Svalbard
Undersøkelse av forurensede lokaliteter

Longyearbyen I

984096-1 14 januar 1999

Oppdragsgiver: **Store Norske Spitsbergen Kullkompani**

Kontaktperson: Atle Fornes
Kontraktreferanse: Telefaks 1998-07-28

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: Jan Erik Sørlie

Rapport utarbeidet av: Gijs Breedveld
Martin Skedsmo
Reidar Otter

Kontrollert av: Audun Hauge

Postal address:	P. O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY	Telephone:	(+47) 22 02 30 00	Postal account:	0814 51 60643
Street address:	Sognsveien 72, OSLO	Telefax:	(+47) 22 23 04 48	Bank account:	5096.05 01281
Internet:	http://www.ngi.no	e -mail:	ngi@ngi.no	Business No.:	958 254 318 MVA

BS EN ISO 9001, Certified by BSI, Registration No. FS 32989

048. Bra-Trykk AS

Sammendrag

På bakgrunn av SFTs kartlegging av forurenset grunn, deponier og etterlatenskaper på Svalbard, har Norges Geotekniske Institutt på oppdrag fra Store Norske Spitsbergen Kullkompani A/S, gjennomført avklarende undersøkelser på 8 lokaliteter i Longyearbyen.

Feltarbeidene ble utført i løpet av første halvdel av august, og analysearbeidene fortsatte til medio september. Undersøkelsesprogrammet besto av sjakting og skovlboring i det aktive laget med prøvetaking av jord og sigevann. Analyseprogrammet omfattet tungmetaller, PAH, PCB, BTEX og hydrokarboner.

Det generelle forurensningsnivået ved de undersøkte fyllingene er begrenset. Resultatene fra de avklarende undersøkelsene viser at på 6 lokaliteter er sur avrenning hovedforurensningen. Avrenningen karakteriseres av en lav pH (< 4,5) og høyt innhold av tungmetaller, jern, aluminium og sulfat. Nikkel, kobber og sink er de dominerende tungmetaller i sigevannet. Jord og sedimentprøver viste i enkelte tilfeller et sterkt forhøyet innhold av arsen. Sur avrenning medfører skader på vegetasjon umiddelbart nedstrøms fyllingene.

Ingen klororganiske forbindelser (PCB) har blitt påvist i de tidligere fyllingsområdene. Det ble påvist olje og spor av PAH i den gamle fyllingen langs Adventfjorden. Fyllingen ved museet viste forhøyet innhold av enkelte tungmetaller.

Kullstøvet som er tilstede i alle prøver inneholder noe PAH. Det er imidlertid sannsynlig at disse kullstøv PAH er så sterkt bundet i kullstøvet at de ikke er tilgjengelig for opptak i næringskjeden.

Basert på resultatene fra de avklarende undersøkelsene anbefales å utføre supplerende undersøkelser på tre lokaliteter:

1. Gruve 1B (lok. nr. 2110014), for å avklare omfang av tungmetalltransport
2. Gruve 3 (2110022), for å avklare omfang av tungmetalltransport
3. Gammel fylling (2110032), installasjon av overvåkingsbrønner og igangsetting av analyseprogram for organiske forbindelser

048. Bra-Trykk AS

Innhold

1 INNLEDNING 4
1.1 Bakgrunn 4
1.2 Formålet med undersøkelsen 5

2 BAKGRUNNSINFORMASJON 5
2.1 Klima 5
2.2 Hydrogeologiske prosesser og forurensningstransport 5
2.3 Geokjemiske prosesser 7
2.4 Bakgrunns-og grense/normverdier 7
2.5 Generell forurensning fra kull og kullstøv 9

3 UNDERSØKELSER OG VURDERING 11
3.1 Generelt 11
3.2 Gruve 1b (lok. nr. 2110014) 13
3.3 Gruve 3 (lok. nr. 2110022) 16
3.4 Gruve 3, tipp 3, Bjørndalen (lok. nr. 2110024) 18
3.5 Gruve 7 (lok. nr. 2110031) 21
3.6 Gammel fylling (lok. nr. 2110032) 24
3.7 Fylling ved museet (lok. nr. 2110034) 26
3.8 Polarhotellet (lok. nr. 2110039) 29
3.9 Oppredningsverk (lok. nr. 2110041) 32

4 KONKLUSJON 36

5 REFERANSER 37

Bilag:

Vedlegg A Bilder fra lokalitetene
Vedlegg B Analyseresultater vannprøver
Vedlegg C Analyseresultater jord- og sedimentprøver
Vedlegg D Analysemetoder

Kontroll- og referanseside

048. Bra-Trykk AS

1 INNLEDNING

Sysselmannen på Svalbard har på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn gjennomførte en kartlegging av forurenset grunn, deponier og diverse etterlatenskaper på Svalbard. Kartleggingen var basert på tilgjengelig informasjon og befaring. Lokalitetene ble gitt rang etter hvor høyt de bør prioriteres for nærmere undersøkelser og eventuelle tiltak, (SFT, 1998).

På bakgrunn av dette har Store Norske Spitsbergen Kullkompani A/S, Kings Bay A/S (Ny Ålesund) og Samfunnsdrift Svalbard A/S (Longyearbyen) og Sysselmannen på vegne av Trust Artikuogul (lokalitetene i Barentsburg og Pyramiden), tatt ut lokalitetene med hovedsaklig rang 1 og 2 for videre undersøkelser. Dette undersøkelsesprogrammet er kalt Fase 2.

1.1 Bakgrunn

Denne rapporten beskriver avklarende undersøkelser utført på følgende lokaliteter som er registrert i SFTs database over deponier og forurenset grunn:

Tabell 1 Oversikt over undersøkte lokaliteter og SFTs rangering

Lok. nr.	Lokalitetsnavn	Rang	Fylling	Forurenset grunn	Etter-latenskap
2110014	Gruve 1b	2	x		x
2110022	Gruve 3	2	x		x
2110024	Gruve 3, tipp 3, Bjørndalen	2	x		
2110031	Gruve 7	2	x		
2110032	Gammel fylling	1	x		
2110034	Fylling ved museet	2	x		
2110039	Polarhotellet	1	x		
2110041	Oppredningsverk	2	x		

Følgende rapporter er utarbeidet i denne undersøkelsesrunden på Svalbard:

984096-1 Undersøkelse av forurensede lokaliteter
Longyearbyen I
Utarbeidet for Store Norske Spitsbergen Kulkompani

984096-2 Undersøkelse av forurensede lokaliteter
Longyearbyen II
Utarbeidet for Svalbard Samfunnsdrift

984096-3 Undersøkelse av forurensede lokaliteter
Ny Ålesund
Utarbeidet for Kings Bay AS

984096-4 Undersøkelse av forurensede lokaliteter
Pyramiden og Barentsburg
Utarbeidet for Sysselmannen på Svalbard

048. Bra-Trykk AS

1.2 Formålet med undersøkelsen

Formålet med undersøkelsen er å skaffe tilveie et grunnlagsmateriale for å kunne vurdere behov for videre undersøkelsene og utarbeide anslag for de økonomiske konsekvenser (SNSK og KB, 1998).

Undersøkelsesprogrammet skal avdekke følgende forhold:

- Forekomst av forurensede komponenter på og omkring utvalgte lokaliteter
- Spredning av forurensning fra gamle kontra nyere lokaliteter
- Vanntransportens betydning for spredning av forurensning
- Effekt av permafrost på spredning av forurensning
- Økonomiske konsekvenser ved videre undersøkelser

2 BAKGRUNNSINFORMASJON

2.1 Klima

Det tundra/ arktiske miljøet på Svalbard innebærer lite nedbør og er klassifisert som halvarid og med meget lav midlere årstemperatur, ca. -5°C. Dette bidrar til et tørt og kaldt klima. Middeltemperaturen i de varmeste månedene (juni til september) varierer mellom 4 til 6°C. Kaldeste månedsmiddel har februar med -16°C.

Årlig normalnedbør er 206 mm (Longyearbyen), dvs. lavere enn det man har i de tørreste distriktene i fastlands-Norge. Det er mest nedbør (snø) i perioden november og mars og minst i perioden april til oktober. Nedbøren kommer vanligvis som lett snøfall, regn eller yr. Det er et stort antall dager med 0,1-1 mm nedbør.

2.2 Hydrogeologiske prosesser og forurensningstransport

Hydrogeologiske prosesser og mekanismer i permafrostområder er helt spesiell og foregår hovedsakelig i to hovedsoner:

1. Den aktive sonen ned til permafrost.
2. Subpermafrostsonen som omfatter geologien/akviferen under permafrostlaget.

Disse to soner er adskilt med et permafrostlag som kan ha en mektighet fra nærmest null til noen hundre meter.

Den aktive sonen er frosset om vinteren, men når midlere månedstemperatur går over 0° C fra slutten av mai til slutten av august, vil denne sonen tine. Dette medfører en årlig hydrologisk syklus som kan beskrives i 4 perioder: Snøakkumulering om vinteren, snøsmelting sent på våren, sommertining og

048. Bra-Trykk AS

høstinnfrysing av det aktive laget. Dette bidrar til følgende forhold som påvirker grunnvannsstrømning og dermed forurensningstransporten i det aktive laget:

1. *Vinter* Hele det aktive laget er frosset og det foregår ingen eller ubetydelig vannstrømning.
2. *Vår* Snøsmelting og vannstrømning i den øvre delen av det aktive laget.
3. *Sommer* Vannstrømning i den nedre delen av det aktive laget.
4. *Høst* Øvre lag fryser, og det foregår fortsatt vanntransport i den nederste delen av den aktive sonen (mellom det øvre laget og permafrosten.

Snøsmeltingsperioden, som er overgangen mellom vinter og sommer, er den dominerende hydrologiske hendelsen i løpet av året. Den korte tineperioden begynner i slutten av mai, og det meste av snøsmeltingen er ferdig innen 2 til 3 uker. Dette bidrar til en intens avrenning, samtidig som infiltrasjonen er begrenset på grunn av ufullstendig tining i det aktive laget. Den korte sommeren varer ut august, og resulterer i 2 til 3 måneder med tining. Tineprosessen, som øker tykkelsen på det aktive laget, pågår hele sommeren, men avtar sterkt mot slutten. I løpet av innfrysingsperioden, overgangen mellom sommer og vinter, fryser jordoverflaten, og telefronten beveger seg nedover og permafrosten oppover. Dette begrenser infiltrasjonen, men det vil fortsatt foregå grunnvannstransport i denne korte overgangsperioden.

Grunnforholdene ved de fleste lokalitene består av morene og/ eller skredmasser, mer eller mindre forvitret (mekanisk). Løsmassene er derfor hovedsakelig velgraderte med et høyt innhold av silt og leire. Dette bidrar til at infiltrasjons-kapasiteten er lav og at permeabiliteten er liten. Sammenstilles dette med den korte perioden hvor det aktive laget kan mates, vil den totale årlige mengden av grunnvannsstrømningen (fluksen) være liten i forhold til tempererte forhold.

Dette bidrar også til at forurensningstransporten er vesentlig mindre enn hva som foregår på fastlandet. Med en gitt forurensningskonsentrasjon i grunnvannet, blir transporten av forurensningsmengden liten på grunn av at små mengder grunnvann beveger seg kun tre til fire måneder i året.

I tillegg medfører de lavere temperaturene på Svalbard at for eksempel løse-ligheten av oljeforbindelser reduseres og adsorpsjonsegenskapene av de fleste organiske forbindelser øker. Dette bidrar til å forsinke og redusere transporten av forurensning med grunnvannet. Hastigheten av biologisk nedbrytning blir imidlertid redusert ved lavere temperaturer.

048. Bra-Trykk AS

2.3 Geokjemiske prosesser

Det tørre og kalde klimaet på Svalbard bidrar til at naturlige geokjemiske prosesser er sterkt redusert i forhold til det vi er kjent med fra fuktigere og varmere områder, som for eksempel fra sentrale deler av Norge. Nedbrytning av sedimenter og bergarter foregår hovedsakelig ved mekanisk forvitring, hvor frost- og tine-prosesser dominerer. Samtidig kan telehiv og solifluksjon i det aktive overflatelaget resultere i en gradvis omfordeling av grove og fine løsmasser, typisk representert ved tuemark, stein-ringer eller -striper.

Gruvedriften bidrar til forurensninger ved at gruvetipper av skeidestein og sidestein, som består av sandstein, siltstein og skifer, inneholder en del kismineraler som f.eks. pyritt. I tillegg inneholder tippene rester av kullfragmenter med sulfidforbindelser, selv om Svalbardkullet har et lavt svovelinnhold i forhold til mange andre typer kull fra kontinentet. Disse gruvetippene kommer i kontakt med oksygen fra luft og vann, derved oksideres kismineralene og sulfidforbindelsene, og det dannes surt vann (svovelsyre) med lav pH. pH på 3,7 og 2,7 og elektrisk potensiale, Eh, på +0,42 og +0,48 ble av NGU målt på sigevann fra tippene på Gruve 3 og Sverdrupbyen (Banks, 1996). Lave pH-verdier i sigevannet bidrar til videre forvitring og oppløsning av andre mineraler og kullrester og støv, som gir økt konsentrasjon av jern, magnesium, silika og aluminium, men også mange av de miljøskadelige tungmetallene som sink, nikkel, kobolt og arsen. Etterhvert som dette sigevannet renner over og nøytraliseres av andre sedimenter og bergarter, vil en del av de oppløste forbindelsene felles ut som sterkt gule til rustfargede hydroksider, som jarositt og rust.

Planter og vegetasjon som kommer i direkte kontakt med sigevannet kan bli skadet eller drept, (Låg, 1980 og 1988).

2.4 Bakgrunns-og grense/normverdier

Det har ikke vært utført kartlegging på Svalbard med sikte å å etablere typiske bakgrunnsverdier. Det har imidlertid vært utført en del andre kartleggingsarbeider som kan bidra med å belyse en del av forholdene. I tillegg er estimater på bakgrunnsverdier fra fastlandet tilgjengelig (Beck og Jaques,1993).

NGU utførte en kartlegging av flomsedimenter (NGU, 1998) over det meste av Svalbard (Tabell 2).

Tabell 2 *Oversikt over bakgrunnsverdier for tungmetaller i jord og sedimenter, samt innhold i kull og flyveaske på Svalbard (mg/kg tørrstoff).*

	Flomsedimenter, (NGU)			NGI	Beck	NGI	
	Min.	Maks.	Arit. middel	Typisk jord [1)]	Bakgrunn fastlandet	Kull/ Kullstøv	Flyve-Aske
As	2	110	12.75	12.5	0,7 – 8,0	8.6	63
Cr	10	560	100.65	22	3 - 30	<10.0	27
Cu	.5	180	29.23	22	6 - 27	5.7	21
Ni	2	400	39.98	21	3 – 19	<5	13
Pb	2	80	11.80	11	8.5 – 107,4	<10	13
Zn	2	5100	88.94	72	25 - 104	14.0	35

1) Typisk overflatejord i Longyearbyen med en god del kull og kullstøv men ikke påvirket av avrenning fra deponier.

Analyseresultatene for kull, kullstøv og flyveaske fra Longyearbyen er tatt med for å kunne sammenligne disse verdiene med NGU-undersøkelsen. Det viser seg at kullstøvverdiene ligger langt under gjennomsnittsverdiene fra flomsedimentene, noe som indikerer at kullstøv alene har begrenset påvirkning på innholdet i jord og sedimenter. Når det gjelder flyveasken fra det kullfyrte kraftverket, er det kun arsen som overskrider gjennomsnittsverdiene og kan bidra til å øke konsentrasjonen .

Resultatene fra flomsedimentene viser stor spredning. I tillegg er verdiene både lavere og høyere enn verdier fra fastlandet. Det er derfor mest riktig å etablere egne bakgrunnsverdier for vurdering av en stedsspesifikk forurensningslokalitet.

