

0-92152

Vannforurensninger fra nedlagte gruver



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92152	IV
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3045	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: VANNFORURENSNINGER FRA NEDLAGTE GRUVER Del III	Dato:	Trykket:
	24.03.94	NIVA 1994
Forfatter(e): Iversen, Eigil Rune	Faggruppe:	
	Industri	
	Geografisk område:	
	Norge	
	Antall sider:	Opplag:
	36	40

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt: Rapporten gir en kortfattet vurdering av forurensningssituasjonen ved en del nedlagte kisgruver. Det er tatt prøver av drens vann og resipientvann under befaringer foretatt i 1992 og 1993. Det er ikke funnet at tungmetalltransporten fra noen av gruveområdene er så stor at den påvirker større vassdragsstrekninger. Det anbefales likevel at forurensningstilstanden ved enkelte av gruveområdene gis en mer omfattende kartlegging.

Ved noen av gruvene er avfall deponert i eller delvis i sjøen. Det er i denne rapporten ikke gitt noen vurderinger av forholdene i de marine resipienter.

4 emneord, norske

1. Gruveforurensninger
2. Nedlagte gruver
3. Tungmetaller
4. Norge

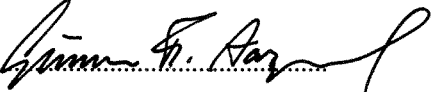
4 emneord, engelske

1. Acid mine drainage
2. Abandoned mines
3. Heavy metals
4. Norway

Prosjektleder


Eigil Rune Iversen

For administrasjonen


Gunnar Fr. Aasgaard

ISBN-82-577-2496-3

Norsk institutt for vannforskning

O-92152
VANNFORURENSNINGER FRA NEDLAGTE GRUVER

Oslo, 24.mars 1994
Eigil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	3
1. INNLEDNING.....	4
2. DE ENKELTE GRUVEOMRÅDER.....	5
2.1. Finmark fylke.....	5
2.1.1. Alta Kobberverk.....	5
2.1.2. Repparfjord.....	6
2.2. Nord-Trøndelag fylke.....	7
2.2.1. Meråker gruvefelt.....	7
2.2.2. Ytterøya.....	9
2.3. Sør-Trøndelag fylke.....	9
2.3.1. Røros-feltet.....	9
2.4. Sogn og Fjordane fylke.....	11
2.4.1. Årdals kobberverk.....	11
2.5. Hordaland fylke.....	11
2.5.1. Stordø Kisgruber.....	11
2.5.2. Varaldsøy.....	12
2.5.3. Gravdal.....	15
2.5.4. Ølve.....	15
2.5.5. Hosanger Nikkelverk.....	16
2.6. Rogaland fylke.....	16
2.6.1. Sauda Grubekompani.....	16
2.6.2. Vigsnes Kobberverk.....	17
2.7. Vest-Agder fylke.....	20
2.7.1. Knaben Molybdengruber.....	20
2.8. Aust-Agder fylke.....	21
2.8.1. Bøylestad Kobberverk.....	21
2.8.2. Espeland blygruve.....	21
2.9. Telemark fylke.....	23
2.9.1. Tråk.....	23
2.10. Buskerud fylke.....	22
2.10.1. Eiker Kobberverk.....	23
2.10.2. Bygmesterås gruve ved Kongsberg.....	24
2.10.3. Glomsrudkollen.....	25
2.11. Akershus fylke.....	26
2.11.1. Eidsvoll Gullverk.....	26
2.12. Oppland fylke.....	28
2.12.1. Sel Kobberverk.....	28
2.12.2. Espedalen nikkelgruver.....	28
3. LITTERATUR.....	28
VEDLEGG.....	31

Sammendrag

Det er foretatt supplerende og nye undersøkelser ved nedlagte kisgruver en har hatt liten kjennskap til forurensningssituasjonen ved fra tidligere. Undersøkelsene er basert på korte feltbefaringer med prøvetaking av drensvann og resipientvann. Befaringene er utført i perioden juli 1992 - november 1993.

Ingen av de undersøkte områdene har så store forurensningstilførsler at de forurenses større vassdragsstrekninger. De effekter som er påvist, har kun betydning for forholdene i gruveområdet eller lokalt i nærmeste bekk eller elv. Det er likevel viktig å være klar over forholdene da en bør unngå graving eller uttak av masser i områdene eller andre tiltak som kan føre til en forverring av forurensningssituasjonen. Dette er et viktig moment for lokale og sentrale myndigheter ved planlegging av alle former for byggevirkosomhet (veier, bygninger, idrettsanlegg etc.). I den senere tid har en sett at det ved flere nedlagte gruveområder er fjernet lett tilgjengelige avfallsmasser til forskjellige formål. Det er også eksempler fra noen gruveområder at det er benyttet vannkilder i områdene med relativt høyt innhold av tungmetaller til vanningsformål og til drikkevann for hytter. Vi foreslår derfor at det fortsatt foretas kartlegging av nedlagte gruver og at det bygges opp et arkiv for relevante opplysninger for gruveområdene.

