltak under drift og ved en fremtidig nedleggelse av gruen. Det kunne også komme på tale å nekte konsesjon på grunnlag av slike tester.

Erfaringene i Canada viste at det kunne ta meget lang tid (10 - 15 år) før oksidasjonen startet for alvor. Ved gamle gruver der man skulle prøve å forbedre forholdene, la man stor vekt på å lokalisere områder i avfallshauger der oksidasjonen gikk spesielt raskt - "hot spots". Innsatsen kunne så konsentreres om disse områdene.

Hva som førte til en slik rask oksydasjon, hadde dels sammenheng med mineralsammensetning og dels med tilgangen på oksygen. I arbeidet med å lokalisere slike områder hadde man gode erfaringer med bruk av

termografi (Varmekamera). Temperaturdifferanser på ned til 0,1 °C kunne detekteres på den måten.

Det har vært betydelige endringer i de kanadiske myndighetenes syn på forurensning fra gruver i de senere år. I tillegg er det forskjeller i synet fra provins til provins, bl.a. ut fra hensynet til distriktspolitiske forhold.

Det ble nevnt at enkelte hevdet det alltid vil finnes problemer med sur avrenning fra gruver, og at man må leve med det. Hos Klohn Leonoff fikk vi inntrykk av at problemene kunne løses, men enkelte steder ville omkostningene bli for store til at tiltak kunne gjennomføres i praksis. Det forelå med andre ord ingen patentløsninger.

Den økonomiske siden av saken var man i ferd med å ta opp. Det ble både i Canada og i USA snakket om såkalte superfond. Grunnlaget i disse fondene skulle utgjøres av avgifter som det enkelte gruveselskap ble pålagt under driften. Når driften var slutt, ble selskapet pålagt å ordne opp etter seg. Dersom det ikke ble gjort, kunne myndighetene sørge for å få det gjort med dekning i superfondet.

Fondsoppbyggingen var imidlertid - i hvert fall hittil - ikke mer omfattende enn at den kunne dekke opprydding, tilplanting arrondering etc. Bare i begrenset omfang var det dekning for permanente løsninger vedrørende sur avrenning.

Overvåking av avløp fra gruveområder ble i hovedsak utført i bergverkenes regi og betalt av dem.

Peter Lighthall oppsummerte dagens kunnskap ved å si at man kjenner metoder som kan forutsi utvikling av surt gruvevann, metoder for å hindre forurensning i å oppstå eller å stoppe eksisterende forurensninger fra gruve. Dessuten kjenner man metoder for å rense forurenset vann fra gruver. Man hadde imidlertid liten erfaring ved nedleggelse av gruver, og det var gjort lite med forurensninger fra områder med nedlagte gruver i Canada.

Fra norsk og svensk side ble det gitt beskrivelse av status med hensyn til forurensning fra gruver. Det svenske Bersbo-prosjektet ble spesielt omtalt, mens det fra norsk side ble gitt en beskrivelse av Løkken-området.

Senere samme dag besøkte vi Environment Canada i Vancouver.

Keith Ferguson som var leder for dem som arbeider med gruveforurenning innen denne etaten, åpnet sin orientering med å si: "We don't have the answer to the acid mine problem".

I British Columbia er hovedproblemet surt metallholdig gruvevann og drenevann fra avgang, velter og dagbrudd. Det finnes ikke kullgruver som bare har surt jernholdig vann der. Forholdene er derfor meget lik de norske, og muligheter for videre erfaringsutveksling er gode. Også klimatiske forhold har mange likhetspunkter.

Vi fikk en gjennomgang av overvåkingsarbeidet som ble utført fra myndighetenes side. Det kan karakteriseres som en meget omfattende "stikkprøvekontroll". Man besøkte områdene en gang pr. år. Da ble det utført en omfattende intensivundersøkelse med kjemisk og biologisk prøvetaking over tre døgn. I tillegg var gruveselskapene pålagt undersøkelser som skulle rapporteres regelmessig til miljøvernmyndigheter på provinsnivå og til Environment Canada. Ofte var disse undersøkelserne relativt omfattende.

Vi fikk opplyst at det ved fem igangværende gruver i provinsen foregikk rensing av surt gruvevann. Driftsomkostningene ved dette var ved den enkelte gruve \$ 500.000,- - 1 million.

Keith Ferguson gikk gjennom sin erfaring med prosessene som fører til surt gruvevann samt det arbeid som han har gjort på prediksjon av forsuring. Etter hans mening var følgende forhold viktige når man skulle angripe et gruveproblem:

1. Prediksjon av forsuring.
2. Kartlegging av eksisterende situasjon
3. Behandling av problemene
4. Etterkontroll

For tiden var de så vidt kommet igang med utvikling av matematisk modellering av forholdene som styrer forvitring, oksidasjon og avrenning fra velter. Dette arbeidet hadde fått stor prioritet og oppmerksomhet.

21. oktober 1987

Denne dagen var avsatt til besøk ved WESTMIN Resources Ltd. nær Cambell River på Vancouver Island. I tillegg til den nordiske gruppen deltok Peter C. Lighthall som kyndig guide på denne turen. Etter ca. 1 times flyreise og omtrent like lang tid med bil var vi fremme ved gruvene.



Fig. 1. Oversiktsbilde over Westmin Res. Ltd.

En meget kyndig og entusiastisk representant for selskapet - Rudy van Dyk - møtte oss ved ankomsten. Han ga en systematisk oversikt over de problemer man hadde hatt i dette området, og hvordan de var blitt løst.

Råmalmens sammensetning var:

Sink	7 %
Kopper	1,5 - 2 %
Bly	0,5 %
Sølv	600 g/tonn
Gull	1,5 g/tonn

Gruven ligger i et naturreservat og har en meget følsom resipient der fiske og drikkevann er sterke brukerinteresser. Noen merkbar endring i vannkvalitet kunne derfor ikke tåles. Ved starten i 1967 var driften åpnet som dagbrudd. I 1975 ble denne virksomheten lagt ned, og underjords-drift ble startet. I denne første driftstiden var det lagt ut mye forurensende masser i terrenget, og senere undersøkelser hadde vist at veier o.l. i området bidrog med omkring 40% av forurensningene.

Ved starten ble avgangen sluppet direkte i en nærliggende innsjø - Moose Lake. Dette ble forbudt for noen år siden, bl.a. fordi det etter hvert ble påvist høye metallkonsentrasjoner i vassdraget. Ca. 20 km nedenfor utslippet var det påvist ca. 50 mikrogram pr. l. Det ble også satt igang et omfattende kartleggingsarbeid for å identifisere de enkelte forurensningskilder i området.

Dette førte til at man satte igang et omfattende arbeid for å samle infiserte masser i et avgrenset område. I tillegg ble det laget et dreneringssystem som samlet overflateavrenning og forurenset grunnvann fra hele området, inkludert drensvann fra avgangsdeponiet. Figur 2 viser utførelse av dreneringsgrøften som leder vann utenom det gamle dagbruddet.