Vedrørende bakgrunnsverdier for organiske forbindelser som PCB, PAH og andre klororganiske forbindelser foreligger det ingen opplysninger. Det er imidlertid vel kjent (Stern et al., 1997) at disse forbindelsene når Svalbard via langtransport som følge av kontinentale luftstrømmer. Konsentrasjonen av disse organiske forbindelser i tilfeldige jordprøver vil sannsynligvis være lavere enn vanlige deteksjonsgrenser for de brukte kjemiske analyser. Derimot vil jordmasser som eroderes og transporteres via vann og luft ende opp som fjordsedimenter med mulighet for oppkonsentrering i finstoffraksjonen.

Normverdier eller grenseverdier for forurensning i grunnen finnes i dag bare foreløpige normer for mest følsomt arealbruk (SFT, 1995). Verdiene er listet i tabell 3. I tillegg er kravene til drikkevann vist (Sosial og helsedep., 1996).

048. Bra-Trykk AS

Tabell 3 *Oversikt over foreløpige normverdier for jord og krav til drikkevann (SFT, 1995; Sosial og helsedep., 1996)*

Parameter	Normverdi for jord (mg/kg, tørrstoff)	Krav til drikkevann (ug/l)
Krom, tot.	100	50
Nikkel	30	50
Kopper	100	300
Sink	150	300
Kadmium	1	5
Bly	50	20
Arsen	20	10
Kvikksølv	1	0.5
Cyanid, tot.	1	10
Cyanid, fritt	0.1	
Benzen	0.05	5
Etylbenzen	0.05	
Toluen	0.05	
Xylen	0.05	
Totale aromater	0.1	
Mineralolje	100	
PAH, tot.	5	0.2
Benzo(a)pyren	0.1	0.01
PCB	0.02	0.1
Pestisider	0.1	0.1

Mest følsomt arealbruk betyr at disse verdiene er grenseverdier for høyeste tilatte forurensninger i, for eksempel, en barnehave. Det er derfor nødvendig å bruke skjønn når disse verdiene legges til grunn for å vurdere forurensnings-potensiale fra en lokalitet med annet areal bruk.

Det foreligger ikke forskrifter for Svalbard for forurensning i vann som ikke benyttes til drikkevann. Drikkevannskravene er restriktive og må derfor anvendes med skjønn når sigevannssammensetningvurderes. Spesielt fortynningseffekten av sigevannet i resipienten bør tas i betraktning.

2.5 Generell forurensning fra kull og kullstøv

På grunn av den omfattende kulldriften over mange år, forekommer det sannsynligvis kullpartikler i form av støv i det meste av jordsmonnet. Likeledes vil sedimenter med forholdsvis nylige avleiringer fra elveerosjon ha tilsvarende kullstøv. Dette kan påvirke analyseresultatene, avhengig av hvor mye støv som er til stede.

De uorganiske analyseresultatene av kull og kullstøv er vist i tabell 2. Selv om det er kun en analyse viser det seg at verdiene sammenlignet med andre kullkilder er typiske middelsverdier. Som diskutert i kapittel 2.4, vil kullstøv bidra lite til innholdet av tungmetaller i jord og sedimenter.

048. Bra-Trykk AS

PAH-analysene er vist i tabell 4. Kull og kullstøv innholder henholdsvis 1,2 og 3,7 mg/kg. Dette er lavere enn normverdien for mest følsomt arealbruk som er satt til 5 mg/kg (SFT, 1995). Det foreligger lite opplysninger om bakgrunnsverdier for PAH på Svalbard. På fastlandet refereres det til PAH bakgrunnsverdier som varierer fra 0.005 til 0.8 mg/kg (Beck, 1993). Det er derfor mulig at PAH i kullstøvet bidrar til en økt PAH konsentrasjon i jord og sedimenter.

Tabell 4 *PAH innhold i kull, kullstøv, slagg og flyveaske fra Svalbard (mg/kg tørrstoff).*

PAH forbindelse	Kull	Kullstøv	Slagg	Flyveaske
Naftalen	0,54	1,10	< 0,02	< 0,02
Acenaftylen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Acenaften	< 0,02	0,11	< 0,02	< 0,02
Fluoren	< 0,02	0,38	< 0,02	< 0,02
Fenanthren	0,40	1,20	0,04	< 0,02
Anthracen	0,05	0,18	< 0,02	< 0,02
Fluoranthen	0,05	0,17	0,05	< 0,02
Pyren	0,03	0,11	0,04	< 0,02
Benzo(a)anthracen	0,05	0,08	< 0,02	< 0,02
Krysen	0,04	0,14	< 0,02	< 0,02
Benzo(b)fluoranthen	0,02	0,06	< 0,02	< 0,02
Benzo(k)fluoranthen	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02
Benzo(a)pyren	0,03	0,04	< 0,02	< 0,02
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	< 0,02	0,07	< 0,02	< 0,02
Dibenz(a,h)anthracen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02
Total PAH (USEPA)	1,2	3,7	< 0,3	< 0,3

PAH i kull og kullstøv er sterkt bundet inne i kullpartikler, og det er lite sannsynlig at disse PAH er tilgjengelige for opptak i næringskjeden. Studier med partikulært bundet PAH har vist dette i flere tilfeller (White,1996; Luthy et al., 1997).

048. Bra-Trykk AS

3 UNDERSØKELSER OG VURDERING

3.1 Generelt

3.1.1 Befaring

Undersøkelsene av lokalitetene ble gjennomført i perioden 5 til 14 august 1998. Under befaring av lokaliteten ble avgrensningen av deponiet og synlige tegn på forurensning registrert. Misfarging på overflaten, mangel på vegetasjon og rester av tønner og skrap var en del av grunnlaget for å velge prøvetakingssteder. Spesiell oppmerksomhet ble rettet mot hydrologien i området og sigevann i fyllingsfoten.

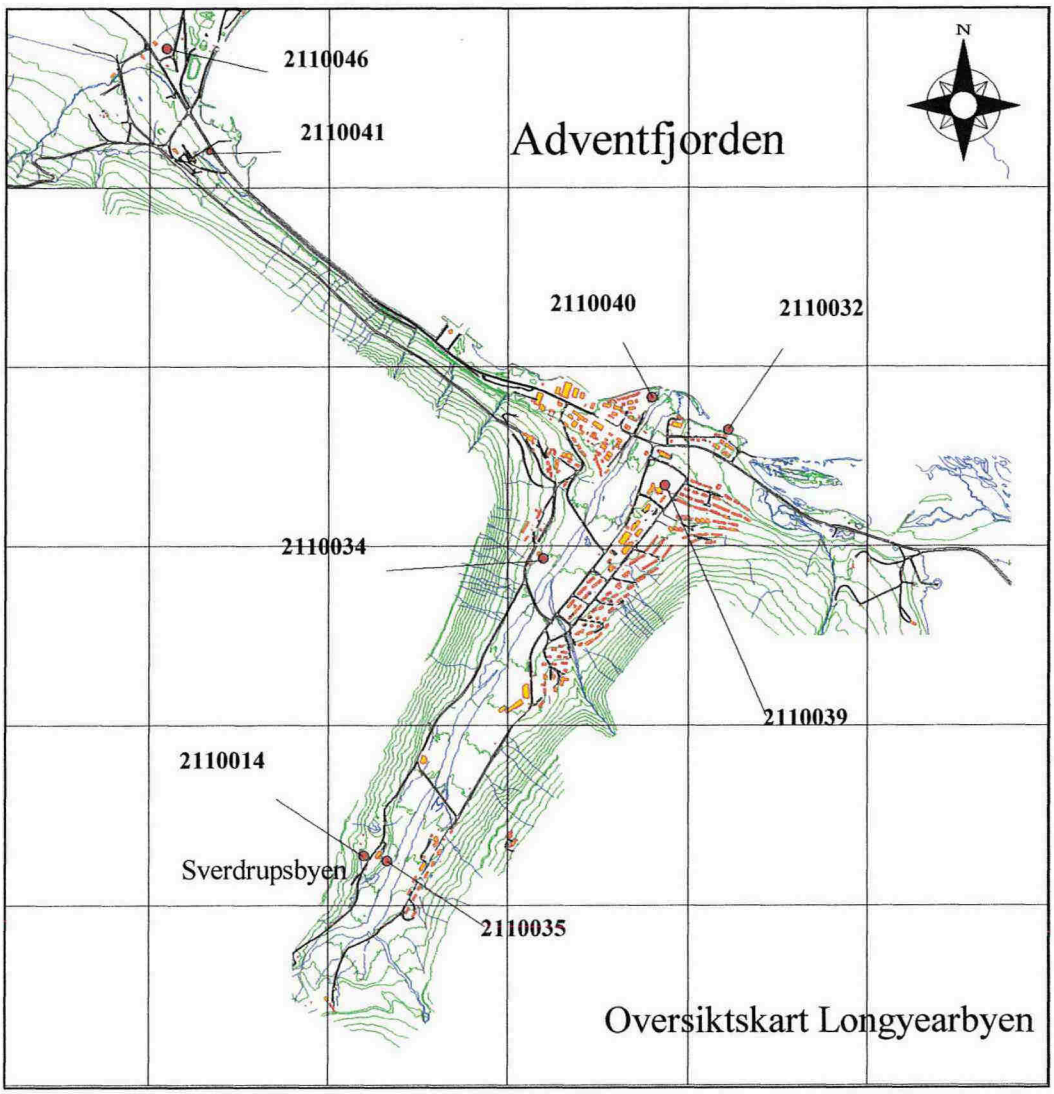


Fig. 1 Oversiktskart over Longyearbyen

Bra-Trykk AS

3.1.2 Prøvetakingsmetoder

Prøvetakingsstrategien for fyllinger har vært å prøveta sigevann og jord som sigevannet er i kontakt med nedstrøms fyllingsfoten. Hvis massene er relativt tette og det er grunt til permafrost, renner sigevannet i dagen som små bekker. Er løsmassene mindre tette, vil sigevannet gjerne infiltrere ned i grunnen og strømme over permafrosten.

Jordprøver ble tatt ved hjelp av håndauger (skovlbor) eller i maskingravd sjakt. Prøvene ble tatt på 400 ml glass som ble fylt helt opp. Vann- og sedimentprøver ble tatt direkte i bekken eller sigevannsløp. I sjakt ble vannprøvene tatt i bunnen. Prøvene til organisk analyse ble tatt på 500 ml grønne flasker. Prøver til elementanalyse (100 ml) ble filtrert i felt over et 0,45 µm filter og tilsatt 1% suprapur HNO_3 til konservering.

I alle vannprøver ble pH, ledningsevne og temperatur målt før filtrering og konservering.

Alle prøver ble lagret kjølig inntil forsendelse til laboratoriet.

3.1.3 Valg av analyser

Basert på forventet forurensning og observasjoner i felt ble analyseprogrammet valgt. Tabell 5 gir en oversikt over de valgte analyseparametre. En nærmere beskrivelse av analysemetodene finnes i vedlegg D.

Tabell 5 Oversikt over analyseparameter

Analyse	Medium	Beskrivelse
Tungmetaller	Jord/Vann	8 prioriterte tungmetaller (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg) og Al og Fe
Sulfat	Vann	Produkt fra oksidasjon av sulfidmineraler
Kjeldahl-N	Vann	Totalt organisk nitrogen fra organisk avfall (søppel)
BTEX-Naftalen	Vann	Benzen, toluen, etylbenzen, xylen og naftalen, vannløselige bestanddeler i olje
Mineralolje	Jord/Vann	Sum av hydrokarboner C_{10} til C_{40}
PAH	Jord/Vann	Polyaromatiske hydrokarboner som finnes i steinkull, olje og tjære
OCB+PCB	Jord/Vann	Organiske klorerte forbindelser (OCB) og polyklorertebifenyler (PCB)
GC/MS screening	Jord	100 ulike organiske miljøgifter

Ved forurensning fra kulldrift ble analyseprogrammet rettet mot tungmetaller og sulfat. Ved oljeforurensning ble mineralolje, BTEX og naftalen analysert samt innhold av PCB i oljen. Ved fyllinger av blandet karakter ble tungmetaller,

048. Bra-Trykk AS

mineralolje, BTEX+Naftalen, PAH, OCB+PCB analysert. I jordprøver ble GC/MS-screening valgt ved blandet forurensning av ukjent opprinnelse.

3.1.4 Grunnlag for vurdering

Resultatene fra de kjemiske analysene av jordprøver ble vurdert utfra SFTs normverdier for mest følsom arealbruk (SFT, 1995) og tilgjengelig informasjon om bakgrunnsverdier.

Vannprøvene ble vurdert i forhold til forskrift om vannforsyning og drikkevann (Sosial- og helsedept., 1996) og den naturlige geokjemien på Svalbard.

Til den totale vurderingen av lokaliteten ble hydrologien i området vektlagt med hensyn til spredningsfare av den påviste forurensningen.

3.2 Gruve 1b (lok. nr. 2110014)

3.2.1 Situasjonsbeskrivelse

Gruve 1b ble åpnet i 1939 og var i drift frem til 1958. Skeidesteintippen sør for gruveinngangen ligger i den bratte fjellsiden ovenfor Sverdrupbyen og Longyearelven. Tippen kan inneholde avfall utover trevirke og stein. Skeidesteinen kan gi sur avrenning pga. svovel og derved skade vegetasjonen. Sigevannsløpet langs fyllingsfoten er gulfarget. Sigevannet drenerer direkte ut i elven.

Fyllingen lengst nord viser mest blandet avfall, og de to store tippene er typiske skeidesteintipper. Det er lite sigevann fra den nordligste tippen, og hovedmengden av sigevannet genereres fra skeidesteintippen.

Resipient: Bekk, grunnvann, Longyearelven

3.2.2 Prøvetaking

Det ble tatt vann- og sedimentprøver nedenfor fyllingen i sigevannsbekken og i en ikke sigevannspåvirket bekk utenfor lokaliteten. Figur 2 viser prøvetakingsstedene.

Prøvested A:
Jordprøve: A-1 0-5 cm Sedimentprøve fra bekkeløp

Prøvested B:
Vannprøve: B Vannprøve fra bekkeløp

Prøvested C:
Jordprøve: C-1 0-5 cm Sedimentprøve fra bekkeløp
Vannprøve: C Vannprøve fra liten dam oppstrøms vegen

Prøvested D:
Vannprøve: D Vannprøve fra bekk utenfor deponiområdet (bakgrunn)

048 Bra-Trykk AS

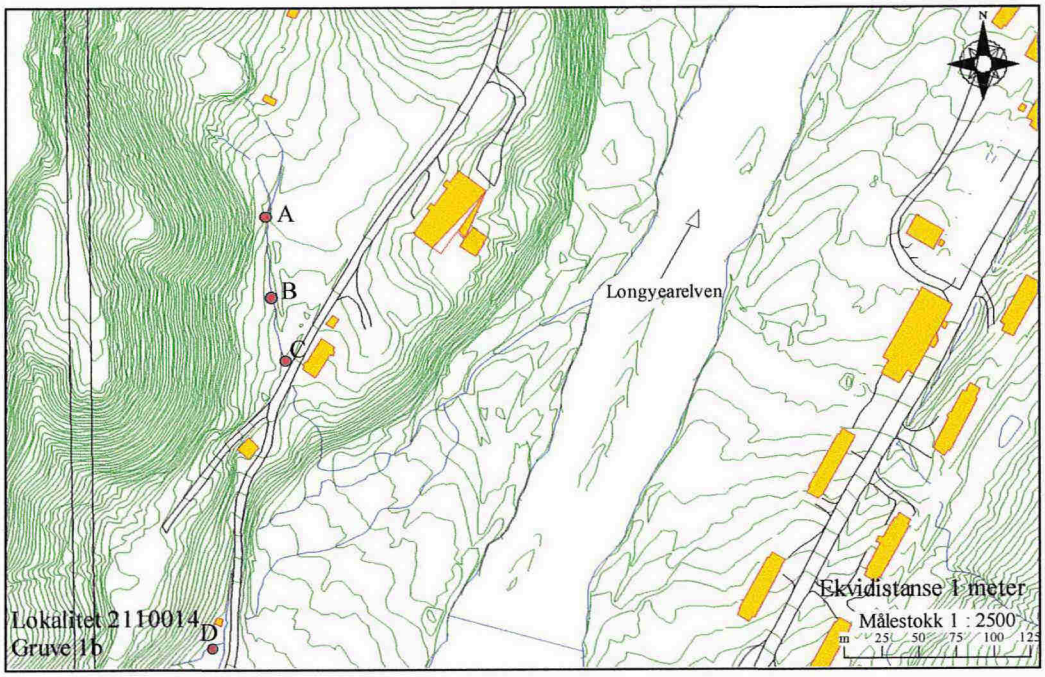


Fig. 2 Kartskisse Gruve 1 b

3.2.3 Analyser

Vannprøvene har blitt analysert på tungmetaller og sulfat. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 6, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 6 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	B	C	D
pH	2,68	2,60	6,00
EC (µS/cm)	2480	3410	62
Krom	36	105	7,2
Nikkel	510	1.150	< 5,0
Kobber	260	660	< 5,0
Sink	1.800	3.700	23
Arsen	< 5,0	11,0	< 5,0
Kadmium	< 0,4	2,5	< 0,4
Bly	11,5	18,5	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Al (mg/l)	35	86	< 0,1
Fe (mg/l)	165	320	< 0,1
SO_4 (mg/l)	1.800	3.100	105

Jordprøven har blitt analysert på tungmetaller. Et sammendrag av analyseresultatene er gitt i tabell 7, for detaljene henvises til vedlegg C.