På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen foreslås at det utføres videre undersøkelser ved noen av gruveområdene for å få kartlagt forurensningssituasjonen bedre. Av disse områdene kan nevnes :

Eidsvoll Gullverk. Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv i drensvann fra avgangsmasser.

Hosanger Nikkelverk. Kartlegging av forurensningssituasjonen i avgangsdeponi i Litlandsvatn.

Varaldsøy gruvefelt. Kartlegging av forurensningstilførsler.

Stordø Kisgruver. Kartlegging av forurensningstilstanden i Storavatn.

Undersøkelsen omfatter bare vurdering av vannforurensning på land. Noen av gruveområdene har også deponier i sjøen eller ligger så nær sjøen at effekter kan forventes. Vi foreslår derfor at det utføres undersøkelser med sikte på å kartlegge forurensningstilstanden ved følgende marine deponier :

- Avgangsdeponiet i Repparfjorden
- Forholdene i sjøen utenfor gruveområdet på Ytterøya
- Forholdene i sjøen utenfor Vigsnes Kobberverk

1. INNLEDNING

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har tidligere foretatt undersøkelser av vannforurensninger ved nedlagte gruver (Johannessen og Iversen 1984, Iversen og Arnesen 1990, Iversen 1990). Rapportene har gitt en kortfattet vurdering av forurensningssituasjonen ved hvert gruveområde. Det er foretatt befaringer til områdene med prøvetaking av dreinsvann og/eller i resipientene som mottar dreinsvann. Der det er mulig, er det forsøkt å vurdere hva som er de vesentligste forurensningskilder i hvert enkelt gruveområde. Fra tidligere har en god kunnskap om forurensningssituasjonen ved de gruveområdene der forurensningstilførslene er så store at avrenningen påvirker større vassdragsstrekninger. Ved de gruveområdene som er undersøkt i denne rapporten, er effekten av forurensningstilførslene mer begrenset. Selv om ikke avrenningen forurenser større vassdrag, har det ofte vist seg at avfallsdeponiene har betydning for andre aktiviteter i områdene som hyttebygging, lokal vannforsyning etc. I noen tilfeller har uttak av avfallsmasser til veibygging og oppfyllingsformål medført økt forurensningsbelastning. Av slike årsaker er det også viktig å ha en god oversikt over mindre gruveområder slik at det ikke utføres tiltak i områdene som kan medføre fare for økt forurensning.

Feltundersøkelsene som denne rapporten omfatter er utført i perioden juli 1992 - november 1993. Noen av områdene er behandlet i tidligere rapporter, men det er også foretatt befaringer til nye områder der en hittil ikke har hatt kjennskap til forurensningssituasjonen. Ved analyse av prøver som er innsamlet i denne undersøkelsen, er det benyttet atomemisjonsspektrometri (ICP) som analyseteknikk. Metoden gir et større parameterutvalg enn tidligere rutineopplegg. Prøvene er analysert av NIVA (ICP) og av Norsk institutt for luftforskning (ICP-MS).

Følgende gruveområder er undersøkt :