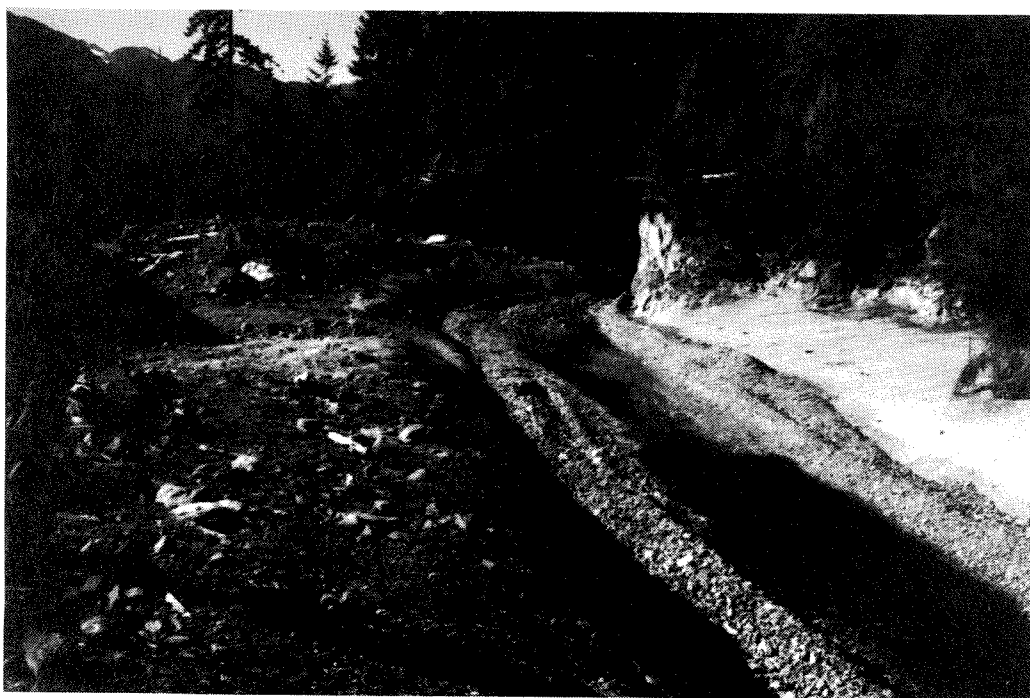


Fig. 2. Drensrøft fra oversiden av dagbrudd.

van Dyk nevnte spesielt at han trodde det hadde vært en feil å gå over fra avgangsdeponering under vann til tørredeponering.

Det var opprinnelig to avgangsdammer. Nå var den ene helt full og under avslutning. Her var avløpet blitt surt i løpet av to år. I den delen av deponiet som var i drift, var avløpet foreløpig ikke surt. Avgangen inneholdt imidlertid opptil 35 % FeS_2 , og faren for forsuring

var stor. Avgangsmengden var ca 4.000 tonn pr dag eller 550.000 tonn pr. år.

Rensing av avløpsvannet foregikk ved at vannet ble tilsatt kalk, flokkulert og deretter felt ut i en dam. Slammet pumpes til en fortykker hvor det blandes med finfraksjonen av avgang fra en syklon, og går så til avgangsdammen. Renset avløpsvann ledes til Myra Creek.

Det forurensede dreinsvannet fra området har et betydelig innhold av aluminium, og etter felling er fargen melkevit. Før felling er pH 3.0 -7.0, lavest i regnvær. Alkali tilsettes til pH ca. 5. Det brukes et visst overskudd for å bedre fnokkingsegenskapene. Etter felling var faststoff-innholdet ca. 2 %.

Inngående vann inneholdt ca. 75 mg Zn/l, mens utgående lå på < 0.01 mg oppløst og 0.1-0.2 mg totalt sink /l.

Utslippskravene som WESTMIN skulle oppfylle var:

pH : < 11,0

Kopper:

Oppløst: 0,2 mg/l

Totalt : 0,6 "

Bly:

Oppløst: 0,05 mg/l

Kadmium:

Oppløst: 0.005 mg/l

Aluminium:

Ingen krav fastsatt

Suspendert stoff:

25 mg/l

Totalt faststoff:

2500 mg/l

Teknisk hadde man ingen problemer med å oppfylle kravene, og man lå oftest en tierpotens under kravet. Selskapet var pålagt et betydelig overvåkings- og oppfølgingsarbeid. Ved siden av regelmessige kjemiske analyser ble det utført fisketester hver tredje måned. Kravet var for dem at 10 fisker skulle overleve i 96 timer i vann fra Myra Creek.

De samlede driftsomkostninger på miljøvern var ca. 1 mill. \$ (Can.) De forelå ingen løsning på de problemer som ville oppstå når gruva ble nedlagt.

22. oktober 1987

Vi besøkte Equity Silver Mine i British Columbia. Nærmeste tettsted var Houston, som vi kom til ved å fly ca. 2 timer mot nord fra Vancouver og deretter kjøre bil i 1-2 timer. Igjen var vi heldige med været, og reisen gikk på alle måter greit.

Ved ankomsten til gruva fikk vi først en kort introduksjon av gruvesjefen J.P. Neilans. Deretter fikk vi en meget åpen og sakkyndig omvisning av ham og hans medarbeidere Bob Patterson og Ross Galleger.



Fig. 3. Equity Silver Mine i British Columbia.

Driften foregikk i store dagbrudd. Det hadde opprinnelig vært to brudd, men driften i det ene var nå slutt. Før gruvedriften ble satt igang, var det gjennomført en del tester for å avgjøre om drens vannet skulle bli surt. En av tre konsulenter var da kommet til at det ville bli surt, de to andre at det ikke ville bli surt. Resultatet var at man ikke regnet med surt vann. En stor del av massene som ble brukt i

veier, fundamenter o.l., hadde vist seg å bli syreproduserende.

Det brytes ca 43.000 tonn om dagen, hvorav ca. 10.000 tonn settes på i oppredningen. Malmen inneholder 5-8 % sulfid, 0.3 % kopper samt noe arsen, antimon, kadmium, jern og sink. Dessuten hadde malmen et innhold på 85 g sølv og 0.9 g gull pr. tonn.

Ved siden av et kopperkonsentrat ble det produsert metallisk gull.

Den store forurensningskilden idag var gråbergveltene som dels var fylt tilbake i det gamle dagbruddet, dels lå som store velter i terrenget.



Fig. 4. Tilbakefylling av gråberg i dagbrudd - Equity Silver Mine.

Velten var delvis overdekket med et forholdsvis tynt lag morene. Da man skulle påvise de viktigste syreproduserende områdene, ble det brukt termografi for å påvise eventuelle "hot spots". Det sure drens vannet ble pumpet til et renseanlegg hvor alt vann fra området ble rensset. For å samle opp surt vann hadde man et omfattende system av avskjærende grøfter. Grøftene var tettet med leirholdig materiale og plastfolie. For å beskytte underliggende plastfolie mot sol var renne dekket med tynn sort plast.