Bra-Trykk AS

Tabell 7 *Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).*

Parameter	A-1	C-1
Krom	14	15
Nikkel	7,5	7,9
Kobber	18,0	12,0
Sink	45	39
Kadmium	< 0,2	< 0,2
Bly	17	18
Arsen	27	56
Kvikksølv	< 0,1	0,10

3.2.4 Vurdering av resultater

Vannet i sigevannsbekken er preget av sur avrenning fra oksidasjon av sulfidmineraler. Bekkeløpet er gul- og rustfarget, og viser tydelig avfelling av sulfatsalter og jernsulfat. Sigevannet har pH fra 2,6 - 2,7. I 1980 og 1988 ble pH målt fra 2,4 til 3,3 (Låg, 1980, 1988). Dette viser at det har vært ubetydelig endringer i sur avrenning siden 1980 og har sannsynligvis vært uforandret siden starten på tidlig 40-årene. Innholdet av tungmetaller er høyt, spesielt kobber, nikkel og sink, samt jern og aluminium er svært høyt. Sulfatinnholdet i vannet er også svært høyt. Prøvene og visuell bedømmelse av sigevannsmengder viser at innholdet av oppløste tungmetaller, salter og sigevannsmengde øker nedover langs skeidesteintippen. Sammenlignet med referanseprøve D fra en mindre bekk som ikke har kontakt med gruvetippene, bekrefter at pH er nøytral (7,2) og at innholdet av tungmetaller er lavt og sulfatinnholdet kun er 100 mg/l.

Sedimentprøvene viser ikke forhøyet innhold av tungmetaller med unntak av arsen, som er høyt i prøve C og kan ha sammenheng med utfelling av jernhydroksider.

Utfelling av salter til bekkeløpet er avhengig av pH. Sulfatsalter felles ut selv med lav pH og gulfargen er dominerende. Når sigevannet får tilskudd av nøytralt vann, øker pH, og utfellingen av jern tiltar. Samtidig forandres fargen i bekkeløpet fra gult til rødt/ brunt. For sigevannsbekken fra gruvetipp 1b er denne overgangen helt markant hvor bekken (prøve D) møter sigevannet ute i Longyearelveløpet. Resten av bekkeløpet ut til hovedløpet av Longyearelven er rødfarget av jernutfellinger. Det meste av oppløste salter og tungmetaller utfelles også på denne strekningen.

Basert på skovlboringen ned til 1 m består løsmassene av leirig og steinrik morene. Mektigheten av det aktive laget antas å være rundt 1 m (august 1998) og var fullt mettet. Massene har svært lav permeabilitet, og sigevannet fra tippene vil stort sett renne ut i dagen.

048 Bra-Trykk AS

Vannprøvene har blitt analysert på tungmetaller og sulfat. Jordprøven har blitt analysert på tungmetaller.

3.2.5 Videre arbeid

Det anbefales å utføre analyser av den nedre delen av sigevannsbekken (både vannfase og sediment) før den når Longyearelven. Dette vil gi informasjon om hva som felles ut før sigevannet når hovedresipienten.

3.3 Gruve 3 (lok. nr. 2110022)

3.3.1 Situasjonsbeskrivelse

Gruven ble åpnet i 1969 0g avsluttet i 1996.

Skeidesteintippene fra Gruve 3 ligger i den bratteste delen av skråningen under fjellfoten sørvest for flyplassbygningene. Helningen avtar mot nord nedover mot rullebanen. Skeidestein og grovavfall er fylt ut nedenfor gruveinngangen. Denne fyllingen kan muligens innholde spesialavfall. Skeidestein er også brukt som vegfylling opp til gruven. Sur avrenning har misfarget elveløpene og skadet vegetasjonen på fyllingens og vegens nedside, se fig. 2.

Løsmassene består av siltig og leirig morene med mye stein. Massene er tette med ubetydelig infiltrasjon. Sigevann fra tippene viser tydelige eroderte bekkeløp nedover i skråningene.

Sigevannet fra tippen ledes ut i hovedbekkeløpet nedstrøms, som også drenerer store områder oppstrøms for gruven, se fig. 2.

Resipient: Grunnvann/ overflateavrenning (bekk)

3.3.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingsstedene ved fylllingsfoten:

Vannprøve:	A	Vannprøve fra fylling, klar
Vannprøve:	B	Vannprøve fra bekkeløp, klar
Jordprøve:	C	0-5 cm; leirig, siltig bekkesediment med en del humus, lys brun
Jordprøve:	D	0-5 cm; leirig, sandig morene med noe humus (planterester) og kull nær fyllingsfoten
Jordprøve:	E	20 cm; morenemasser under kullstøv

048 Bra-Trykk AS

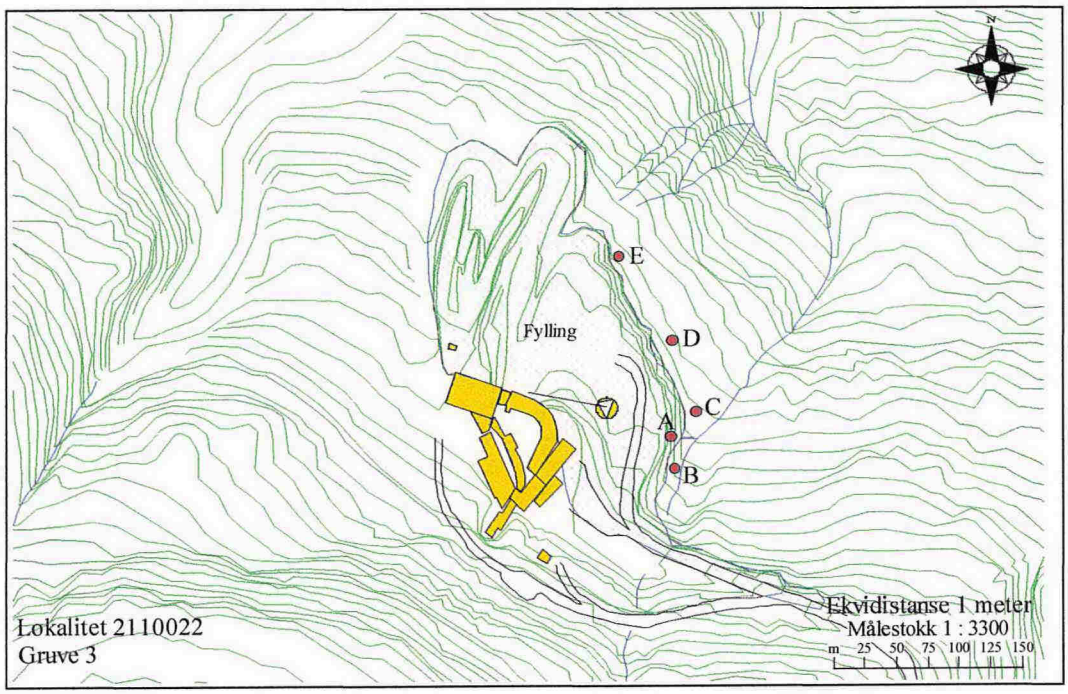


Fig. 3 Kartskisse over gruve 3, nær flyplassen

3.3.3 Analyser

Vannprøvene er analysert på tungmetaller og sulfat. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 8, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 8 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B
pH	3,16	4,55
EC (µS/cm)	3580	357
Krom	41	7,0
Nikkel	1.350	43
Kobber	560	< 5,0
Sink	4.000	130
Arsen	< 5,0	< 5,0
Kadmium	11,0	0,9
Bly	7,3	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05
Al (mg/l)	86	1,4
Fe (mg/l)	62	0,1
SO_4 (mg/l)	3.200	260

Jordprøvene er analysert på tungmetaller. Et sammendrag av analyseresultatene er gitt i tabell 9, for detaljene henvises til vedlegg C.

Bra-Trykk AS

Tabell 9 *Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).*

Parameter	C-1	D-1	E-1
Krom	13	39	16
Nikkel	8,1	27	9,7
Kobber	18,0	50	11,5
Sink	37	115	33
Kadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bly	12	22	11
Arsen	19,0	36	11,5
Kvikksølv	< 0,1	< 0,1	0,13

3.3.4 Vurdering av resultater

Sigevannet fra oppstillingsplassen ved gruveinngangen (prøve A) er preget av sur avrenning. pH er lav, og er målt til 3,2. Innhold av tungmetaller er høyt, spesielt kobber, nikkel og sink samt jern og aluminium er svært høyt. Også sulfatinnholdet i vannet er svært høyt. Bildet er stort sett identisk med sigevannet fra gruve 1b. Vannprøve B rett utenfor vegen, har pH lik 4,55 og et mye lavere innhold av tungmetaller. Dette viser at sigevannet fra tippen er kraftig fortynnet på grunn av at denne bekken drenerer et stort nedslagsfelt oppstrøms elven. Bekkeløpet viser for øvrig rustfarge langt nedover som indikerer stor spredning på utfelling og sedimentasjon av tungmetaller og salter.

De tette morenemassene gir liten mulighet til grunnvannsstrømning i det aktive laget. Transport av sigevann fra fyllingene under smelteperioden vil foregå på overflaten og vil stadig erodere der hvor bekkeløpene ikke har stabilisert seg.

I overflatejordprøvene ble det bare i prøve D funnet noe forhøyede verdier av arsen og sink.

3.3.5 Videre arbeid

Det bør utføres en del analyser på sedimentprøver nedstrøms i bekkeløpet. Dette vil klarlegge omfanget av tungmetallspredning.

3.4 Gruve 3, tipp 3, Bjørndalen (lok. nr. 2110024)

3.4.1 Situasjonsbeskrivelse

Tippen ble startet i 1969og Gruve 3 var utdreven i 1996. Gruven vurderes fredet som kulturminne.

Området innbefatter to gruveinnganger, bygninger og steintipp som inneholder grovavfall og muligens spesialavfall. Det er lagret skrot og støpejernsrør på om-

048. Bra-Trykk AS

rådet. Steinfyllingen ligger i en slak skråning under fjellet forholdsvis nær elven. Vegetasjonen nedenfor tippen i sigevannsløpene er skadet av avrenningen.

Løsmassene består av leirig og sandig morene med mye stein.

Under driften av gruve 3 ble store mengder med tunnelvann pumpet ut. Dette grunnvannet var basisk (pH > 8) pga. stort kalkinnhold, og påvirket sigevannet fra tippen. I dag, uten drift, foregår det ingen pumping, og situasjonen er svært lik de andre tippene.

Resipient: Bjørndalselven

3.4.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingstedene nedenfor fyllingsfoten:

Prøvested A:

Jordprøve:	A-1:	0-5 cm; siltig/ leirig slam (bekkesediment), rødbrunt
Vannprøve:	A:	Sigevannsbekk, rødbrun utfelling

Prøvested B:

Jordprøve:	B-1:	0-5 cm; mose med rødbrun utfelling
Vannprøve:	B:	Sigevann, rødbrun utfelling

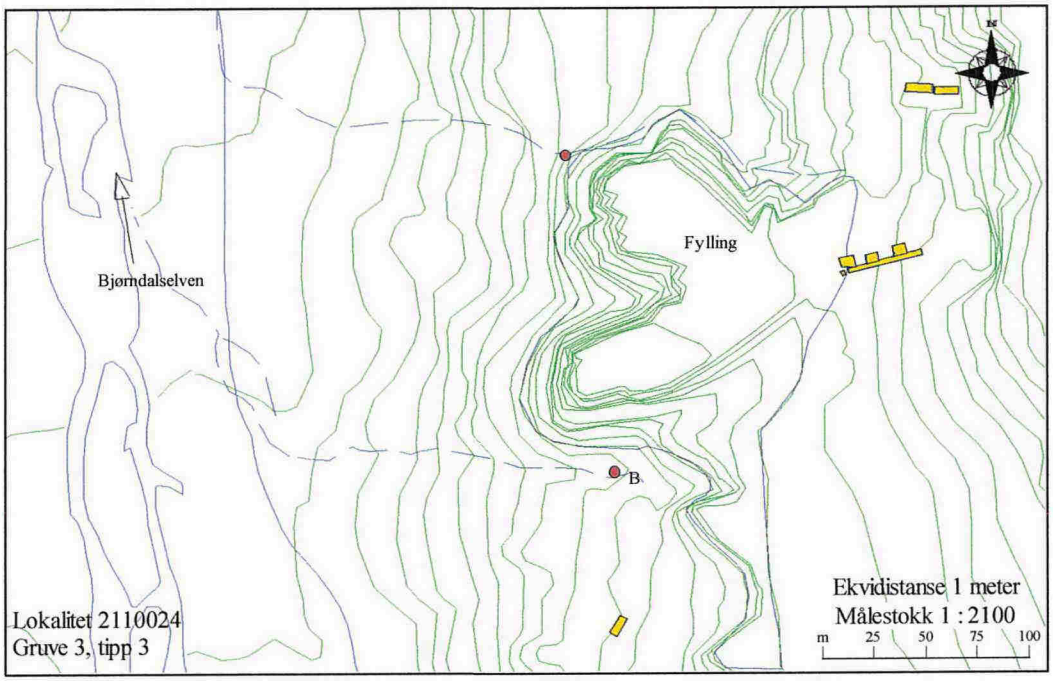


Fig. 4 Kartskisse over gruve 3, Bjørndalen

Bra-Trykk AS

3.4.3 Analyser

Vannprøvene har blitt analysert på tungmetaller og sulfat. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 10, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 10 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B
pH	3,60	3,09
EC (µS/cm)	1468	655
Krom	8,7	4,6
Nikkel	590	175
Kobber	62	59
Sink	2.400	800
Arsen	< 5,0	< 5,0
Kadmium	2,9	1,1
Bly	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05
Al (mg/l)	6,4	4,6
Fe (mg/l)	16,0	9,7
SO_4 (mg/l)	890	300

Jordprøven har blitt analysert på tungmetaller. Et sammendrag av analyseresultatene er gitt i tabell 11, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 11 Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A-1	B-1
Krom	26	12
Nikkel	30	8,5
Kobber	9,9	5,4
Sink	180	35
Kadmium	< 0,2	< 0,30
Bly	20	10
Arsen	98	75
Kvikksølv	< 0,1	< 0,40

3.4.4 Vurdering av resultater

Sigevannet som trer ut ved fyllingsfoten er preget av sur avrenning. pH er målt til 3,1-3,6, og innholdet av tungmetaller er høyt, spesielt kobber, nikkel og sink samt jern og aluminium er svært høy. Også sulfatinnholdet i vannet er svært høyt. Bildet er stort sett identisk med sigevannet fra gruve 3 og gruve 1b.