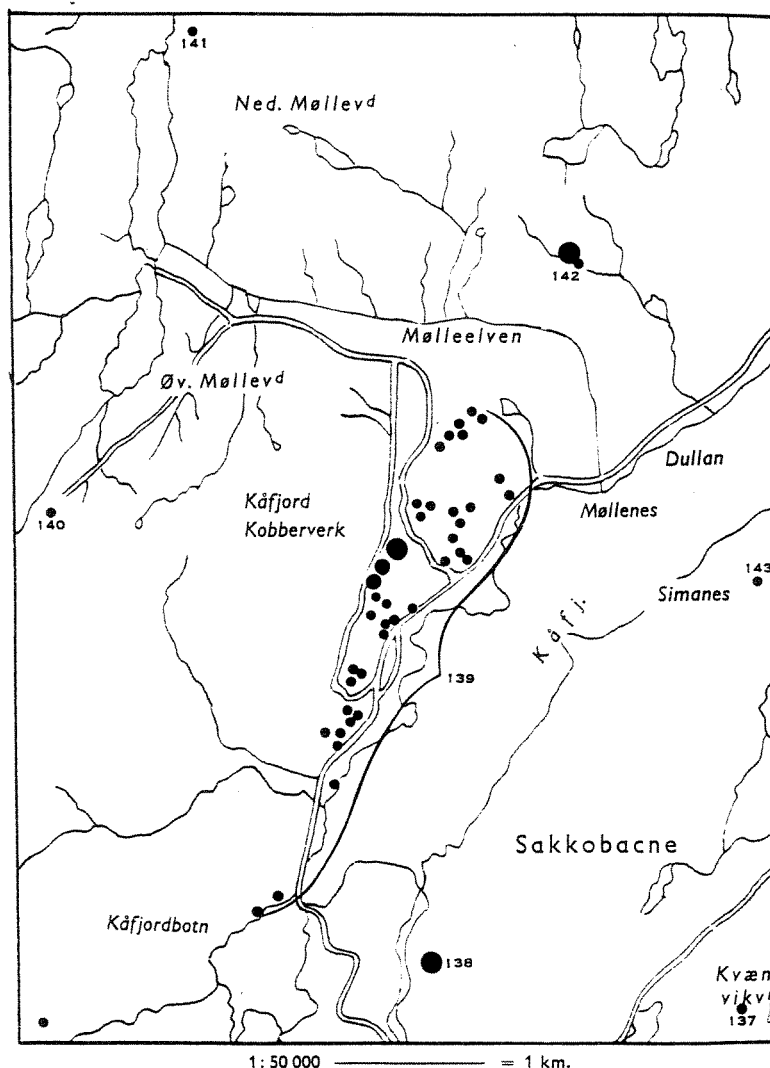
Alta Kobberverk i Finmark
Repparfjord kobbergruver i Finmark
Meråker gruvefelt med Mannfjell, Fonnfjell og Langsund gruver i Nord-Trøndelag
Ytterøya kisgruver i Nord-Trøndelag
Rørosfeltet med Rødalsgruva, Fjellsjøgruva og Klasberget gruve i Sør-Trøndelag
Årdals Kobberverk i Sogn og Fjordane
Stordø Kisgruber i Hordaland
Varaldsøy gruvefelt i Hordaland
Gravdal kisgruve i Hordaland
Ølveområdet i Hordaland
Hosanger Nikkelgruver i Hordaland
Sauda Grubekompani i Rogaland
Vigsnes Kobberverk i Rogaland
Knaben Molybdengruver i Vest-Agder
Bøylestad Kobberverk i Aust-Agder
Espeland blygruve i Aust-Agder
Tråk sinkgruve i Telemark
Eiker Kobberverk i Buskerud
Kisgruva ved Kongsberg i Buskerud
Glomsrudkollen sinkgruve i Buskerud
Eidsvoll Gullverk i Akershus
Sel Kobberverk i Oppland
Espedalen nikkelgruver i Oppland

2. DE ENKELTE GRUVEOMRÅDER

2.1. Finmark fylke

2.1.1. Alta Kobberverk

NIVA har foretatt befarings til området tidligere (Iversen og Arnesen 1990). Verket drev gruver i Kåfjorden og ved lille Raipas sør for Alta. Driften pågikk i årene 1826-1878 og 1896-1908. De betydeligste gravene ligger ved Kåfjorden i Alta kommune. Poulsen (1964) har gitt en beskrivelse av området geologi. Figur 1 gjengir en kartskisse fra denne rapporten der forekomstene i Kåfjorden er markert. Helland (1905) har beskrevet en del forhold vedrørende driften. Ved gravene i Kåfjorden finnes de største avfallsmengdene som for en stor del ligger som tipper i bratt terreng utenfor gruveåpningene. En del avgang fra kisivasking samt slagg fra smeltehytta er deponert nede ved fjorden. Ut fra utseeende til bekker og elver i området tyder ikke forholdene på noen vannforurensning av betydning. Ved en ny befarings til området den 26.8.92 ble det tatt prøver av Mølleelva ved Møllenes (st.1) som drenerer gruve 140 (figur 1), av elv fra Dullanvatnet som drenerer gruve 142 (st.2) og av bekk ved oppredningsverket (st.3) som drenerer mye av området der tippmasser er deponert. Analyseresultatene er samlet i tabell 1.



Figur 1. Kartskisse over forekomster ved Alta kobberverk (fra Poulsen 1964).

Figur 4 bak i vedlegget viser et oversiktsbilde av veltene ved Kåfjorden.

Tabell 1. Analyseresultater. Alta kobberverk i Kåfjord. Prøver tatt 26.8.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
1	7,32	4,81	<0,02	<0,01	0,42	0,64	<0,5	<0,5	<0,1	78	<1	<0,2
2	7,86	14,98	<0,02	<0,01	4,9	1,6	1,2	1,3	<0,1	305	<1	0,4
3	8,04	35,3	0,03	0,03	22,6	3,1	2,0	2,4	1,1	708	<1	0,7

Resultatene tyder på at avfallet avgir forholdsvis beskjedne metallmengder.

Ved gruvene ved lille Raipas var det intet synlig sigevann under befaringen den 26.08.92. Gruvene er et dagbrudd som drenerer mot Tverrelvdalen.