Fig. 5. Renner for oppsamling av surt drensvann ved Equity Silver Mine.

Vannet ble etter at det var samlet opp, pumpet til et renseanlegg hvor det ble nøytralisert med kalk. Man var for tiden igang med å bygge et nytt og større renseanlegg. Vannmengdene som skulle behandles, varierte sterkt, og for å kunne ta hånd om alt i vårflom o.l. var det bygget dammer med tilstrekkelig kapasitet. Utslipp av rensset avløpsvann ble styrt etter vannføringen i resipienten.

Slam fra renseanlegget inneholdt mye jern og var sterkt rødbrunt. Det ble ført til slamdammer for å øke tørrstoffinnhold. Derfra ble det pumpet til avgangsdeponiet. Kapasiteten i nåværende renseanlegget var 2000-3000 gallons pr. time (150-225 l/min). Investeringene i det nye anlegget var ca. 350.000 Can \$. Omkostningene for rensing var ca. 700-800.000 \$ (Can.) pr. år, og bare i spesielle kjemiske analyser ble det brukt ca. 70.000 \$ pr. år.

Omkostningene til kalk var ca. 600.000 Can \$ pr. år. Siden 1982 var det investert 1,2 mill. \$ i behandlingsanlegg for avløpsvann.

Beregnet pr. m³ var omkostningene:

Rensing : 70 cent
Pumping : 17 "

Pumping av ca. 40-50.000 m³ slam pr. år ble ansett som en stor utgiftspost.

I den siste tiden hadde man fylt opp det nedlagte dagbruddet med gråberg. Etter hvert som dagbruddet ble fylt med vann, regnet man med å få redusert forurensningen fra det som ble lagt under vann. For å følge utviklingen i vannkvalitet, hadde man lagt ned plastrør hvor man kunne ta ut vannprøver. Allerede nå kunne man konstatere at vannkvaliteten var bedre: pH var steget fra 3 til 8,2, og kopperkonsentrasjonen

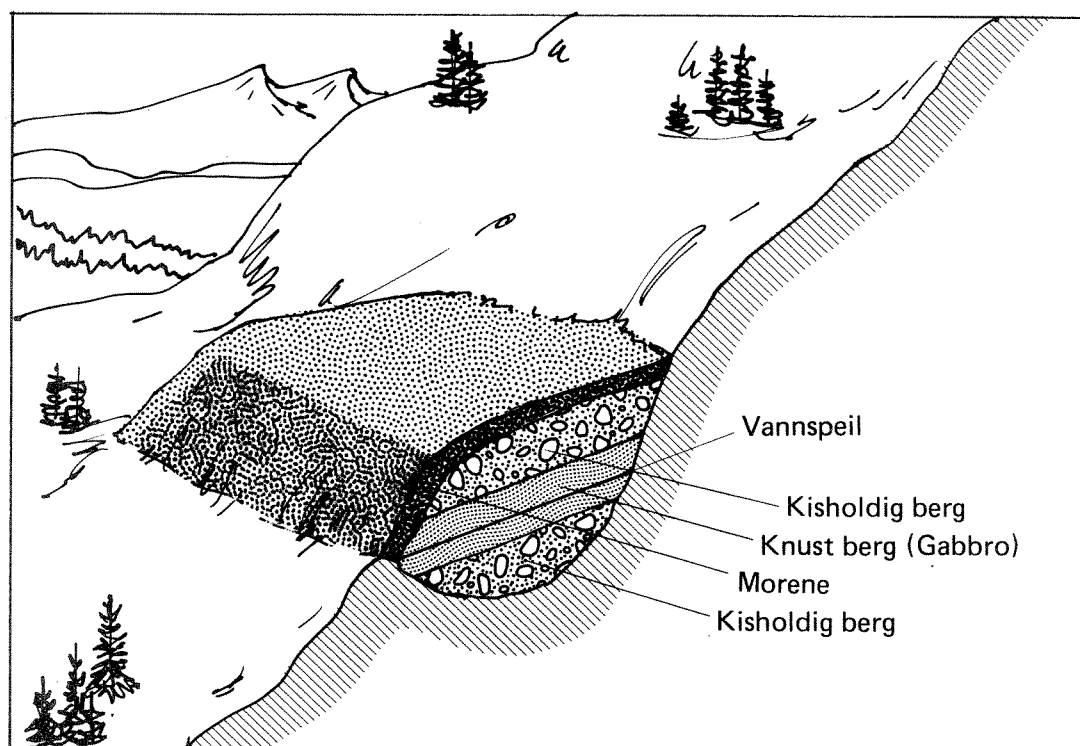


Fig. 6 Prinsipp for fylling av dagbrudd med gammelt veltegodts.

var gått ned fra 3 til 0,02-0,03 mg/l. Sinkkonsentrasjonen var nå ca. 1 mg/l. Dagbruddet ville være fullt i løpet av ca. 6 måneder. Det var da viktig å kjenne vannkvaliteten på det som ville komme i overløpet.

Ved oppfylling av dagbruddet var det meningen å legge et lag av rent "gråberg" i det området der vannstanden ville fluktuere. Dette skulle forhindre at deler av velten skulle vekselvis være fuktig og tørr, og

derved ha optimale forhold for forurensningsproduksjon (Fig. 6).

Gråbergveltene var delvis overdekket med et relativt tynt lag med morene. Dette hadde hatt liten effekt, og det foregikk en voldsom oksidasjon av sulfidene i velten. Dekksjiktet på veltene var tilsådd med gress de fleste steder, uten at det syntes som om det var av særlig betydning. I veltene var det lagt inn termofølere for å få et bedre datagrunnlag for vurdering av oksydasjonsforløpet i de forskjellige deler av veltene.

Equity Silver Mine ble karakterisert som det verste miljøproblem innen gruveindustrien i British Columbia. Selskapet hadde ingen alternativ til rensing av vannet. Utslipp av urensset vann ville medføre astronomiske erstatningskrav. Så lenge driften gikk med overskudd kunne man drive de omfattende miljøverntiltakene.

Det var derimot ingen planer om hva som skulle skje når driften ble nedlagt. Da ville i tillegg til gråbergvelter og dagbrudd også avgangsdeponiet bli et problem. For tiden foregikk deponeringen i en drenert dam. Avgangen inneholdt cyanid, og en forsuring kunne føre til store problemer.

Gruppen returnerte til Vancouver samme kveld.

23. oktober

Denne dagen besøkte Hald og Brøndbo "Mining Association of British Columbia" mens de øvrige medlemmer i gruppen fikk anledning til å fordøye de mange inntrykk man hadde fått i løpet av denne første uken.

24. og 25. oktober

Lørdag tok den norske del av gruppen buss til Seattle hvor vi leide bil og fortsatte mot øst i staten Washington. Etter overnatting i "Eplebyen" Wenatchee ved Columbia River ankom vi Spokane i staten Washington søndag kveld.