048 Bra-Trykk AS

I overflate jordprøvene ble det funnet sterkt forhøyede verdier av arsen. Dette kan som tidligere nevnt ha sammenheng med utfelling av jernhydroksider. En må forvente at oppløste tungmetaller når Bjørndalselva. Det er imidlertid svært små mengder, da avrenningen er liten. Effekten av dette må ansees som ubetydelig pga. den kraftige fortynningen som skjer i Bjørndalselva.

3.4.5 Videre arbeid

Det anses ikke nødvendig med supplerende undersøkelser.

3.5 Gruve 7 (lok. nr. 2110031)

3.5.1 Situasjonsbeskrivelse

Gruve 7 kom i produksjon i 1975og forventes avsluttet innen år 2001.

Gruven ligger høyt oppe i fjellsiden med flere tipper, og det lagres driftsutstyr på fyllingen nær utgangen. Både denne tippen og en øst for gruven består av skeidestein og grovavfall, hvor det fortsatt deponeres. Spesialavfall kan ikke utelukkes på noen av tippene. Langs to transportinnretninger fra gruven ned den bratte fjellsiden kan avfall også ha blitt etterlatt.

Skråningene nedover fra tippene er svært bratte, og pga. den tette morenen drenerer sigevannet på overflaten helt ned til bunnen av dalen. Disse smale sigevannsløpene var til dels helt svarte pga. transport av kullstøv med sigevannet. Vegetasjonen er skadet i disse bekkeløpene.

Sigevann fra den østre fyllingen drenerer i en hovedbekk som fører ut til Adventelva, ca. 1,5 km fra tippen. Sigevann fra de vestlige fyllingene drenerer ned mot Bolterelva ca. 2 km fra tippene.

Grunnforholdene består av leirig og steinrik morene.

3.5.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingspunktene nedenfor fyllingsfoten:

Prøvested A:
Vannprøve: A: Sigevann; svart vann med spesiell fargehinne

Prøvested B:
Vannprøve: B: Sigevann; klart vann fra dam

Prøvested C:
Jordprøve: C-1: 0-10 cm; jordprøve, bekkesediment
C-2: 10 cm; jordprøve
Vannprøve: C: Sigevann; klart vann fra bekk

048. Bra-Trykk AS

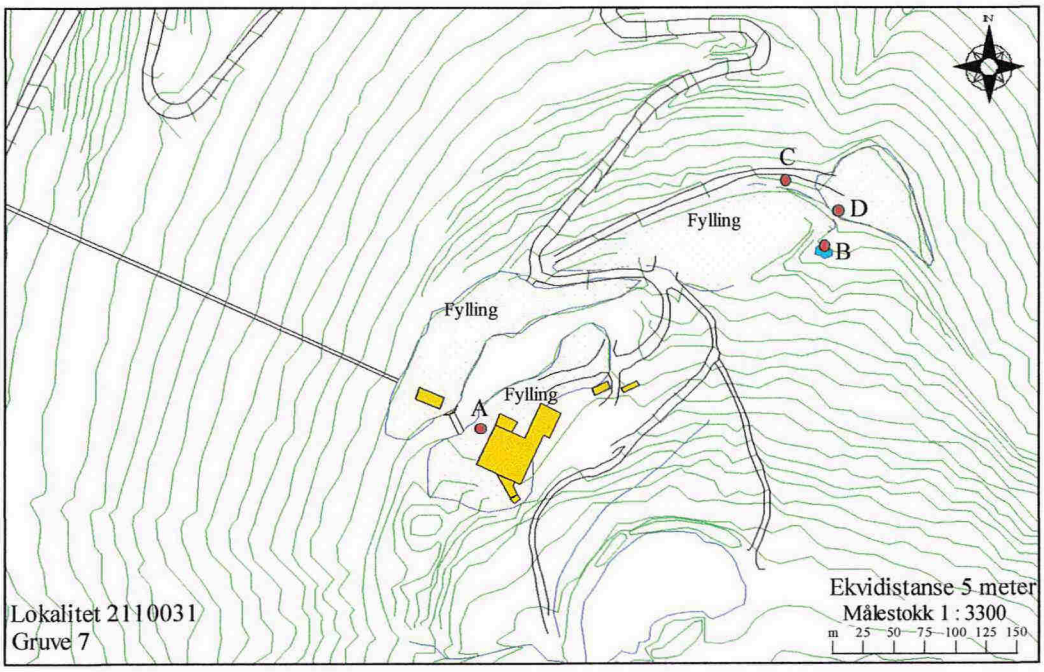


Fig. 5 Kartskisse over gruve 7

3.5.3 Analyser

Alle vannprøvene ble analysert på innhold av tungmetaller og sulfat. I tillegg ble B-prøven fra dammen nedenfor søppelfyllingen analysert på innhold av PAH, HCB og PCB. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 12, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 12 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B	C
pH	7,88	7,53	7,07
EC (µS/cm)	3970	212	221
Krom	1,4	7,1	< 1,0
Nikkel	220	< 5,0	< 5,0
Kobber	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sink	125	24	360
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,5	< 0,4	< 0,4
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Al (mg/l)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe (mg/l)	0,2	< 0,1	0,2
SO_4 (mg/l)	2.100	69	59
PAH	-	<0,6	-
PCB	-	<0,08	-

Bra-Trykk AS

Sedimentprøven C-1 ble analysert på innhold av tungmetaller og organiske forbindelser ved hjelp av GCMS. Et sammendrag av analyseresultatene er gitt i tabell 13, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 13 Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøven (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).

Parameter	C-1
Krom	13
Nikkel	14,0
Kobber	12,0
Sink	50
Kadmium	< 0,2
Bly	< 10
Arsen	12,0
Kvikksølv	< 0,1
Min. olje	<50
PAH	<1,6
PCB	<0,7

3.5.4 Vurdering av resultater

Ingen tegn på forurensning av organiske forbindelser ble funnet i de kjemiske analysene. Avrenning fra gruveområdet, prøve A, er preget av et forhøyet innhold av nikkel og et svært høyt innhold av sulfat. pH i vannet er nær nøytralt, 7,9. Dette er antakelig en følge av kalkingen i gruven mot kullstøv. Sigevann fra fyllingene har også nær nøytralt vann. Prøve B og C har kun forhøyet innhold av sink i prøve C. I sedimentprøven ble det ikke funnet forhøyede verdier av tungmetaller.

En mulig årsak til dette "rene" sigevannet kan være at denne fyllingen består av vanlig sandstein med lavt innhold av sulfatholdige mineraler. Den første driften på gruve 7 var 3 km atkomst frem til kullforekomsten. Disse tunnelmassene er sannsynligvis på den eldste og østre fyllingen.

Ingen forurensning av betydning er dokumentert på fyllområdene. I tillegg er hovedresipientene på betryggende avstand.

3.5.5 Videre arbeid

Ingen supplerende undersøkelser er nødvendig ved den nåværende situasjonen. Det er nødvendig å avklare avrenningen etter at driften er stanset. Sigevannet i de vestre fyllingene kan øke i surhetsgrad med tilhørende høy utfelling av tungmetaller.

048. Bra-Trykk AS

3.6 Gammel fylling (lok. nr. 2110032)

3.6.1 Situasjonsbeskrivelse

Fyllingenen er 5 til 7 m høy og ligger i sjøkanten lengst sørøst i Longyearbyen. Området brukes idag som opplag og lagertomt for forretnings- og lettindustrien like innenfor. Plasthaller, containere og motorkjøretøyer er oppstilt, samt en del hensatt skrot. I den gamle fyllingen ble kommunalt og industrielt avfall deponert og til dels brent. Diverse spesialavfall inngår i dette. Den gamle fyllingen er tildekket med løsmasser, og bølgebeskyttelse av sjøkanten er søkt forhindret ved å legge ut grov blokk fra en kjørevei i strandsonen. Fyllingskanten mot sjøen er ca. 300 m lang og er eksponert for tidevannet som "pumpes" inn og ut av fyllingen. Tidevannsforskjellen er på det meste 1 m. Det er ingen visuelle spor av forurensning til sjøen.

Resipient: Adventfjorden

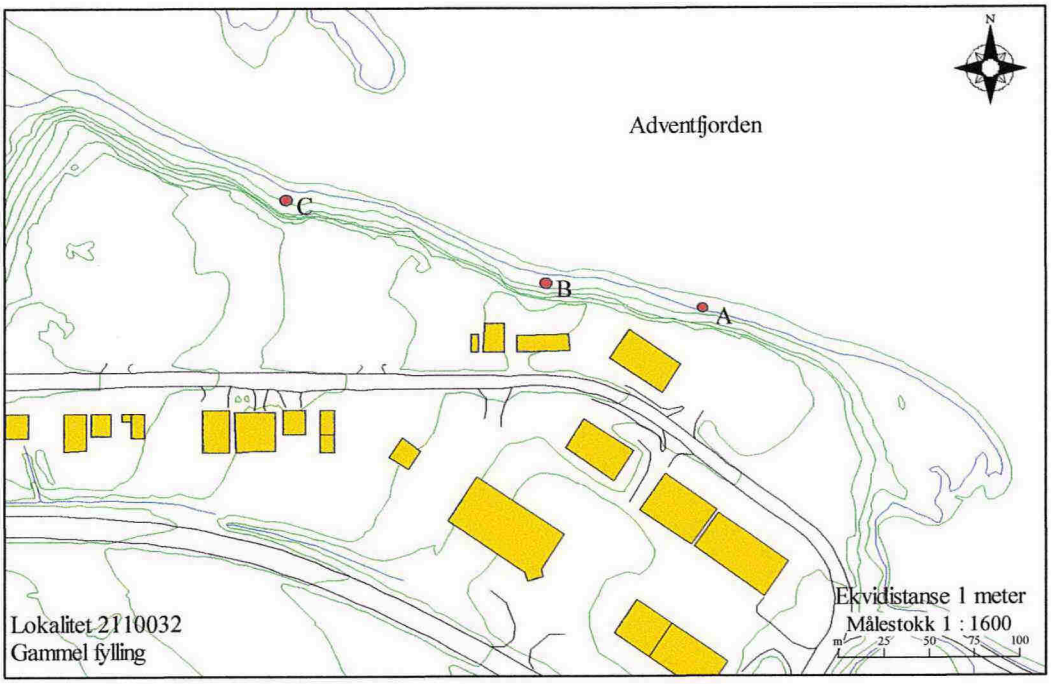


Fig. 6 Kartskisse over gammel fylling, Longyearbyen

3.6.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingsstedene ved fyllingsfoten ut mot Adventfjorden:

Prøvested A:
Vannprøve: A: Sigevann; litt blakket.

Bra-Trykk AS

Prøvested B:
Vannprøve: B: Sigevann; sterkt blakket

Prøvested C:
Vannprøve: C: Sigevann; sterkt blakket

3.6.3 Analyser

Vannprøven ble analysert på et bredd spekter av stoffer, tungmetaller, BTEX+Naftalen, mineralolje, PAH og OCB+PCB. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 14, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 14 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B	C
pH	7,12	8,24	7,87
EC (µS/cm)	13840	25100	20200
Krom	6,2	11,0	1,7
Nikkel	18,0	5,3	< 5,0
Kobber	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sink	44	50	70
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,8	< 0,4	< 0,4
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
BTEX	<1,2	<1,2	< 1,2
Min. olje	<50	<50	4.400
PAH	<0,6	<0,6	0,9
PCB	<0,08	<0,08	<0,08

3.6.4 Vurdering av resultater

Vannprøvene viser et nøytral til litt basisk pH og svært høy ledningsevne. Dette tyder på saltvannsinntrengning fra fjorden. Selv om prøvetakingen er utført når tidevannet er på vei ut, må man forvente en sterk fortynning av vannprøvene pga. sjøvannsinntrengningen.

Tungmetallinnholdet er generelt lavt. Betydelige mengder mineralolje ble funnet i vannprøve C, samt PAH. Oljen karakteriseres som relativt tungt (ikke diesel) med hovedvekt mellom C_{22} og C_{30}. Det ble ikke funnet klorerte organiske forbindelser i noen av prøvene.

PAH-forbindelsene består mest av tunge forbindelser og de lette er fraværende. Noen av de tyngste PAH-forbindelsene har høye konsentrasjoner i forhold til

048. Bra-Trykk AS

vannoppløseligheten . Dette tyder på at kilden sannsynligvis er et petroleums-produkt i flytende form, hvor de lette forbindelsene er lekket ut..

PAH-profilen er ganske forskjellig fra PAH-analysen på fjordsedimenter som bl.a.inneholderalle PAH forbindelsene.(Aquaplan-NIVA, 1994). Dette kan tyde på at PAH i sedimentene har flere ulike PAH-kilder, som f. eks. utlekking fra deponiet, kullstøv og langtransportert PAH. Analysegrunnlaget er imidlertid for spinkelt til å prøve og forklare dette, og det bør utredes nærmere.

3.6.5 Videre arbeid

For å kunne avklare forurensningssituasjonen nærmere, anbefales å installere 3 overvåkingsbrønner i fyllingen.

3.7 Fylling ved museet (lok. nr. 2110034)

3.7.1 Situasjonsbeskrivelse

Området nedenfor museet og nordover mot kirken er fylt opp. Avfallsfyllingen har eksistert siden tidlig på 1900-tallet. I 1921 var det brann i slagghaugen. Fyllingen har vært i drift inntil bakeriet flyttet. I den gresskledte fyllingen inngår trevirke, metalldeler, oljefat, teglsten og annet grovavfall. Spesialavfall kan være deponert. Avfallet ligger i to terrasser, hvor den nederste ligger på kanten mot Longyearelvens elveslette.

Grunnforholdene hvor sjaktene er gravet består av et øvre, tettere lag ned til ca. 0,5 m over elveavsetninger av sand og grus. Dybden til permafrost er 1,8 til 2,3 m med grunnvannstand rett over.

Resipient: Grunnvann Longyearelven

3.7.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingstedene. Tre sjakter, A, B og C, er gravet ved fyllingsfoten ned mot elvesletten. Gravedybden er ned til permafrostlaget, og det er tatt jordprøver og vannprøver.

Beskrivelse sjakt A:	0,0-0,1 m	Matjord, torv, gress
	0,1-0,4 m	Leirig, siltig masse med rundet elvestein (maks. dia.: 20-30 cm), rød.
	0,4-0,7 m	Leirig masse med rundet stein som over, blåsort.
	0,7-1,8 m	Stein, rundet, kornbåret struktur, med silt, sand imellom, mørk gråbrun. Rødbrunt lag ved 1,2 m, dels frosset.
	1,8 m	Permafrost med grunnvann over.

048. Bra-Trykk AS

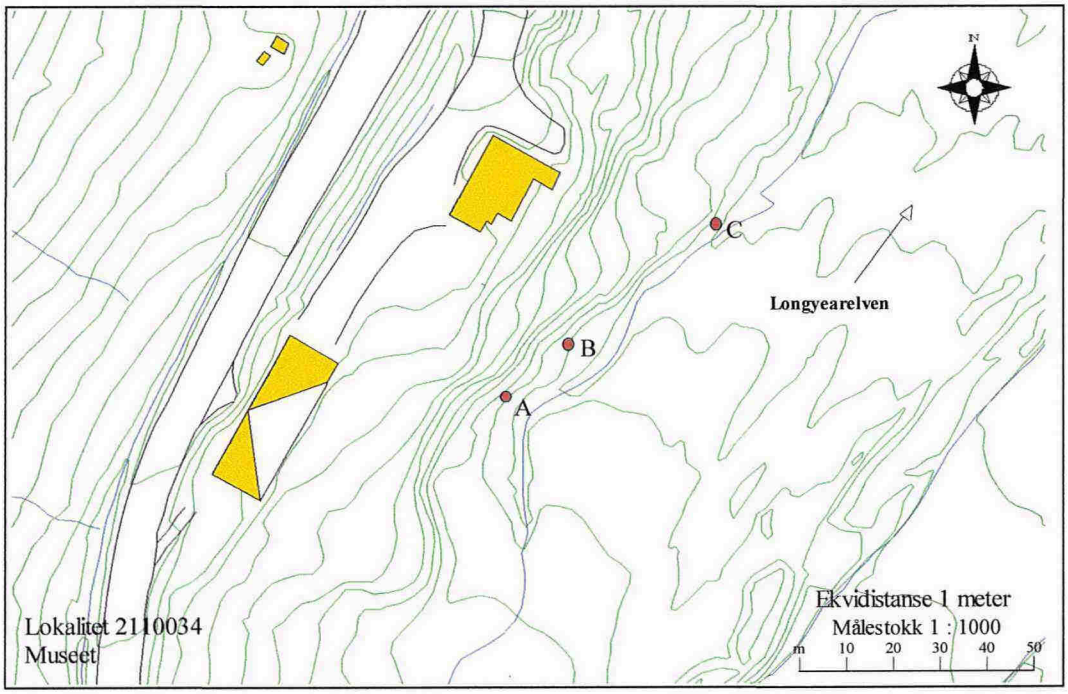


Fig. 7 Kartskisse over Museet.