26. oktober

Besøket til U.S. Bureau of mines var avtalt med Eric Zahl, som var leder for den gruppen som arbeider med gruveforurensninger ved USBMs avdeling i Spokane.

Vi fikk først en innføring i organisatoriske forhold innen denne institusjonen.

U.S. Bureau of Mines er etter hvert blitt en forskningsinstitusjon som driver rådgivning til gruveindustrien. De uttaler seg også om utredninger og krav som pålegges gruveindustrien, f.eks. av miljøvernmyndighetene. Arbeidsmiljø og driftsmetoder for øket produktivitet hadde vært viktige oppgaver gjennom tidene.

Avdelingen i Spokane hadde nå, som en relativt ny oppgave, begynt å se på spredning av tungmetaller fra gruver, avgangsdeponier og gråbergvelter. EPA (Environmental Protection Agency) hadde laget en oversikt over miljøfarlig avfall som viste at gruver sto for ca. 39 % av dette. Problemer knyttet til avløp fra kullgruver arbeider avdelingen i Pittsburgh med. I Spokane var interessen først og fremst rettet mot tungmetaller.

De overordnede planer for arbeidet ble formulert i følgende nøkkelord:

Utlutningsforsøk: Isolering av forurensninger, transportmekanismer.

Feltverifisering: Beskrivelse av alle mekanismer som er bestemmende for forurensnings-transport i hvert enkelt tilfelle.

Prediksjonsmodeller: Rekonstruere påviste mekanismer i matematiske prediksjonsmodeller.

USBM hadde betydelige motforestillinger til at EPA nå ville gjennomføre et program som skal føre til konkrete krav til gruveindustrien. De mente at det vitenskapelige grunnlag for å formulere slike krav fortsatt var utilstrekkelig.

Det nåværende program som først og fremst hadde til hensikt å bygge opp kompetanse, hadde pågått i 2 år. Man mente at de eksisterende tester for å vurdere potensiell forurensningsfare og biologiske virkninger ikke var gode nok.

Arbeidet var basert på forsøk i vannmettede kolonner. Det var tatt ferskt materiale fra oppredningsverk og pakket i kolonnene, slik at de var vannmettet. Ved uttak av prøver for analyser erstattes vannet med nytt vann. Det ble arbeidet med to lengder kolonner, 1 fot og 4 fot. De kanadiske metoder for testing av evne til syredannelse ble sett på med skepsis.

I tillegg til laboratorieforsøk var man for tiden i ferd med å sette i

gang et feltforsøk. Dette prosjektet tar sikte på å beskrive oppløsning og transport av forurensninger i delvis vannmettede sjikt. Man var nettopp ferdig med å installere måleutstyr i et område ved en gammel gruve - Bunker Hill. Det var der lagt opp et avgangsdeponi i liten målestokk, og avgangen var undersøkt i laboratoriet på forhånd. Det ble inninstallert spesielt prøvetakingsutstyr som gjorde det mulig å ta uforstyrrede grunnvannsprøver. I området kom grunnvannet opp i dagen og rant videre gjennom avgangen. Det foregikk ingen hel-automatisk overvåking av vannkvalitet. Alt drensvann fra området ble samlet, og det var regelmessig prøvetaking for kjemiske analyser. pH var nå nede i ca. 4,6.

Etter at Randy Conolly hadde presentert den praktiske virksomheten, hadde vi en mer generell diskusjon rundt bordet. USBM mente at dersom EPAs nåværende krav til gruveindustrien skulle bli gjennomført, ville det bety slutten for en rekke gruver.

De såkalte "superfunds" som kan brukes for å rydde opp i gamle synder ble nevnt her også. For å finansiere slike fond legges det avgifter på industri o.l. i drift. Hensikten med dem er å kunne gå løs på områder der det i første omgang ikke finnes noen ansvarlige. Hvis det senere finnes noen som kan være ansvarlige - selv meget perifert - prøver man reise erstatningssaker mot dem. Prinsippet om "the deepest pockets" blir brukt. Myndighetene kan med utgangspunkt i superfond sette igang nødvendig arbeid når ingen i første omgang ser ut til å ha ansvaret. Erfaringer tyder på at arbeid utført i selskapenes regi, ble billigere enn tiltak satt i verk av det offentlige.

Et kongressvedtak gikk ut på at hver generasjon skulle rydde opp etter seg. I alt var ca. 900 områder utpekt som superfondområder, herav var 140 gruver. Det var sett på som dårlig PR for et distrikt at man hadde superfond-områder. Det ble blant annet nevnt at fra en gammel smeltehytte var det påvist betydelig spredning av bly. Resultatet var at barn i distriktet hadde fått hjernesker.

Som avslutning på samtalene i Spokane ble det fra svensk og norsk side gitt korte innlegg om gruveforurensninger og tiltak, med lysbilder og overhead plansjer.

27. oktober forlot gruppen Spokane med fly. Etter mellomlanding i Minneapolis landet vi i Pittsburgh om ettermiddagen. Som ellers gikk reisen greit, og selv om vi mistet 3 timer i tidsdifferanse, kom vi frem etter de oppsatte reiseplaner.

28. oktober 1987

Vi ble hentet på hotellet i Pittsburgh South Hills om morgenen av Patricia Erickson og Robert L. P. Kleinmann og kjørt til US Bureau of Mines i Pittsburgh. Her ventet en gruppe medarbeidere, og vi kom igang med "dagens program" med en gang.

Robert Kleinmann ga en orientering om US Bureau of Mines som institusjon. Det finnes 9 forskningssentre og 4 gruvesentre. Ca. 400 personer arbeidet ved senteret i Pittsburgh. De viktigste arbeidsfelter for dette senteret var arbeidsmiljø og sikkerhet. Det var bl.a. en stor avdeling som arbeidet med testing av sprengstoff.

Av forskningssentrene ble følgende nevnt spesielt:

The Twin Cities (Minneapolis/St.Pauls)	Helse og sikkerhet. Metallgruver
Denver	Bergmekanikk
Spokane	Western mining. Fast avfall. Nylig blitt involvert i arbeidet med vannforurensning.
Pittsburgh	Arbeider spesielt med kullgruve industri. (Se nedenfor.)

Ialt er innsatsen på feltet vannforurensning innen USBM liten - < 10 % av totalen idag. Det er ventet at dette vil stige til ca. 15-20 % i tiden fremover. Forøvrig er det en klar konkurranse mellom de enkelte forskningssentrene om forskningsmidler. På grunn av dårlige tider innen gruveindustrien var et forskningssenter nedlagt i løpet av den siste tiden.

Også her i Pittsburgh ble "Superfunds" nevnt. Bl. a. var krom og kadmium metaller som var særlig i søkelyset, og som kvalifiserte for myndighetenes inngripen.

Forskningssentrene samarbeider med industrien om omkostningene ved prosjekter. Det foregår også et visst samarbeid med EPA, bl.a. om superfondsaker. I slike sammenhenger er USBM bedriftenes advokat, og ønsker ikke å bli assosiert med dem som utferdiger pålegg om f.eks. tiltak. Man ønsket ikke å ha noen former for inspeksjonsoppgaver, men

nye regler og krav ble forelagt dem for uttalelse om de f.eks. er basert på fornuftige tekniske prinsipper.

Ved forskningssenteret i Pittsburgh arbeider ca. 25 personer med miljøvernssaker. De arbeider med:

Branner i nedlagte gruveområder
Surt gruvevann (AMD)
Prediksjon av surt vann

EPA som er den føderale myndighet innen miljøvern, har idag ikke tilstrekkelig kompetanse til å avgjøre hva som er de beste tiltak mot forurensninger. Clean Water Act setter grenser for utslipp, bl.a. fra gruver. Dette vil føre til at det blir nye regler for hvilke tiltak som skal gjennomføres. Foreløpig er det ikke vanskelig å oppfylle kravene for gruvene, men om et par år vil det bli store vanskeligheter.

Selv om EPA er en føderal myndighet, er det betydelige individuelle forskjeller i måten å praktisere regler på fra stat til stat.

Pat Erickson fortalte om avdelingens arbeid med prediksjonstester og modeller for oksidasjon av pyritt. Arbeidet var sterkt knyttet til avfall fra kullgruver der tungmetallproblemet er betydelig mindre enn ved våre metallgruver.

Den klassiske måten å legge opp avfallshaugene på er ideelle for oksidasjon av pyritt. Avdelingens arbeid har vist at det er klare forskjeller i pyrittens oksyderbarhet. De regnet med at reaksjonshastigheten økte med en faktor på ca. 100 når det inngikk bakteriologiske reaksjoner ved oksidasjonen. Derfor har de gjort forsøk med baktericider for å bremse oksidasjonen. I noen avfall fra kullgruver har dette hatt en effekt. I avfall fra metallgruver ser det ut til at effekten er mindre.

Vannets rolle i oksydasjonsprosessen er:

Reaktant - kilde for H^+ -ioner.
Medium for bakterier.
Transport av reaksjonsprodukter.

Oksydasjonsprosessen kan påvirkes ved å:

Skape fullstendig tørre forhold
Endre dreneringsmønster.

Tilgang på oksygen påvirker oksidasjonsforløpet i avgjørende grad ved at oksygen er:

Reaktant for oksidasjon av Fe^{++}
 Reaktant for oksidasjon av FeS_2
 Nødvendig for bakterienes respirasjon

Forurensningsproduksjonen påvirkes ved å begrense tilgangen på oksygen. Det kan enten gjøres ved å tilføre oksygenforbrukende stoffer eller ved bruk av diffusjonsbarrierer.

Det har vært utført en del forsøksboringer for å se på potensialet for syreproduksjon. Resultatene av slike undersøkelser tolkes oftest svært forskjellige i ulike fagmiljøer.

Det har vært mange forskjellige måter å tolke prediksjonstester på. En sammenstilling av undersøkelser, som bl.a. var gjort av Keith Ferguson, tydet på at et ganske beskjedent baseunderskudd i avfallet kunne føre til surt vann. Anvendelse og presentasjon av slike tester er relativt grundig beskrevet i litteratur som vi fikk.

Det finnes antakelig ca. 40-50 forskjellige slike tester. Det er også laget modeller for beskrivelse av syreproduksjon, bl.a. av Harries & Ritchies (Australia), Twin Cities samt i Kanadiske forskningsmiljøer. I Pittsburgh var man såvidt startet med å utvikle en modell, men det var fortsatt langt igjen.

Oksygen diffunderer gjennom de fleste materialer. Derfor betraktet man også en del andre forhold som haugenes form og konsistens samt hydrologiske forhold viktige for forurensningsproduksjonen. Det ble vist til flere tilfeller der overdekking ikke hadde gitt ønskede resultater, uten at det kunne påvises noen grunn.

Ved et besøk i laboratoriene fikk vi demonstrert en interessant metode for å bestemme reaktiviteten av pyritt. Metoden var basert på å måle damptrykk ved forskjellige temperaturer. Man hadde også tatt i bruk en røntgenteknikk (XPC-spektroskopi) som først og fremst beskrev strukturen i stoffenes overflater - 1-2 molekylers tykkelse.

Man var igang med et større program der bl.a. Keith Ferguson sendte inn prøver for undersøkelser.

Terry Aquin snakket om rensing av surt vann ved nøytralisasjon med kalk. I Pittsburgh hadde man utviklet en spesiell reaktor for innblanding av kalk og flokkulering. Denne reaktoren (ILS) ble beskrevet som meget effektiv, samtidig som den var enkel og driftsikker. Man fikk en simultan nøytralisasjon og oksidasjon av jern. Den drivende kraft i reaktoren var en vannpumpe. Modellen vi fikk beskrevet, var ca. 8 fot lang og rørformet, og hadde vært i drift bl.a. under jord med godt resultat.

En mer detaljert beskrivelse av bruk av baktericider for bekjempelse av gruveforurensninger var betydelig mer nøktern enn de beskrivelser vi hadde fått annenhånds om slike metoder. Man hadde tydeligvis arbeidet mye med dette, og det var utviklet spesielle produkter som var særlig godt egnet for formålet. Det var særlig Natrium Laurylsulfat (SLS) som hadde vist seg å ha effekt. Det er imidlertid lett løselig, og effekten var kortvarig.

Også andre midler som bensoat ga effekter, men problemene var omtrent de samme. Ved å produsere tungtoppløselige pellets som avga aktivt stoff over lengre tid, kunne effektene i forhold til utgifter forbedres. Slike pellets var nå tilgjengelig fra et kommersielt firma.

Konklusjonen idag er at baktericider har dårlig effekt på sterkt oksidert avfall.

Til slutt fikk vi en introduksjon til et forholdsvis nytt arbeidsfelt for USBM i Pittsburgh: Rensing av gruvevann ved bruk av våtmark. Det var konstatert at når man ledet forurenset vann ut i myrområder fikk man en vesentlig forbedring av vannkvaliteten. Erfaringene var noe blandet ved ukritisk bruk av slike metoder for rensning av avløpsvann. Renseeffekten henger antakelig sammen med at våtmarksområdene tjener som medium for mikroorganismer.

Mange steder er denne teknikken tatt i bruk, og den fungerer fortsatt bra. Resultatene var dårlige dersom pH i vannet var under 3. Likeledes er det en forutsetning at den hydrauliske belastningen ikke er for høy (50-100 l/min). For å heve pH har man enkelte steder benyttet kalkstein. For tiden gjorde man undersøkelser på ionebytterkapasiteten i torv, med tanke på å brenne torven etter bruk.

Det har vist seg at planter kan tåle ganske høye konsentrasjoner av tungmetaller. Det er derfor stor interesse for å arbeide videre med forskjellige aspekter ved biologisk behandling av gruveavløp. Problemet var at teknologi og praktisk anvendelse av forsknings-

resultater gikk raskere frem enn forskningen selv. Det var derfor behov for betydelig innsats på dette feltet.