Prøvested:

Jordprøver:	A-1:	0,1m; leirig, siltig masse med grus, rød
	A-2:	0,5 m; leirig, siltig masse med grus, blåsort
	A-3:	1,2 m; silt, sand, grus
Vannprøve:	A:	1,75m; sigevann over permafrosten

Beskrivelse sjakt B:	0,0-0,1 m	Torv, gress
	0,1-0,3 m	Jord (leirig, siltig) med rundet elvestein (maks dia.: 20-40 cm), rød. Teglstein og jernbånd innblandet.
	0,3-1,8 m	Stein, rundet, kornbåret struktur, med silt, sand imellom, mørk gråbrun. Gruslommer er rustrøde,"elveavsetning".
	1,8 m	Permafrost med grunnvann over.

Prøvested:

Jordprøver:	B-1:	0,3 m; leirig, siltig masse, rød
	B-2:	1,8 m; silt sand, grus, gråbrun
Vannprøve.	B:	1,75 m; sigevann over permafrost

Bra-Trykk AS

Beskrivelse sjakt C:	0,0-0,1 m	Torv/gress
	0,1-0,4 m	Stein, rundet, 20-40 cm i dia., kornbåret struktur med grus og sand innfylt, grå.
	0,4-2,3 m	Stein, rundet, kornbåret struktur, med silt/sand imellom, mørk gråbrun. Rødbrunt lag ved 0,4-1,4m av varierende tykkelse, "elveavsetning".
	2,3 m	Permafrost med grunnvann over.

Prøvested:

Jordprøver:	C-1:	0,6 m; sand, grus, grå
	C-2:	1,5 m; silt, sand, grus, mørk gråbrun
	C-3:	2,2 m; silt, sand, grus, mørk gråbrun
Vannprøve:	C:	2,2 m; sigevann over permafrost

3.7.3 Analyser

Vannprøvene ble analysert på innhold av tungmetaller. I tillegg ble prøve B analysert på innhold av BTEX+Naftalen, PAH, HCB og PCB. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøven er gitt i tabell 15, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 15 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B	C
pH	6,52	5,27	5,60
EC (µS/cm)	1402	1684	1750
Krom	< 1,0	6,3	3,9
Nikkel	79	105	200
Kobber	< 5,0	8,2	< 5,0
Sink	42	125	170
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,7	1,2	1,8
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
BTEX	-	<1,2	-
Min. olje	-	<50	-
PAH	-	<0,6	-
PCB	-	<0,08	-

Jordprøvene ble analysert på innhold av tungmetaller, og innhold av organiske forbindelser med GCMS screening. Et sammendrag av analyseresultatene er gitt i tabell 16, for detaljene henvises til vedlegg C.

048. Bra-Trykk AS

Tabell 16 Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A-1	B-1	C-1
Krom	20	25	22
Nikkel	30	39	34
Kobber	24	125	32
Sink	175	240	150
Kadmium	0,23	0,52	0,34
Bly	26	115	23
Arsen	27	39	14,0
Kvikksølv	< 0,1	0,28	< 0,1
Min. olje	<50	<50	<50
PAH	<1,6	<1,6	<1,6
PCB	<0,7	<0,7	<0,7

3.7.4 Vurdering av resultater

Ingen organiske forbindelser er påvist. Tungmetallinnholdet i vannprøvene viser spor av kadmium og forhøyet innhold av nikkel og sink. I jordprøvene ble også forhøyet innhold av sink funnet, i tillegg til bly og spor av kvikksølv og kadmium i prøve B.

Grunnvannstanden rett over permafrost helt inne ved skråningsfoten, indikerer at det er ubetydelig med grunnvannsstrømning gjennom fyllingen og ut mot elvesletten. Grunnvannet er litt surt, og videre transport ut mot Lonyearelvas nøytrale grunnvann vil medføre utfelling av tungmetaller. I tillegg er inngangskonsentrasjonene beskjedne, og dermed er forurensningspotensialet av "museumsgrunnvannet" vurdert å være ubetydelig.

3.7.5 Videre arbeid

Det anses ikke nødvendig med supplerende undersøkelser.

3.8 Polarhotellet (lok. nr. 2110039)

3.8.1 Situasjonsbeskrivelse

Under byggingen av Polarhotellet i 1994 og under utvidelsen i 1997, ble det funnet nedgravde oljefat, trolig fra 1961. Fatene ligger eller har ligget nedgravd ved Polarhotellets østre hjørne. I løpet av høsten 1997 ble ca. 300 fat gravet opp og tatt hånd om. Ca. 50 fat inneholdt olje. Ingen lekkasje skjedde under oppgravingen, men noe oljeforurenset jord er skiftet ut. Den resterende del av fatene skulle fjernes i løpet av 1998. Gravearbeid utført i august 1998 påviste ingen flere tønner.

048. Bra-Trykk AS

Den tildekkede fyllingen ligger i jevnt skrånende terreng nord for Lia, ca. midtveis mellom fjellfoten og Adventfjorden. Skråningen nedenfor hotellet mot UNIS er "nedstrøms" tønnedeponiet og utsatt for sig fra mulig utlekket olje. Det er ingen synlige skader på terrreng eller vegetasjon, ei heller er forurenset sigevann observert.

Løsmassene består av velgradert morene med permafrost på 1,2 m.

Resipient: Grunnvann, Adventfjorden

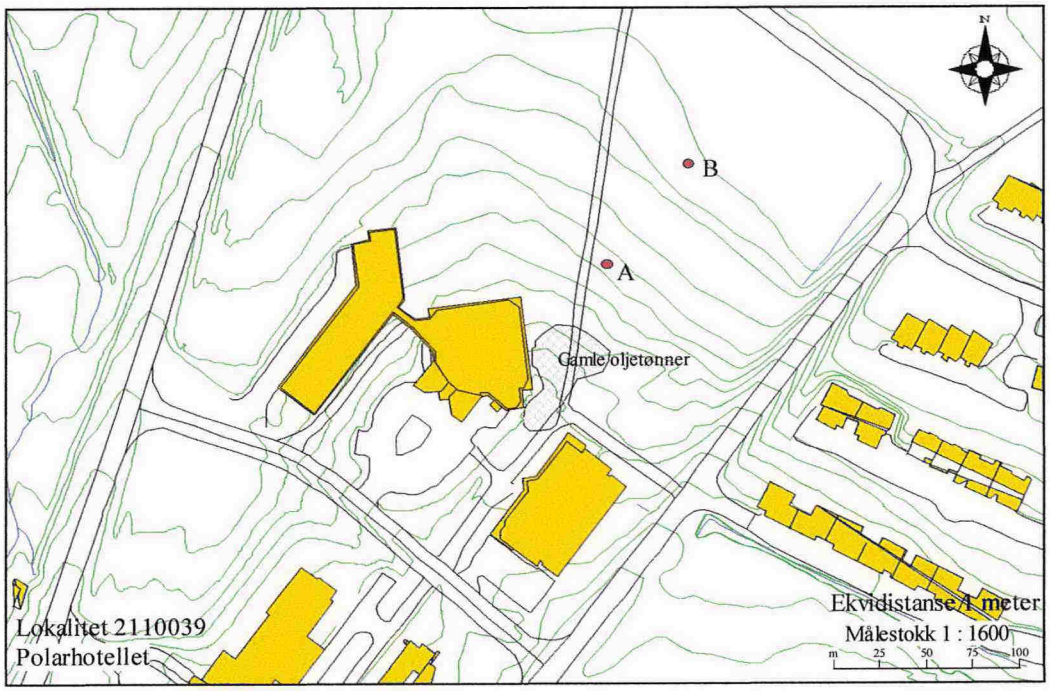


Fig. 8 Kartskisse over Polarhotellet

3.8.2 Prøvetaking

Kartskissen viser prøvetakingstedene. To sjakter, A og B, er gravet til permafrostlaget, og det er tatt jordprøver i begge og vannprøve i sjakt B.

Beskrivelse sjakt A:	0,0-0,1 m	Torv
	0,1-1,5 m	Sandige, siltige masser med litt leire og grus, stein av skiferbergarter "morene", gråbrun farge, rottrevler til ca. 0,4 m, deretter ren mineraljord.
	1,5m	Permafrost.

Prøvested:

Jordprøver:	A-1:	0,2 m; leire, silt, sand, grus, gråbrun
	A-2:	1,5 m; leire, silt, sand, grus, grå

Bra-Trykk AS

Beskrivelse sjakt B:	0,0-0,1 m	Torv
	0,1-1,2 m	Sandige, siltige masser med litt leire og grus, stein av skifer og andre bergarter, "morene", mørk brun farge, rottrevler til ca. 0,4 m, deretter ren mineraljord, maks. kornstørrelse 10-20 cm.
	1,2 m	Permafrost.

Prøvested:

Jordprøve:	B-1:	1,2 m; leire, silt, sand, grus, mørk brun
Vannprøve:	B:	1,2 m; sigevann over permafrost

3.8.3 Analyser

Vannprøven og jordprøvene ble analysert på BTEX+naftalen samt mineralolje. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 17, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 17 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	B
pH	6,56
EC (µS/cm)	3370
BTEX	<1,2
Min. olje	<50

Et sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene er gitt i tabell 18, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 18 Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A-1	A-2	B-1
BTEX	<0,7	<0,7	<0,7
Min. olje	51	74	160

3.8.4 Vurdering av resultater

Vannprøven viser en nøytral pH (6,6), men relativt høyt ledningsevne (3370 µS/cm). Det ble ikke påvist BTEX, naftalalen eller mineralolje i vannprøven. I jordprøven fra sjakt B ble mineralolje funnet. Olje er karakterisert som en dieselolje. Men innholdet på 160 mg/kg kan betegnes som beskjedent. Hvorvidt denne forurensningen er en følge av spredning fra det tidligere tønnedeponiet er uvisst.

Når forurensningskilden er fjernet, er det rimelig å anta at spredning av hydrokarboner med grunnvannet vil være svært liten. Massene er tette, gir lav trans-

048. Bra-Trykk AS

porthastighet, og det er langt til overflateresipient. Hydrokarbonrester i jorda vil ha et ubetydelig forurensningspotensiale.

3.8.4 Videre arbeid

Det anses ikke nødvendig med supplerende undersøkelser.

3.9 Oppredningsverk (lok. nr. 2110041)

3.9.1 Situasjonsbeskrivelse

Oppredningsverket dekker et stort område med driftsbygninger, maskiner og tipper av sortert og usortert kull og skeidestein. Verket vil være i drift til 1998. På området er det lagret grovavfall, maling- og oljefat som står på paller. På hele området nedenfor verket til sjøen ligger det skeidestein som er blitt omlagret med bulldoser. Området ligger på en slakt hellende skråning, trolig en alluvial vifte, ut mot fjorden.

Løsmassene består av sandige masser med permafrost på 1,7 til 3,5 m.

Resipient: Adventfjorden

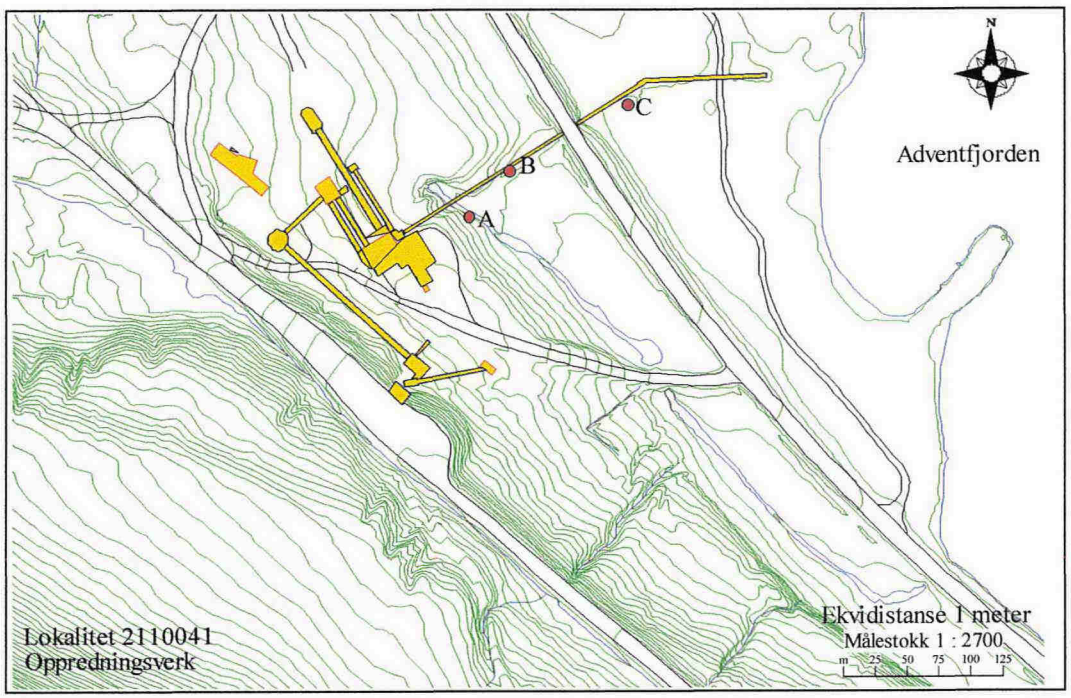


Fig. 9 Kartskisse over Oppredningsverket

Bra-Trykk AS

3.9.2 Prøvetaking

Kartskissen viser tre sjakter med prøvetaking av vann og jord.

Beskrivelse av sjakt A:	0,0-0,1 m	Toppmasse av stedlig sand og grus iblandet kullstøv og kullbiter.
	0,1-1,2 m	Omlagrede masser av stedlig silt, sand, grus og kantrundet stein av skifer og andre bergarter, maks. kornstørrrelse 30 cm, skeidestein er iblandet.
	1,2-2,0 m	Alluvial avsetning av kornbåret stein og grus med silt og sand, bergarter som over. (Vanskelig å skille mellom omlagrede masser og urørte alluviale sedimenter, alt kan være omlagret og iblandet skeidestein).
	2,0 m	Permafrost

Prøvested A:

Jordprøver:	A-1:	0,1m; stedlig toppmasse, sand, silt, knust skeidestein, kullstøv og biter av kull.
	A-2:	1,1 m; fra antatt bunn av omlagrede masser, silt, sand, grus og stein, samt biter av skeidestein og kull.
	A-3:	2,0 m; antatt alluvial avsetning av silt, sand, grus og stein.
Vannprøver:	A:	2,0 m; sigevann fra over permafrost, sterkt blakket, ingen lukt, kan være innsig fra bekken.

Beskrivelse av sjakt B:	0,0- 1,6 m	Fyllmasse av skeidestein, kullstøv og kullbiter, samt silt, sand, grus og stein fra de alluviale avsetningene.
	1,6-3,5 m	Silt, sand, grus og stein fra alluvial avsetning.
	3,5 m	Permafrost

Prøvested B:

Jordprøver:	B-1:	0,1 m; kullstøv og kullbiter, silt og sand.
	B-2:	1,6 m; silt, sand, grus like under fyllmassen.
	B-3:	3,4 m; silt, sand, grus fra de alluviale sedimentene.
Vannprøver:	B:	3,5 m; sigevann fra over permafrosten, sterkt blakket, ingen lukt.