29. oktober 1987 reiste vi videre fra Pittsburgh over Toronto til Sudbury med fly. Av den svenske gruppen deltok bare Lars-Åke Lindahl ved besøket i Sudbury.

30. oktober var avsatt til et besøk til Falconbridge Limited i Sudbury-området.

Vår hovedkontakt på forhånd hadde vært Bob Michelutti som sammen med George B. Reed, Mark E. Wiseman og Albert G. Cecutti møtte oss ved ankomsten.

Vi fikk først en beskrivelse av bedriftens forurensningsproblemer. Falconbridge hadde to gruvesentre med oppredningsverk i området. I tillegg hadde de en smeltehytte i Falconbridge. Alt Falconbridge produserte i Sudbury-området var nikkelmatte (32% Ni) som i sin helhet ble sendt til Kristiansand for videre- foredling.

Etter lunsj fikk vi en omvisning i de to gruveområdene Falconbridge og Strathcona.

Falconbridge

Gamle bergvelter og avgangsdeponier var store problemer i Falconbridge, hvor virksomheten hadde pågått siden århundreskiftet. Man hadde et system av dammer som fanget opp det meste av sur avrenning. I den første dammen ble alt jern oksidert fullstendig. Oksidasjonen var viktig for videre behandling, og om vinteren var det problemer med å få den til å gå godt. Vannet ble nøytralisert med kalkstein, og etter sedimentering ble det pumpet til smeltehytten for granulering av slagg.

Tidligere hadde myndighetene bare forlangt revegetering av gammelt avfall. Det hadde vist seg at slike tiltak hadde liten effekt på produksjon av forurensninger. Rent visuelt ble imidlertid resultatet lett bra. En tidligere avgangsdam var gjort om til en park, men den produserte fortsatt store mengder forurensninger.

Den siste avgangsdammen som var tatt i bruk, var anlagt i et stort myrområdet. Dette hadde vist seg å være gunstig. Det var etablert en betydelig bestand av våtmarksvegetasjon. Både visuelt og med hensyn på vannkvalitet hadde dette hatt positiv virkning. Om vinteren hadde man problemer med å holde den fastlagte grense på 1 mg Nikkel/l. Om

sommeren var det derimot små problemer. Andre metaller, f.eks. kopper, var det ikke problemer med. De ble felt ut sammen med jern. Konsentrasjon av thiosalter inn i oksydasjonsdammen var 325 ppm, mens utgående vann holdt ca. 25 ppm.

Falconbridge Ltd. har gjort mange forsøk med tildekking av avgangsdeponier med materialer som forbruker oksygen, f.eks. slam fra kommunale renseanlegg, husholdningsavfall, våt sagflis etc. Det har vært relativt lett å etablere vekst av høyere planter - f.eks. bjerk eller poppel - på slik overdekking. Man hadde også forsøkt med avfall som inneholder fiber, kalsiumkarbonat og kalsium hydroksid fra cellulosefabrikker. Det var anlagt flere store forsøksfelter for å se effekten av de forskjellige overdekkingsmaterialene. Ved forsøkene med overdekking hadde det vist seg at kloakkslam eller sagflis ga de beste resultatene. Konsentrasjonen av nikkel i avløpet ble da redusert fra ca. 20-25 000 ppm Ni til ca. 2 ppm nikkel.

Man hadde også arbeidet med å hindre oksidasjon ved å gripe inn med kjemikalier, først og fremst baktericider. Disse hadde bare gitt liten, men målbar effekt. Noe bedre hadde resultatene vært med CaPO_4 / Apatitt. Dette blokkerer oksidasjonen av toverdig jern til treverdig.

Det hadde vist seg at magnetkis var meget reaktivt. I noe av avgangen kunne man ha ca. 1 % svovel bundet som magnetkis. Denne avgangen skapte fort forurensningsproblemer. Ved uttørring om sommeren hadde det forekommet at den hadde begynt å brenne ved selvantennelse. Når avgangen var vannmettet og finfraksjonen ble lagt på toppen, var det ikke vanskelig å få planter til å gro. Det foregikk tilbakefyllingsdrift i gruva, og bare 50 % av avfallet ble deponert i dammer.

På litt lengre sikt så man på muligheten for å pumpe alt dreinsvann til et system av dammer som hadde tilstrekkelig kapasitet i flomperioder. Avløpet kunne så renses i et fellingsanlegg. Et problem i området var at veier og jernbanefyllinger i stor grad bestod av svovelholdige masser. Dels kunne det bli aktuelt å kjøre dette til oppredningsverket, dels hadde man allerede drevet med kalking direkte på jernbanefyllingene. Tap av konsentrat ved transport prøvde man nå å begrense.

Deponering av avgang under vann ble sett på som en utmerket løsning.

Gruvevirksomheten i selve Falconbridge ville bli nedlagt i 1988.

Strathcona

I Strathcona var det et renseanlegg, som benyttet natriumhydroksid ved nøytralisering og felling av tungmetaller i gruvevannet. Påsetting i oppredningsverket var ca. 9000 tonn pr. døgn.

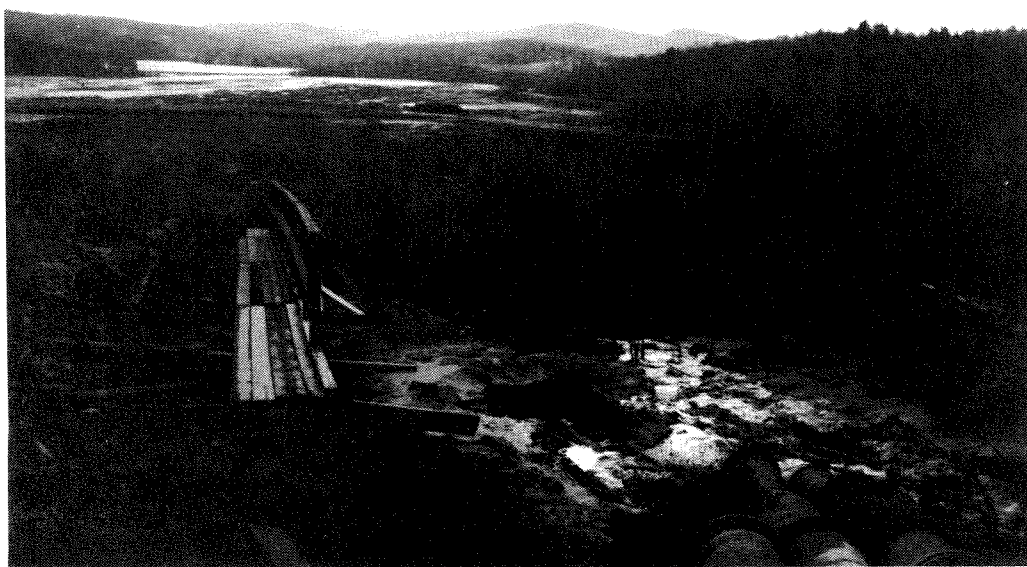


Fig. 7. Utslipp av avgang fra oppredningsverket i Strathcona.

Bedriftens største utslipp av avgang foregikk i Strathcona. Avgangen ble sluppet ut i et stort system av innsjøer - Moose Lake. Til samme innsjø hadde INCOs oppredningsverk i området utslipp. Det var også tilsig av surt vann til Moose Lake, slik at pH var ca. 3 og nikkelinholdet var 3 ppm ved utløpet. Her ble vannet nøytralisert med kalkstein. Etter nøytralisasjon ble slammet utfelt i en liten innsjø nedenfor. Det var ikke merket problemer med forsuring lengre ned i vassdraget. En stor del av det rensede vannet ble resirkulert til oppredningsverket.

Det var påvist at en del nikkel ble fjernet fra systemet, antakelig ved en bakteriell prosess. Dette var under undersøkelse av forskere i universitetsmiljø. De tok særlig sikte på å finne hva som var begrensende faktorer for prosessen.



Fig. 8. Kalking av utløpet fra Moose Lake, Strathcona.

3. KONKLUSJON

Studiereisen i Canada og USA i oktober 1987 var i alle deler vellykket. Vi ble møtt med åpenhet, vilje til kommunikasjon og interesse alle steder. Firmaer og institusjoner som vi besøkte, hadde gjort alt for at vi skulle få den kontakt vi ønsket oss. Derfor ble turen som ellers kunne blitt både hektisk og anstrengende, hyggelig og informativ.

Selve reisen var lang, og det var mange bytte av fly. Likevel hadde vi ingen forsinkelser av betydning, og det planlagte program ble gjennomført til punkt og prikke.

Det var en stor fordel for den enkelte at gruppen hadde en bred sammensetning med representanter for bergverk, myndigheter (svenske) og forskning. Derved ble mange sider av vannforurensning fra gruver belyst ved de mange diskusjoner vi hadde både under besøkene og innen gruppen ellers.

Den informasjon vi fikk under reisen viser at man også i Canada og USA har mange uløste forurensningsproblemer innen bergverksindustri.

Særlig med nedlagte gruver var situasjonen på mange måter den samme der som i de nordiske land. Det svenske "Bersbo-prosjektet" som ble presentert flere steder underveis, vakte stor interesse, og det kan se ut som dette er noe av det mest avanserte i sitt slag.

Det var likevel imponerende å se hvordan noen av de gruvene vi besøkte hadde løst sine problemer under drift. Dette var forholdsvis nye gruver som ga gode inntekter. Der fant man store og veldrevne renseanlegg, og vi møtte meget velorienterte medarbeidere som hadde ansvar for miljøvernarbeidet. Man hadde også velbegrunnede planer for det videre arbeid ved disse gruvene. Konkrete langsiktige planer for tiltak ved eventuell nedleggelse fantes imidlertid ikke.

Vår presentasjon av avgangsdeponering under vann, som man i Norge har praktisert i mange år, vakte stor interesse. Det var stort sett enighet om at dette under gitte betingelser var en meget gunstig måte å hindre forurensning fra slike deponier. Avgangsdeponering ga ut fra gruppens vurdering problemer ved alle de gruver vi besøkte. Ved gruvene i British Columbia var disse problemene under kontroll nå mens gruvene var i drift. Ved nedleggelse vil deponiene kunne gi betydelige problemer. Ved Falconbridges anlegg i Strathcona er store innsjøer influert av avgangsutslippene og etter nordisk målestokk var det betydelige miljøskader. Med de enorme arealer som er til disposisjon i Canada ser man antakelig noe annerledes på slik virksomhet.

En samlet vurdering av reisen viser at det er mange felles trekk ved gruveforurensninger i Canada/USA og Norden. Derfor vil det være nyttig å utvikle de kontakter som ble etablert. Andre som ønsker å skaffe seg førstehånds kunnskap om tiltak mot gruveforurensninger anbefales å besøke en eller flere av bedriftene vi besøkte i Canada.

Av de institusjonene vi besøkte forøvrig kan Environment Canada i Vancouver og US Bureau of Mines i Pittsburg anbefales. Begge steder var man meget godt orientert om dannelse og virkninger av surt gruvevann, og de arbeidsprogram vi fikk referert var rettet mot problemstillinger som er av stor betydning også her i landet.

Alle steder fikk vi informasjon i form av utredninger og publikasjoner. Vedlagt følger en litteraturliste. Kopi av artikler kan skaffes ved henvendelse til reisens deltakere.

VEDLEGG 1

STUDIEREISE TIL USA OG CANADA 19. OKTOBER - 1. NOVEMBER 1987

Deltakere, hvem vi møtte og mottatt litteratur

Deltakere:

Niels Chr. Hald	Bergverkenes Landssammenslutning
Knut Brøndbo	Løkken Gruber A.S & Co
Rolf Tore Arnesen	Norsk institutt for vannforskning
Eigil R. Iversen	Norsk institutt for vannforskning
Tom Lundgren	Statens geotekniske institut
Björn Södermark	Statens naturvårdsverk
Lars-Åke Lindahl	Statens naturvårdsverk

Tirsdag 20. oktober formiddag - Vancouver, Canada
Møte Klohn Leonoff, 10180 Shellbridge Way

Tilstede:

Hele reiseselskapet	
Peter C. Lighthall	Klohn Leonoff
Clem A. Pelletier	Rescan
Steve Rice	Klohn Leonoff (presentert)

Mottatt materiale:

V.K. Garga, H.R. Smith and J.M. Scharer:
Abandonment of Acid Generating Mine Tailings

Tirsdag 20. oktober ettermiddag
Møte Environment Canada - Kapilano 100 - Park Royal

Tilstede:

Hele reiseselskapet	
Keith Ferguson	Environment Canada
Darcey Goyette	Environment Canada
Peter C. Lighthall	
Flere andre knyttet til Environment Canada	

Mottatt materiale:

D. Goyette and P. Christie:
 Environmental Studies in Alice Arm and
 Hastings Arm, British Columbia
 Part I: Baseline Studies
 AMAX/Kitsault Mine - Sediment and Tissue
 Trace Metals from two Abandoned Mine Sites - B.C.

J.C. Errington and K.D. Ferguson:
 Acid Mine Drainage in British Columbia Today
 and Tomorrow

K.D. Ferguson and P.E. Mehling:
 Acid Mine Drainage in B.C.
 The Problem and Search for solutions (Sept. 1986)

K.D. Ferguson:
 Static and Kinetic Methods to Predict Acid Mine Drainage
 (July 1985)

K.D. Ferguson and P.M. Erickson:
 Will it Generate AMD?
 An Overview of Methods to Predict Acid Mine Drainage

K.D. Ferguson and J.C. Errington:
 Planning for Acid Mine Drainage

K.D. Ferguson:
 The Geochemistry of Westmin Resources Ltd.
 Myra Creek Mine Tailings
 A Preliminary Investigation (June 1986)

Mottatt fra Environment Canada i desember -87.