048. Bra-Trykk AS

Beskrivelse av sjakt C:	0,0-0,4 m	Sandig grus med iblandet kullstøv
	0,4-1,7 m	Siltig finsand med grus. Svovelutfelling på ca. 1,6 m.
	1,7 m	Permafrost

Prøvested C:

Jordprøver: C-1: 0,4 m; under kullstøvlag; grus, sand, silt.
C-2: 1,4 m; silt, finsand, grus.

Vannprøve: C: 1,6 m; sigevann fra over permafrosten, blakket vann, ingen lukt.

3.9.3 Analyser

Vannprøvene er analysert på tungmetaller, jern, aluminium og sulfat. Et sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene er gitt i tabell 19, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 19 Sammendrag av analyseresultatene fra vannprøvene (i µg/l hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A	B	C
pH	5,27	3,40	3,22
EC (µS/cm)	464	778	898
Krom	5,9	17,5	11,5
Nikkel	34	120	81
Kobber	< 5,0	130	28
Sink	1.550	390	260
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,6	1,7	1,0
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Al (mg/l)	0,2	27	5,9
Fe (mg/l)	0,1	6,4	5,3
SO_4 (mg/l)	190	480	420

Jordprøvene fra toppsjiktet i hver sjakt har blitt analysert på innhold av tungmetaller. Et sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene er gitt i tabell 20, for detaljene henvises til vedlegg C.

Tabell 20 Sammendrag av analyseresultatene fra jordprøvene (i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt).

Parameter	A-1	B-1	C-1
Krom	19	22	17
Nikkel	21	21	16,0
Kobber	15,5	22	19,0
Sink	135	72	54
Kadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bly	11	11	14
Arsen	24	12,5	19,5
Kvikksølv	0,16	< 0,1	< 0,1

048. Bra-Trykk AS

3.9.4 Vurdering av resultater

Vannprøvene viser en relativt lav pH (3,2-5,3). Prøvene fra sjakt B og C er tydelig påvirket av sur avrenning. Det vises også i et høyt innhold av tungmetaller (nikkel, kobber og sink), jern, aluminium og sulfat. Vannprøven fra sjakt A er bare i liten grad påvirket av sur avrenning, men sinkinnholdet er høyt. Prøve A, som viser forholdsvis høy pH (5,3), er sannsynligvis påvirket av nøytralt vann som kommer fra oversiden av oppredningsverket. Det er ellers ingen klare trender på tungmetalltransporten mot sjøen. Resultatene er mer påvirket av lokale forhold i sjaktene.

Det er ingen av de målte parametrene som bidrar til transport av forurensning til sjøen.

Jordprøvene viser ingen klar økning i tungmetallinnhold.

3.9.5 Videre arbeid

Det er ikke nødvendig å utføre supplerende undersøkelser

048. Bra-Trykk AS

4 KONKLUSJON

Resultatene fra de avklarende undersøkelsene på 8 lokaliteter viser at på 6 lokaliteter er sur avrenning hovedproblemet. Avrenningen karakteriseres av en lav pH (< 4,5), høyt innhold av tungmetaller, jern, aluminium og sulfat. Nikkel, kobber og sink er de dominerende tungmetaller i sigevannet. Jord og sedimentprøver viste i enkelte tilfeller et sterkt forhøyet innhold av arsen.

Ingen klororganiske forbindelser har blitt påvist i de tidligere fyllingsområdene. Det ble påvist olje og spor av PAH i den gamle fyllingen langs Adventfjorden. Fyllingen ved museet viste forhøyet innhold av enkelte tungmetaller. Ved Polarhotellet ble det funnet mineralolje i en jordprøve, men ikke i grunnvannet.

Sammenfattende kan en si at forurensningsnivået ved de undersøkte fyllingene er begrenset. Surt sigevann kan føre til lokal skade på vegetasjonen i lang tid fremover, som målingen ved gruve 1B viser. Bidraget av tungmetallinnholdet i sigevannet til forurensningsnivået i resipienten må anses å være begrenset.

For å avklare gjenværende problemstillinger ved noen av lokaliteter anbefales det å utføre supplerende undersøkelser ved tre lokaliteter (tabell 21). Kostnadsoverslagene er foreløpige der omfang og innhold i de supplerende undersøkelsne bør avklares nærmere.

Tabell 21 Oversikt over behov for supplerende undersøkelser ved de undersøkte lokaliteter.

Lok. nr.	Lokalitetsnavn	Suppl. Undersøk	Omfang av supplerende undersøkelsene
2110014	Gruve 1b	ja	Sjakting, jord-og sigevannsprøver
2110022	Gruve 3	Ja	Sjakting, jord-og sigevannsprøver
2110024	Gruve 3, tipp 3, Bjørndalen	Nei	
2110031	Gruve 7	Nei	
2110032	Gammel fylling	Ja	3 brønner og overvåking av organiske forbindelser
2110034	Fylling ved museet	Nei	
2110039	Polarhotellet	Nei	
2110041	Oppredningsverk	Nei	

048. Bra-Trykk AS

5 REFERANSER

Akvaplan-NIVA (1994)
Marine resipient undersøkelser ved Longyearbyen og Barentsburg, Svalbard. Rapport nr. 412.93.402, Akvaplan-niva, Tromsø. 47 s.

Banks, D. (1996)
The hydrochemistry of selected coal mine drainage and spoil-tip run-off waters, Lonyearbyen, Svalbard. NGU rapport 96.141.

Beck, P.Å., og Jaques, R. (1993)
Datarapport for miljøgifter i Norge. SFT-rapport nr. 93:23, Oslo.

Lythy, R.G., et al. (1997)
Sequestration of hydrophobic organic contaminants by geosorbents. Environ. Sci. &Technol., vol. 31, No. 12.

Låg, I. (1980)
Sur sulfatjord ved Longyearbyen, Svalbard.
Jord og Myr, 4, s. 158-160.

Låg, I. (1988)
Jordforgiftning fra gruveavfall brukt som fyllmasse i Longyearbyen, Svalbard.
Jord og Myr, 7, s. 208-211.

NGU (1998)
Data for innhold av grunnstoffer i flomsedimenter fra Svalbard. Notat fra NGU v/R. Ottesen datert 3.12.98.

SFT (1995)
Håndtering av grunnforurensningssaker. Foreløpig saksbehandlingsveileder. SFT-rapport 95:09. Statens forurensningstilsyn, Oslo, 54 s.

SFT (1998)
Kartlegging av deponier, forurenset grunn og etterlatenskaper på Svalbard. SFT-rapport 98:04 og 04B. Statens forurensningstilsyn, Oslo.

SNSK og KB (1998)
Kartlegging av forurensningspotensiale fra deponier på Svalbard. Tilbudsinnbydelsen inkl. vedlegg, datert 24.06.98

Sosial og helsedepartementet (1996)
Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.
I-9/95, 2. utg. 4 juli 1996, 38 s.

048. Bra-Trykk AS

Stern, G. A., et al (1997)
Polychlorinated Biphenols (PCB) in artic air. 1: 1992-1994. Environ. Sci. & Technol., vol. 3, no. 31.

White (1996)
Reduced biodegradability of desorbtion-resistant fractions of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and aquifer solids. Environ. Tox. And Chemistry. Vol. 15, no.11.

048. Bra-Trykk AS

Vedlegg A - Bilder fra lokalitetene

048. Bra-Trykk AS

Bilde 1. Avrenning fra gruve 1 (lok. Nr. 2110014).

Bilde 2. Gruve 3 (lok. nr. 2110022)

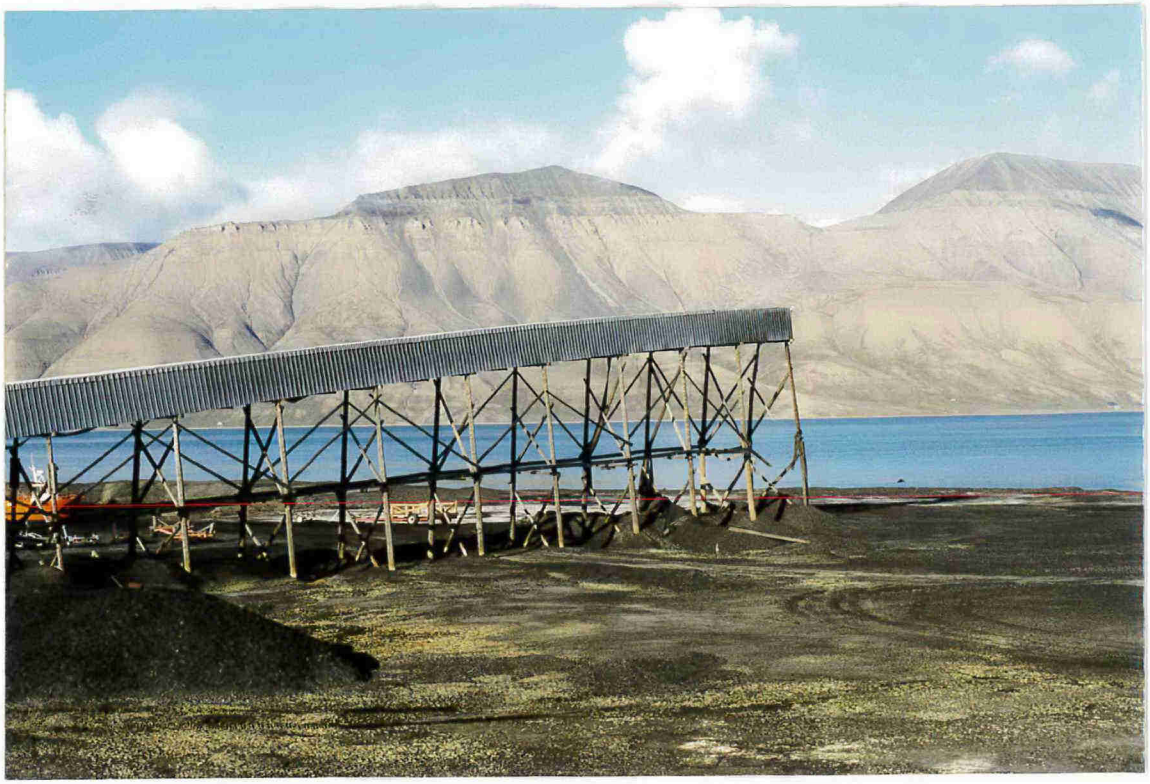
048. Bra-Trykk AS

Bilde 3. Gruve 3, tipp 3 Bjørndalen (lok. Nr. 2110024).

Bilde 4. Gruve 7 (lok. nr. 2110031)

048. Bra-Trykk AS

Bilde 5. Gammelfylling (lok. Nr. 2110032).



Bilde 6. Oppredningsverk (lok. nr. 2110041)

048. Bra-Trykk AS

Vedlegg B - Analyseresultater vannprøver

048. Bra-Trykk AS

Prøvekodene består av lokalitetsnummer og prøvetakingssted, f.eks. prøvenummer 0014-B står for lokalitet 2110014, prøve B. Alle analyse-resultatene er oppgitt i µg/l hvis ikke annet er angitt.

Vannprøvenummer	0014-B	0014-C	0014-D	0022-A
pH	2,68	2,60	6,00	3,16
EC (µS/cm)	2480	3410	62	3580
Temp (°C)	7,3	8,1	6,5	6,4

Vannprøvenummer	0022-B	0024-A	0024-B	0031-A
pH	4,55	3,60	3,09	7,88
EC (µS/cm)	357	1468	655	3970
Temp (°C)	6,5	7,8	10,5	7,5

Vannprøvenummer	0031-B	0031-C	0032-A	0032-B
pH	7,53	7,07	7,12	8,24
EC (µS/cm)	212	221	13840	25100
Temp (°C)	3,3	3,1	7,6	6,0

Vannprøvenummer	0032-C	0034-A	0034-B	0034-C
pH	7,87	6,52	5,27	5,60
EC (µS/cm)	20200	1402	1684	1750
Temp (°C)	9,0	5,4	2,6	2,9

Vannprøvenummer	0039-B	0041-A	0041-B	0041-C
pH	6,56	5,27	3,40	3,22
EC (µS/cm)	3370	464	778	898
Temp (°C)	10,2	8,2	7,2	6,2

048. Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0014-B	0014-C	0014-D	0022-A
Metaller (ICP-AES; NEN 6426)				
Krom	36	105	7,2	41
Nikkel	510	1.150	< 5,0	1.350
Kobber	260	660	< 5,0	560
Sink	1.800	3.700	23	4.000
Arsen	< 5,0	11,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	< 0,4	2,5	< 0,4	11,0
Bly	11,5	18,5	< 5,0	7,3
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Aluminium (mg/l)	35	86	< 0,1	86
Jern (mg/l)	165	320	< 0,1	62
Sulfat(SO4) (mg/l)	1.800	3.100	105	3.200

Vannprøvenummer	0022-B	0024-A	0024-B	0031-A
Metaller (ICP-AES; NEN 6426)				
Krom	7,0	8,7	4,6	1,4
Nikkel	43	590	175	220
Kobber	< 5,0	62	59	< 5,0
Sink	130	2.400	800	125
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,9	2,9	1,1	0,5
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Aluminium (mg/l)	1,4	6,4	4,6	< 0,1
Jern (mg/l)	0,1	16,0	9,7	0,2
Sulfat(SO4) (mg/l)	260	890	300	2.100

Vannprøvenummer	0031-B	0031-C	0032-A	0032-B
Metaller (ICP-AES; NEN 6426)				
Krom	7,1	< 1,0	6,2	11,0
Nikkel	< 5,0	< 5,0	18,0	5,3
Kobber	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sink	24	360	44	50
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	< 0,4	< 0,4	0,8	< 0,4
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Aluminium (mg/l)	< 0,1	< 0,1	-	-
Jern (mg/l)	< 0,1	0,2	-	-
Sulfat(SO4) (mg/l)	69	59	-	-

Vannprøvenummer	0032-C	0034-A	0034-B	0034-C
Metaller (ICP-AES; NEN 6426)				
Krom	1,7	< 1,0	6,3	3,9
Nikkel	< 5,0	79	105	200
Kobber	< 5,0	< 5,0	8,2	< 5,0
Sink	70	42	125	170
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	< 0,4	0,7	1,2	1,8
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

048 Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0041-A	0041-B	0041-C
Metaller (ICP-AES; NEN 6426)			
Krom	5,9	17,5	11,5
Nikkel	34	120	81
Kobber	< 5,0	130	28
Sink	1.550	390	260
Arsen	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kadmium	0,6	1,7	1,0
Bly	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Kvikksølv	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Aluminium (mg/l)	0,2	27	5,9
Jern (mg/l)	0,1	6,4	5,3
Sulfat(SO4) (mg/l)	190	480	420

048. Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0032-A	0032-B	0032-C	0034-B
BTEX + Naftalen (NEN 6407, GCMS)				
Benzen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Toluen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Ethylbenzen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
p+m-Xylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
o-Xylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Total BTEX	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Sum Xylenen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Naftalen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Mineral Olje GC (analog o-NVN 6678)				
Fraksjon C10 - C12	< 20	< 20	190	< 20
Fraksjon C12 - C22	< 20	< 20	710	< 20
Fraksjon C22 - C30	< 20	< 20	2.300	< 20
Fraksjon C30 - C40	< 20	< 20	1.200	< 20
Total Mineral Olje C10-C40	< 50	< 50	4.400	< 50

Vannprøvenummer	0039-B
BTEX + Naftalen (NEN 6407, GCMS)	
Benzen	< 0,2
Toluen	< 0,2
Ethylbenzen	< 0,2
p+m-Xylen	< 0,1
o-Xylen	< 0,1
Total BTEX	< 1,0
Sum Xylenen	< 0,2
Naftalen	< 0,2
Mineral Olje GC (analog o-NVN 6678)	
Fraksjon C10 - C12	< 20
Fraksjon C12 - C22	< 20
Fraksjon C22 - C30	< 20
Fraksjon C30 - C40	< 20
Total Mineral Olje C10-C40	< 50

048. Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0031-B	0032-A	0032-B	0032-C
PAH (NEN 6524, HPLC)				
Naftalen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaftylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaften	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fenanthren	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02
Anthracen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Fluoranthen	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,115
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09
Benzo(a)anthracen	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,088
Krysen	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,044
Benzo(b)fluoranthen	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,150
Benzo(k)fluoranthen	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,061
Benzo(a)pyren	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,130
Dibenz(a,h)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,110
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,078
Total PAH's EPA	< 0,6	< 0,6	< 0,6	0,9
Total PAH's VROM	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,6
Total PAH's Borneff	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,64

Vannprøvenummer	0034-B
PAH (NEN 6524, HPLC)	
Naftalen	< 0,1
Acenaftylen	< 0,1
Acenaften	< 0,1
Fluoren	< 0,1
Fenanthren	< 0,02
Anthracen	< 0,02
Fluoranthen	< 0,005
Pyren	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,002
Krysen	< 0,002
Benzo(b)fluoranthen	< 0,002
Benzo(k)fluoranthen	< 0,002
Benzo(a)pyren	< 0,002
Dibenz(a,h)anthracen	< 0,05
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,002
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	< 0,002
Total PAH's EPA	< 0,6
Total PAH's VROM	< 0,2
Total PAH's Borneff	< 0,02

048. Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0031-B	0032-A	0032-B	0032-C
OCB's og PCB's (o-NEN 6406: GC, ECD-det)				
1.3-Hexaklorbutadien	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pentaklorbenzen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alfa HK	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Beta HK	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Gamma HK	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Delta HK	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Hexaklorbenzen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Heptaklor	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
cis-Heptaklorepoxide	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Aldrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dieldrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Endrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Telodrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
o,p-DDE	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
p,p-DDE	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
o,p-DDD	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
p,p-DDD	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
o,p-DDT	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
p,p-DDT	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
cis Klordan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
trans Klordan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Alfa endosulfan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Beta endosulfan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Total O.C.B.'s	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
PCB 28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 101	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 118	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Total P.C.B.'s	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Drins	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
HK's	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
DDD+DDT+DDE's	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06

048. Bra-Trykk AS

Vannprøvenummer	0034-B
OCB's og PCB's (o-NEN 6406: GC, ECD-det)	
1.3-Hexaklorbutadien	< 0,01
Pentaklorbenzen	< 0,01
Alfa HK	< 0,01
Beta HK	< 0,01
Gamma HK	< 0,01
Delta HK	< 0,01
Hexaklorbenzen	< 0,01
Heptaklor	< 0,01
cis-Heptaklorepoxide	< 0,01
Aldrin	< 0,01
Dieldrin	< 0,01
Endrin	< 0,01
Telodrin	< 0,01
o,p-DDE	< 0,01
p,p-DDE	< 0,01
o,p-DDD	< 0,01
p,p-DDD	< 0,01
o,p-DDT	< 0,01
p,p-DDT	< 0,01
cis Klordan	< 0,01
trans Klordan	< 0,01
Alfa endosulfan	< 0,01
Beta endosulfan	< 0,01
Total O.C.B.'s	< 0,2
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,02
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Total P.C.B.'s	< 0,08
Drins	< 0,03
HK's	< 0,04
DDD+DDT+DDE's	< 0,06

048. Bra-Trykk AS

Vedlegg C - Analyseresultater jord- og sedimentprøver

048 Bra-Trykk AS

Prøvekodene består av lokalitetsnummer og prøvetakingssted, f.eks. prøvenummer 0014-B-1 står for lokalitet 2110014, prøve B nivå 1. Alle analyse-resultatene er oppgitt i mg/kg tørrstoff hvis ikke annet er angitt.

Prøvenr **Dybde (m)**	**0014-A-1 0.0**	**0014-C-1 0.0**	**0022-C-1 0.0**	**0022-D-1 0.0**
Tørrstoff innhold (%)	79,5	60,6	69,0	61,9
Metaller (ICP, NEN 6426)				
Krom	14	15	13	39
Nikkel	7,5	7,9	8,1	27
Kobber	18,0	12,0	18,0	50
Sink	45	39	37	115
Kadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bly	17	18	12	22
Arsen	27	56	19,0	36
Kvikksølv	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1

Prøvenr **Dybde (m)**	**0022-E-1 0.20**	**0024-A-1 0.0**	**0024-B-1 0.0 m**	**0031-C-1 0.1**
Tørrstoff innhold (%)	74,7	66,4	23,5	80,6
Metaller (ICP, NEN 6426)				
Krom	16	26	12	13
Nikkel	9,7	30	8,5	14,0
Kobber	11,5	9,9	5,4	12,0
Sink	33	180	35	50
Kadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,30	< 0,2
Bly	11	20	10	< 10
Arsen	11,5	98	75	12,0
Kvikksølv	0,13	< 0,1	< 0,40	< 0,1

Prøvenr **Dybde (m)**	**0034-A-1 0.1**	**0034-B-1 0.3 m**	**0034-C-1 0.6 m**
Tørrstoff innhold (%)	90,8	81,8	87,6
Metaller (ICP, NEN 6426)			
Krom	20	25	22
Nikkel	30	39	34
Kobber	24	125	32
Sink	175	240	150
Kadmium	0,23	0,52	0,34
Bly	26	115	23
Arsen	27	39	14,0
Kvikksølv	< 0,1	0,28	< 0,1

Prøvenr **Dybde (m)**	**0041-A-1 0.1**	**0041-B-1 0.1**	**0041-C-1 0.4**
Tørrstoff innhold (%)	93,1	97,6	94,4
Metaller (ICP, NEN 6426)			
Krom	19	22	17
Nikkel	21	21	16,0
Kobber	15,5	22	19,0
Sink	135	72	54
Kadmium	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Bly	11	11	14
Arsen	24	12,5	19,5
Kvikksølv	0,16	< 0,1	< 0,1

048. Bra-Trykk AS

Prøvenr Dybde (m)	0039-A-1 0.2	0039-A-2 1.5	0039-B-1 1.2 m
Tørrstoff innhold (%)	93,4	87,2	73,2
BTEX+Naftalen (ontw. NEN 5732, GCMS)			
Benzen	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Toluen	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ethylbenzen	< 0,05	< 0,05	< 0,05
p+m-Xylen	< 0,02	< 0,02	0,03
o-Xylen	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Total BTEX	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Sum Xylenen	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Naftalen	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mineral Olje GC (VPR C85-19)			
Fraksjon C10 - C12	< 5,0	5,4	10,0
Fraksjon C12 - C22	25	34	92
Fraksjon C22 - C30	18,0	21	39
Fraksjon C30 - C40	7,5	13,5	21
Total Mineral Olje C10-C40	51	74	160

048. Bra-Trykk AS

Prøvenr Dybde (m)	0031-C-1 0.1	0034-A-1 0.1	0034-B-1 0.3 m	0034-C-1 0.6 m
Tørrstoff innhold (%)	80,6	90,8	81,8	87,6
GCMS-screning na DCM-extractie				
1.3-Hexaklorbutadien	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Alfa HK	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Beta HK	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Gamma HK	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Delta HK	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Heptaklor	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
cis-Heptaklorepoxide	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Aldrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Endrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Telodrin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
o,p-DDE	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
p,p-DDE	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
o,p-DDD	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
p,p-DDD	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
o,p-DDT	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
p,p-DDT	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
cis Klordan	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
trans Klordan	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Alfa endosulfan	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Beta endosulfan	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Total O.C.B.'s	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
PCB 28	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 52	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 101	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 118	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 138	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 153	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PCB 180	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Total P.C.B.'s	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Drins	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
HK's	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
DDD+DDT+DDE's	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Naftalen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaftylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaften	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pyren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(a)anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Krysen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(b)fluoranthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(k)fluoranthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(a)pyren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenz(a,h)anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Total PAH's EPA	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6
Total PAH's VROM	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Total PAH's Borneff	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Monoklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Diklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,3-Diklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,4-Diklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,3-Triklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4-Triklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

048. Bra-Trykk AS

1,3,5-Triklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,3,4-Tetraklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,3,5-Tetraklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2,4,5-Tetraklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pentaklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hexaklorbenzen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sum diklorbenzenen	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum triklorbenzenen	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum tetraklorbenzenen	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum klorbenzenen	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
2-Klorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3- og 4-Klorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,5-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,6-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3,4-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3,5-Diklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,4-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,5-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,6-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4,5-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4,6-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3,4,5-Triklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,4,5-Tetraklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,4,6-Tetraklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,5,6-Tetraklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pentaklorfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
4-Klor-3-Methylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sum monoklorfenolen	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum diklorfenolen	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Sum triklorfenolen	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Sum tetraklorfenolen	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Total	< 2,4	< 2,4	< 2,4	< 2,4
Fenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2-Methylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3+4-Methylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
o-Ethylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
p-Ethylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
m-Ethylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3-Xylenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4 + 2,5-Xylenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,6-Xylenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3,4-Xylenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3,5-Xylenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2-Isopropylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,3,5-Trimethylfenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Betha-naftol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sum o+p+m-Cresol	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum o+p+m-Ethylfenol	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sum Xylenolen	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
2-Nitrofenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3-Nitrofenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
4-Nitrofenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4-Dinitrofenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2-Methyl-4,6-Dinitrofenol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dimethylftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Di-n-ethylftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Di-n-butylftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Butylbenzylftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bis(2-ethylhexyl)ftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Di-n-octylftalat	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sum bovenstande ftalaten	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Mineral Olje GCMS	< 50	< 50	< 50	< 50
Antal overige componenten	0	1	0	0

048. Bra-Trykk AS

Vedlegg D - Analysemetoder

048. Bra-Trykk AS

METALL ANALYSER PÅ ICP

Metallene utgjør en gruppe på ca. 80 elementer i det periodiske systemet. Grensen mellom metaller og ikke-metaller er vanskelig å trekke, f.eks. er arsen et "halvmetall" med egenskaper både fra metaller og ikke-metaller. "Tungmetaller" er kjemisk definert som metaller med egenvekt større enn 5, men i miljøsammenheng benyttes uttrykket som en betegnelse på de sporelementene som regnes som spesielt farlige selv i små mengder, og som har vært vanlige å benytte i industri og vareproduksjon. Disse innbefatter Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba, Hg og Pb.

Uttrykket "makroelementer" innbefatter elementer som forefinnes i større mengder i løsmasser og grunnvann, som f.eks. Fe, Mn, Al, Ca, Mg, S etc.

Analysepakke «8 tungmetaller omfatter følgende elementer: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn og Hg

Det kan også utføres enkeltelementbestemmelser.

Dersom bare Hg ønskes kan denne analyseres utføres som egen analyse på kalddampteknikk.

Jordprøver

Jordprøvene blir veid inn i teflonbomber og tilført kongevann. Prøvene blir oppsluttet i en magnetronovn under høyt trykk og temperatur. Etter oppløsning blir partikler filtrert av og ekstraktet er klar til analyse med ICP.

Vannprøver

Vannprøver filtreres på 0,45 µm filter og tilsettes salpetersyre til 1% oppløsning før prøven analyseres på ICP.

ICP analyse

To teknikker kan benyttes:

A. ICP-AES, der prøven føres inn i en flamme på ca. 6000°C, noe som fører til at elektronene i hvert enkelt atom eksiteres og avgir lys når de faller "på plass" igjen. Dette lyset har intensitet og bølgelengder som er spesifikke for hvert element og kan således benyttes til å identifisere og kvantifisere hvert element.

B. ICP MS er en kombinasjon av ICP der et massespektrometer (MS) benyttes til å detektere ionene som dannes i ICP. I stedet for å skille de forskjellige elementene med bølgelengde, benyttes massespektrometeret

048 Bra-Trykk AS

til å skille og kvantifisere de ioniserte elementene ved hjelp av masse/ ladning ratio. Teknikken gir lavere deteksjonsgrenser enn ICP/AES og er derfor spesielt egnet for sporelementer i grunnvannsprøver.

Kalddampteknikk for kvikksølv

Fordi kvikksølv er meget giftig, er det derfor viktig å kunne kvantifisere dette elementet i meget lave konsentrasjoner. På grunn av egenskaper med kvikksølv og de lave kvantifiseringsnivåene, lar ikke dette seg gjøre med standard ICP teknikker slik at kalddampteknikk må benyttes.

I kalddampteknikk reduseres alt kvikksølv i prøven til elementært kvikksølv og drives ut av prøven med gjennombobling av luft. Kvikksølvgassen føres inn til et rør i atomabsorpsjons spektrometeret (AAS) der innholdet og mengden kan bestemmes med lysabsorpsjon ved en bestemt bølgelengde.

Tekniske data

Metode:	Oppslutning:	o-NVN 5770;
	Metaller ekskl. Hg:	o-NVN 6426 (jord), o-NVN 6445(grunnvann);
	Hg og sigevann :	NEN 6449

Rapporteringsgrenser:

	Jord (mg/kg)	Vann (µg/l)	Sigevann (mg/l)
Cr	10	1,0	0,01
Ni	5,0	5,0	0,01
Cu	5,0	5,0	0,01
Zn	10	50	0,05
Cd	0,2	0,4	0,01
Pb	10	5,0	0,01
As	10	10	0,01
Hg	0,1	0,05	0,001
Al	50	100	0,1
Fe	50	100	0,1

048 Bra-Trykk AS

ANIONER I VANN

Komponenter: Br^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}
Analysemetode baser på NEN-EN-ISO 10304-1

Analysen

Analyse av anioner i vann blir utført ved hjelp av ionekromatografi. Prøven blir separert på en kationisk kolonne som separerer de ulike anionene. Etter separasjonen blir komponentene detektert ved hjelp av en ledningsevne detektor.

Kvantifiseringsgrenser	**Jord mg/kg**	**Vann mg/l**
• Sulfat (SO_4^{2-})	5,0	0,5

048. Bra-Trykk AS

BTEXN

Komponenter: Monoaromatiske hydrokarboner og Naftalen (BTEXN)
Analysemetode basert på NEN 6407

Innledning

Forkortelse BTEXN omfatter de flyktige aromatiske hydrokarboner bensen, tolen, etylbensen og tre isomerer av xylen (orto, meta og para) samt naftalen. Disse forbindelsene finnes i mineralolje produkter og steinkull tjære. Enkelt forbindelser blir også anvendt i maling, lim og løsemidler.

Aromatiske hydrokarboner er svært mobilt i miljøet som følge av en høy vannløselighet og høy damptrykk. Ved spill av jetdrivstoff vil BTEX og naftalen være de komponentene som spre seg med grunnvannet, mens de alifatiske hydrokarboner i jetdrivstoff vil være relativt immobile og binde seg til grunnen.

Analysen

Jordprøvene blir ekstrahert med aceton og deretter analysert ved hjelp av "headspace" teknikk og GC/MS.

Vannprøver blir analysert ved hjelp av on-line "purge & trap" metode. Vannprøven blir oppvarmet og gjennom boblet med nitrogen gass. Komponentene blir kvantifisert ved hjelp av GC/MS.