Canadian URANIUM Mill Waste Disposal
 Technology.
 Steffen Robertson & Kirsten (B.C.) Inc.
 in association with
 Melis Consulting Engineers Ltd.

Summary of RATS-Projects (Reactive Acidic
 Tailings) pr. 1. april 1987

Selection and Ranking of the Tailings and
Waste Rock Impoundment Sites
Prepared for: City Resources(Canada) Ltd.
by Steffen Robertson & Kirsten (B.C.) Inc.
in association with
Norecol Environmental Consultants Ltd.
Vancouver, B.C. July 1987

BC AMD TASK FORCE STATE OF THE ART REVIEW
QUESTIONARE.
Spørreskjema for registrering av vesentlige egen-
skaper for avgangsdeponier i sammenheng med
miljøverntiltak.

Onsdag 21. oktober hele dagen
Befaring til Westmin Resources Ltd. - Myra Creek Mine
Cambell River - Vancouver Island - B.C.

Deltakere:
Hele reiseselskapet
Peter C. Lighthall

Kontaktperson:
Rudy van Dyke Westmin Resources Ltd.

Torsdag 22. oktober hele dagen
Befaring til Equity Silver Mines Ltd.,
Houston, British Columbia

Deltakere:
Hele reiseselskapet
Steve Rice Klohn Leonoff

Kontaktperson:
J.P (Peter) Neilans Equity Silver Mines Ltd.

Fredag 23. oktober
Møte Mining Association of British Columbia

Deltakere:
Niels Chr. Hald
Knut Brøndbo
T.M. Waterland Mining Association of B.C.
T. Johnson Mining Association of B.C.

Mottatt materiale:

Mining in British Columbia 1986. (Årsberetning)

Mining Association of B.C. (Infobrosjyre)

Mines Act, chptr. 28. (bl.a. om "Reclamation of Surface" og "Reclamation Advisory Committy")

Mines Regulation av 30. june 1983 (bl.a. om "Reclamation")

Currie, Coopers and Lybrand - CIM&M 87th annual general meeting:

Effectively guiding your Company through the B.C. Government Mining Review Process. (22. april 1985)

Monenco Ltd., Cominco Ltd., Inco Ltd. and Noranda Inc.:

Sulphide Tailings Management Study (22. june 1984)

Memorandum v/ The Mining Association of Quibec: RATS project (Reactive Acid Tailings).

J.C. Errington:

An Overview of Mine Reclamation in B.C.

Anonym:

A guide to the Permits, Licences and Approvals Administered by the Ministry of Environment

J.K. Tailor:

"Gibraltar's Moat" - Reclaiming Acid Mine Drainage at Gibraltar Mines

The Mine Development Review Process (MDRP) - an Overview. (September 1986)

Utha Mines:

Terms of Reference for B.C. AMD Task Force (23. oct. 1987)

Procedures for Arranging Security Deposit (19. june 1987) - Reclamation Fund)

J.H. Dick:

B.C.'s Mine Development Review Process:

A Decade of Trial and Evolution in Environmental
Impact Assessment

(MINING AND THE ENVIRONMENT - BRISBANE, AUSTRALIA
July 20. and 21. 1987)

Myndigheter og organisasjoner i British Columbia:

Mine Reclamation Symposium 1983, 1984, 1985

(Innholdsfortegnelser for proceedings)

Mine Reclamation Symposium 1987 (Proceedings)

Proceedings Cranbrook, British Columbia

Sept. 8-11, 1987:

Flow-Through Rock Drains

Lørdag 24. oktober - Søndag 25. oktober

Transport fra Vancouver B.C. til Spokane Wash.

Strekningen Vancouver - Seattle: Buss

Strekningen Seattle - Wenatchee: Leiebil

Strekningen Wenatchee - Spokane: Leiebil

Mandag 26. oktober

Møte U.S. Bureau of Mines Research Center, Spokane

Tilstede:

Hele reiseselskapet

Eric Zahl U.S. Bureau of Mines

R.R. Backer U.S. Bureau of Mines

L. Boldt U.S. Bureau of Mines

Flere medarbeidere i U.S. Bureau of Mines i Spokane

Mottatt materiale:

Spokane Research Center (Info-brosjyre)

Tirsdag 27. oktober

Transport Spokane - Minneapolis - Pittsburgh

Onsdag 28. oktober

Møte U.S. Bureau of Mines - Pittsburgh

Tilstede:

Hele reiseselskapet

R.L.P. Kleinmann U.S. Bureau of Mines

P. M. Erickson U.S. Bureau of Mines

Mottatt materiale

Mottok en rekke publikasjoner og brosjyrer som ettersendes.

I tillegg

R.L.P. Kleinmann:

A Biological Alternative to Conventional AMD Treatment

U.S. Dep. of the Int. Bureau of Mines:

Research Program FY87 - Pittsburgh Res. Center

U.S. Dep. of the Int. Bureau of Mines - Pittsburgh
res. center:

Mining Equipment Test Facility

U.S. Department of the Interior - The Bureau of Mines
(Info-Brosjyre)

Bureau of Mines - U.S. DEp. of the Int.
Pittsburgh Research Center (Info brosjyre)

Organisasjonsplaner etc.

R.L.P. Kleinmann and P.M. Erickson:

Control of Acid Mine Drainage:

An Overview of Recent Developments

G.R. Watzlaf:

Control of Acid Drainage from Mine Wastes Using Bacterial
Inhibitors

R.L.P. Kleinmann and M.A. Girts:

Acid Mine Water Treatment in Wetlands:

An Overview of an Emergent Technology

U.S. Dept. of the Int. Bureau of Mines:

Technical Highlights:

Health and Safety Research 1970 - 80

Torsdag 29. oktober

Transport - fly: Pittsburgh - Toronto - Sudbury

Fredag 30. oktober

Besøk Falconbridges virksomheter i Sudbury-området

Tilstede:

Niels Chr. Hald

Knut Brøndbo

Rolf T. Arnesen

Eigil R. Iversen

Lars-Åke Lundahl

G.B. Reed

Falconbridge Ltd.

R.E. Michelutti

Falconbridge Ltd.

M. E. Wiseman

Falconbridge Ltd.

A. G. Cecutti

Falconbridge Ltd.

Mottatt materiale:

R.E. Michelutti:

Reclamation Programs and Research at Falconbridge Limited's Sudbury Operations.

G.H. Kaiura, R.M. Michelutti and M.E. Wiseman:

Sulphur Dioxide Abatement at Falconbridge Limited and Resulting Environmental Improvements in the Sudbury Area

F.G. Ferris, W.S. Fyfe and T.J. Beveridge:

Bacteria as Nucleation Sites for Authigenic Minerals in a Metal-contaminated Lake Sediment

R.E. Michelutti:

How to Establish Vegetation on High Iron-Sulphur Mine Tailings

Anonym:

Review of Current Falconbridge Ltd. Waste Rock Reclamation Research

Lørdag 31. oktober og søndag 1. november

Retur Sudbury - Toronto - London - Oslo