Rapporteringsgrenser	**Jord**	**Vann**
	mg/kg ts	**µg/l**
• Bensen	0,05	0,2
• Toluen	0,05	0,2
• Etylbensen	0,05	0,2
• Xylen (m/p-)	0,02	0,1
• Xylen (o-)	0,02	0,1
• Sum xylener	0,05	0,2
• Sum BTEX	0,20	1,0
• Naftalen	0,05	0,2

048. Bra-Trykk AS

OLJE - GC (gass kromatografi)

Olje består av mer enn 10 000 forskjellige komponenter. Denne analysen gir innhold av mineralolje som en sumparameter etter innhold av stoffer i området mellom alkankjeder av forskjellig lengde. BTEX-analyser kan gjøres i tillegg for å få et enda mer fullstendig bilde av oljen. I noen tilfeller kan det være nødvendig å spesifisere oljetype, f.eks forskjellen mellom råolje, smøreolje, diesel eller kerosin, noe som kan gjøres utfra GC-kromatogrammet. Innholdet av bensin (C_7-C_{10}) kan også finnes ved spesialanalyse ved hjelp av "purge&trap" og GC/MS analyse. GC-kromatogrammet fra analysen kan gi verdifulle opplysninger om forvitringsgrad av oljen.

Jordprøver

Jordprøver blir ekstrahert med en aceton/ heksan-blanding. Acetonfraksjonen blir vasket ut med vann, mens det gjenværende heksanekstraktet vaskes med silikagel for å fjerne polare interfererende stoffer og injiseres i gasskromatografen (GC-FID).

Vannprøver

Vannprøver blir ekstrahert direkte med heksan og aceton, vasket med silicagel og injisert i GC med FID detektor.

En "på kolonne"-injeksjonsteknikk blir benyttet for å unngå diskriminering mellom stoffer med høye og lave kokepunkt.

I den nye nederlandske standarden er det totale integrerte arealet mellom C_{10} og C_{40} definert som olje.

Metode: Egenutviklet basert på VPR C85-19

Rapporteringsgrenser:	Jord (mg/kg)	Grunnvann (µg/l)
C_{10} - C_{12}	20	20
C_{12} - C_{22}	20	20
C_{22} - C_{30}	20	20
C_{30} - C_{40}	20	20
Total mineralolje	50	50

048. Bra-Trykk AS

PAH

Komponenter: Polycykliske Aromatiske Hydrokarboner (PAH)
Analysemetode basert på NEN 6524

Innledning

PAH er en gruppe organiske forbindelse som består av mer enn 200 stoffer som kjennetegnes ved at de består av 2 eller flere sammenbundne bensenringer. PAH-forbindelser oppstår ved ufullstendig forbrenning av hydrokarboner og ved tørr destillasjon av steinkull, slik den ble anvendt i gass- og koksverk. PAH-forbindelsene grupperes etter antall kondenserte ringer. 2 og 3 ring PAH (naftalen, antracen og fenantren) er vannløselige og transporteres med grunnvannet. De tynge 4, 5 og 6 ring PAH forbindelsene er praktisk uløselig og lite mobilt. På grunn av sine karsinogene egenskaper får de tyngre PAH-forbindelser stor oppmerksomhet i miljøundersøkelser. Karsinogenitet har blitt dokumentert for: Benzo(a)antrasen, Crysen, Benzo(k)fluoranten Benzo(a)pyren og Indeno(1,2,3-cd)pyren

Analysen

Jordprøvene blir ekstrahert med aceton og hexan og deretter analysert ved hjelp av GC/MS. For jordprøver foretrekkes GC/MS-teknikken fremfor HPLC-metoden, fordi man unngår interferens fra andre komponenter.

Vannprøver blir etter ekstraksjon med hexan renset for å fjerne evt. interfererende komponenter. Deretter benyttes væskekromatografi (HPLC) med UV/fluorescensdeteksjon. GC-MS er benyttes ikke på vannprøver på grunn av GC-MS har høyere deteksjonsgrenser enn HPLC.

Rapporteringsgrenser	**Jord**	**Vann**
	mg/kg	**µg/l**
• Naftalen	0,02	0,1
• Acenaftylen	0,02	0,1
• Acenaften	0,02	0,1
• Fluoren	0,02	0,1
• Fenantren	0,02	0,02
• Antrasen	0,02	0,02
• Fluoranten	0,02	0,005
• Pyren	0,02	0,005
• Benzo(a)antrasen	0,02	0,002
• Crysen	0,02	0,002
• Benzo(b)fluoranten	0,02	0,002
• Benzo(k)fluoranten	0,02	0,002
• Benzo(a)pyren	0,02	0,002
• Dibenz(a,h)antrasen	0,02	0,05
• Benzo(ghi)perylen	0,02	0,002
• Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,02	0,002
• Total PAH (EPA)	0,3	0,6

048. Bra-Trykk AS

PCB

Komponenter: Polyklorbifenylener (PCB)
Analysemetode baser på o-NON 5734 (jord); o-NEN 6406 (vann)

Innledning

Polyklorbifenyler (PCB) omfatter en gruppe på ca 200 enkeltstoffer. De lages ved klorering av bifenyler og danner en blanding av forbindelser som er vanskelig å skille. For teknisk bruk er særlig den midlere kloreringen viktig å angi. For å forenkle navngivningen blir ofte Ballschmiters PCB nummerering valgt.

PCB er meget lite løslige i vann og er ikke flyktige. Videre er de kjemisk inerte, ikke brennbare og leder elektrisitet svært dårlig. Disse egenskapene gjør at de har vært mye benyttet som kjøle- og isolasjonsvæske i transformatorer og kondensatorer, som hydraulisk olje, som kjøleolje, og også som bløtgjører i lakk og maling. PCB-forbindelser virker toksisk på leveren og immunforsvaret, og lagres i kroppens fettvev. Dessuten kan de som biprodukt inneholde dioksiner, som er kjent for å være meget kreftfremkallende. Dioksiner oppstår ved forbrenning av PCB. Biologisk er PCB meget lite nedbrytbare (persistente), og akkumulerer i næringskjeden.

Analysen

For å bestemme PCB blir prøven ekstrahert med aceton- og hexanekstrakt. Ekstraktet blir så langt som mulig renset og undersøkt på GC ved hjelp av ECD deteksjon. Som standarder benyttes syv referansestandarder (forbindelser fra Beck-standard ifølge DIN 51527 samt PCB 118).

Rapporteringsgrenser		**Jord** µg/kg	**Vann** µg/l
• 2,4,4'-triklorobifenyl	(PCB 28)	1,0	0,01
• 2,5-2',5'-tetraklorobifenyl	(PCB 52)	1,0	0,02
• 2,4,5-2',5'-pentaklorobifenyl	(PCB 101)	1,0	0,01
• 2,4-3',4',5'-pentaklorobifenyl	(PCB 118)	1,0	0,01
• 2,3,4-2',4',5'-heksaklorobifenyl	(PCB 138)	1,0	0,01
• 2,4,5-2',4',5'-heksaklorobifenyl	(PCB 153)	1,0	0,01
• 2,3,4,5-2',4',5'-heptaklorobifenyl	(PCB 180)	1,0	0,01
• Totalt 7 PCBer		7,0	0,08

048. Bra-Trykk AS

GC MS - SCREENING ORGANISKE STOFFER

Prøvene ekstraheres med DCM (diklormetan) og analyseres ved hjelp av gasskromatografisk (GC) separasjon og deteksjon med massespektrometer (MS). Analysen detekterer kvantitativt rundt 100 forskjellige klorerte og ikke klorerte organiske miljøgifter følgende organiske stoffgrupper:

- Olje (Alkaner, C_{10}-C_{40})
- Fenoler
- Nitrofenoler
- Klorfenoler
- Polyklorerte bifenyler (PCB)
- PAH
- Klorpesticider
- Klorbenzener
- Ftalater

I tillegg vil en rekke andre stoffer som ikke er med i listen bli angitt kvalitativt dersom de detekteres.

Tabellen på neste side gir navn på enkeltstoffer og deteksjonsgrenser.

048. Bra-Trykk AS

Rapporteringsgrenser for GC-MS screening semi-flyktige stoffer

Analysen inkluderer deteksjon og kvantifisering av 100 forskjellige enkeltstoffer

Gruppe Stoff	Rapporterings grense Jord (mg/kg)	 Vann (µg/l)	Stoff	Rapporterings grense Jord (mg/kg)	 Vann (µg/l)
Olje					
alkaner (C_{10} - C_{40})	50	100			
Ftalater			Butylbenzylftalat	0,1	1,0
Dimetylftalat	0,1	1,0	Bis(etyl.hex.)ftalat	0,1	1,0
Di-etylftalat	0,1	1,0	Di-n-octylftalat	0,1	1,0
Di-n-butylftalat	0,1	1,0	SUM Ovennevnte 6 ftalater	0,6	6,0
Fenoler			2,6-Xylenol	0,1	1,0
Fenol	0,1	1,0	3,4-Xylenol	0,1	1,0
2-metylfenol (o-Cresol)	0,1	1,0	3,5-Xylenol	0,1	1,0
3+4-metylfenol (p+m Cresol)	0,1	1,0	2-Isopropylfenol	0,1	1,0
o-etylfenol	0,1	1,0	2,3,5- Trimetylfenol	0,1	1,0
p-etylfenol	0,1	1,0	β-Naftol	0,1	1,0
m-etylfenol	0,1	1,0	Sum o, p og m Cresol	0,3	3,0
2,3-Xylenol	0,1	1,0	Sum o, p og m Etylfenol	0,3	3,0
2,4 og 2,5 Xylenol	0,1	1,0	Sum Xylenoler	0,6	6,0
Nitrofenoler			4-Nitrofenol	0,1	1,0
2-Nitrofenol	0,1	1,0	2,4- Dinitrofenol	0,1	1,0
3-Nitrofenol	0,1	1,0	2-Metyl-4,6-dinitrofenol	0,1	1,0
Klorfenoler			2,4,5-Triklorfenol	0,1	1,0
2-klorfenol	0,1	1,0	3,4,5-Triklorfenol	0,1	1,0
3- og 4-Klorfenol	0,1	1,0	2,3,4,5-Tetraklorfenol	0,1	1,0
2,3-Diklorfenol	0,1	1,0	2,3,4,6-Tetraklorfenol	0,1	1,0
2,4-Diklorfenol	0,1	1,0	2,3,5,6-Tetraklorfenol	0,1	1,0
2,5-Diklorfenol	0,1	1,0	Pentaklorfenol	0,1	1,0
2,6-Diklorfenol	0,1	1,0	4-Klor-3-Metylfenol	0,1	1,0
3,4-Diklorfenol	0,1	1,0	Sum Monoklorfenoler	0,1	3,0
3,5-Diklorfenol	0,1	1,0	Sum Diklorfenoler	0,6	6,0
2,3,4-Triklorfenol	0,1	1,0	Sum Triklorfenoler	0,6	6,0
2,3,5-Triklorfenol	0,1	1,0	Sum Tetraklorfenoler	0,3	3,0
2,3,6-Triklorfenol	0,1	1,0	Tot klorfenoler (eks. 4-klor-3met.)	2,4	24,0
Klorpesticider			cis-Klordan	0,1	1,0
α-HCH	0,1	1,0	trans-Klordan	0,1	1,0
β-HCH	0,1	1,0	s-Endosulfan	0,1	1,0
γ-HCH	0,1	1,0	o,p-DDD	0,1	1,0
δ-HCH	0,1	1,0	p,p-DDD	0,1	1,0
Heptaklor	0,1	1,0	o,p-DDE	0,1	1,0
Aldrin	0,1	1,0	p,p-DDE	0,1	1,0
Telodrin	0,1	1,0	o,p-DDT	0,1	1,0
Dieldrin	0,1	1,0	p,p-DDT	0,1	1,0
Endrin	0,1	1,0	Tot OCB	0,1	20,0
cis-Heptaklorepoxid	0,1	1,0	Sum Driner (aldr., diedr. og endr.)	0,3	3,0
1,3-Hexaklorbutadien	0,1	1,0	Sum HCH (α,β, δ og γ)	0,4	4,0
α-Endosulfan	0,1	1,0	DDT+DDE+DDD	0,6	6,0
PCB					
PCB 28	0,1	1,0	PCB 138	0,1	1,0
PCB 52	0,1	1,0	PCB 153	0,1	1,0
PCB 101	0,1	1,0	PCB 180	0,1	1,0
PCB 118	0,1	1,0	Tot PCB	0,7	7,0
Klorbenzener			1,2,3,4-Tetraklorbenzen	0,1	1,0
Monoklorbenzen	0,1	1,0	1,2,3,5-Tetraklorbenzen	0,1	1,0
1,2-Diklorbenzen	0,1	1,0	1,2,4,5-Tetraklorbenzen	0,1	1,0
1,3-Diklorbenzen	0,1	1,0	Pentaklorbenzen	0,1	1,0
1,4-Diklorbenzen	0,1	1,0	Hexaklorbenzen	0,1	1,0
1,2,3-Triklorbenzen	0,1	1,0	Sum Diklorbenzen	0,3	3,0
1,2,4-Triklorbenzen	0,1	1,0	Sum Triklorbenzener	0,3	3,0
1,3,4-Triklorbenzen	0,1	1,0	Sum Tetraklorbenzener	0,3	3,0
1,3,5-Triklorbenzen	0,1	1,0	Sum Klorbenzener	1,0	10,0
PAH					
Naftalen	0,1	1,0	Crysen	0,1	1,0
Acenaftylen	0,1	1,0	Benzo(b)fluoranten Benzo(k)fluoranten	0,1	1,0
Acenaften	0,1	1,0	Benzo(a)pyren	0,1	1,0
Fluoren	0,1	1,0	Benzo(a,h)antrasen	0,1	1,0
Fenantren	0,1	1,0	Benzo(ghi)perylen	0,1	1,0
Antrasen	0,1	1,0	Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1	1,0
Fluoranten	0,1	1,0	Tot 16 PAH (EPA)	1,6	16,0
Pyren	0,1	1,0	Tot 10 PAH (VROM)	1,0	10,0
Benzo(a)antrasen	0,1	1,0			

048 Bra-Trykk AS

Kontroll- og referanseside/
Review and reference page

NGI

Oppdragsgiver/*Client* Store Noske Spitsbergen Kulkompani **Kontraktsreferanse/ *Contract reference*** Telefaks 28.07.98	**Dokument nr/*Document No.*** 984096-1 **Dato/*Date*** 14 januar 1999
Dokumenttittel/*Document title* Svalbard - Undersøkelse av forurensede lokaliteter Longyearbyen I **Prosjektleder/*Project Manager*** Jan Erik Sørlie **Utarbeidet av/*Prepared by*** Gijs Breedveld, Martin Skedsmo og Reidar Otter	**Distribusjon/*Distribution*** ☐ **Fri/*Unlimited*** ☒ **Begrenset/*Limited*** ☐ **Ingen/*None***
Emneord/*Keywords* Environmental geotechnology, pollution, waste deposit,	
Land, fylke/*Country, County* **Kommune/*Municipality*** Svalbard **Sted/*Location*** Longyearbyen I **Kartblad/*Map*** **UTM-koordinater/*UTM-coordinates***	**Havområde/*Offshore area*** **Feltnavn/*Field name*** **Sted/*Location*** **Felt, blokknr./*Field, Block No.***

Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to* NS-EN ISO9001

Kontrollert av/ *Reviewed by*	Kontrolltype/ *Type of review*	Dokument/*Document* Kontrollert/*Reviewed* Dato/*Date*	Dokument/*Document* Kontrollert/*Reviewed* Sign.	Revisjon 1/*Revision 1* Kontrollert/*Reviewed* Dato/*Date*	Revisjon 1/*Revision 1* Kontrollert/*Reviewed* Sign.	Revisjon 2/*Revision 2* Kontrollert/*Reviewed* Dato/*Date*	Revisjon 2/*Revision 2* Kontrollert/*Reviewed* Sign.
AH	Helhetsvurdering/ *General Evaluation* *	14/1-98	AH				
AH	Språk/*Style*	✓	AH				
AH	Teknisk/Technical - Skjønn/*Intelligence*	✓	AH				
	- Total/*Extensive* - Tverrfaglig/ *Interdisciplinary*						
GBr	Utforming/*Layout*	14/1/99	[illegible]				
GBr	Slutt/*Final*	14/1/99	[illegible]				
JGS	Kopiering/*Copy quality*	14/1-99	SS				

* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ *On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation*

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	Dato/*Date* 14/1/99	Sign. Jan Erik Sørlie

048. Bra-Trykk AS