Kart : 1834 I, Alta.

2.1.2. Repparfjord

Kobbergruvene sør for Ulveryggen ved Repparfjorden i Kvalsund kommune (kartref. 973165) ble drevet av Follidal Verk i begynnelsen av 1970-årene. Gruvene er drevet som dagbrudd. Oppredningsverket lå nede ved Repparfjorden ved Øya. Avgangen fra verket ble deponert på dypt vann i Repparfjorden. Gruveområdet drenerer til ytre Ariselv som munner ut innerst i Repparfjorden.

Det ble foretatt en befaring til området den 27.08.92. Det var da en del vann i det øverste av dagbruddene, men det var intet synlig overløp. Under befaringen ble det tatt prøve av vann fra øverste brudd (st.1) og av ytre Ariselv ved riksveien. Resultatene er samlet i tabell 2.

Tabell 2. Analyseresultater for prøver fra Repparfjord kobbergruver tatt 27.08.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
1	6,61	4,87	0,04	<0,01	673	2,8	<0,5	1,2	0,7	48	28	<0,2
2	7,02	4,33	<0,02	<0,01	2,9	0,69	<0,5	<0,5	<0,1	33	<1	<0,2

Selv om vannet i dagbruddet inneholder en del kobber, tyder ikke resultatene for ytre Ariselva på noen avrenning av betydning fra gruveområdet til elva. En har ingen opplysninger om forholdene i sjøen der avgangen er deponert.

Kart : 1935 I, Repparfjorden.

2.2. Nord-Trøndelag fylke

2.2.1. Meråker gruvedfelt

Gruvedfeltet består av en rekke gruver spredt over et stort område. Forurensningssituasjonen ved de viktigste gruvene er beskrevet av NIVA i tidligere rapporter (Iversen og Arnesen 1990, Iversen 1990, Iversen og Grande 1994). I denne undersøkelsen er det gitt en beskrivelse av forurensningssituasjonen ved noen av gruvene i området som en har beskjedne opplysninger om fra tidligere. Det er foretatt befarings til følgende gruver :

- Mannfjell
- Fonnfjell
- Langsund

Mannfjell

Mannfjell gruve ligger like over tregrensen i bratt terreng under Mannfjellet (kartref. 325293) i Meråker kommune. Gruva er åpnet som dagbrudd og er drenert med en grunnstoll. Utenfor grunnstollen er avfallet fra driften deponert i en tipp som avgir sur avrenning. Avfallet er sterkt forvitrende. Sivevannet forsvinner delvis i grunnen nedenfor tippet og går videre til Mannlibekken som løper inn i Torsbjørka som er sideelv til Stjørdalselva. Gruvevannet ut av grunnstollen er også surt, men da vannmengdene er relativt beskjedne, vurderes tilførslene fra tippet som største forurensningskilde i området. Figur 5 i vedlegget bak i rapporten viser tippet. Det ble foretatt en befarings til området den 19.08.92. Det ble da tatt prøver av gruvevann (st.1), sig fra tipp (st.2) og av Mannlibekken der den krysser veien (st.3). Resultatene er samlet i tabell 3.

Tabell 3. Analyseresultater for prøver ved Mannfjell gruve tatt 19.08.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l
1	2,82	102,3	320	25,6	4,27	3,53	68	2,64	10,6	0,027
2	2,76	134,5	512	38,6	11,2	14,3	67	4,84	19,5	0,053
3	5,92	3,62	11	3,76	0,59	0,23	0,98	0,06	0,31	<0,025

Det er vanskelig å vurdere materialtransporten fra området da sivevannet delvis forsvinner i grunnen. Avrenningen har neppe noen konsekvenser for forholdene i Torsbjørka.

Kart : 1721 IV, Flornes.

Fonnfjellet gruver

Gruvene under Fonnfjellet ble drevet på svovelkis mot slutten av forrige århundre. Aktiviteten var forholdsvis liten. Området består av tre gruver. Den største ligger lengst mot nord og nord-øst for Flatrya (kartref. 340348). Avrenningen fra gruvene føres i mindre bekker til Vollbekken som løper inn i Stjørdalselva. Gruvene er drevet som underjordsgruver. Utenfor gruveåpningene er det deponert en del avfallsberg som forvitrer sterkt. De største avfallsmengder finnes utenfor gruveåpningen til den nordligste gruva. Figur 6 i vedlegget bak i rapporten viser litt av denne tippet og hvordan sivevannet sprer seg i terrenget nedenfor. Under en befarings foretatt den 5.10.93 ble det tatt prøve av gruvevann fra nordøstre stollåpning (st.1), av sig fra tipp ved samme gruve (st.2) og av Vollbekken ved Brua (st.3, kartref. 354346). Resultatene er samlet i tabell 4.

Tabell 4. Analyseresultater for prøver fra Fonnfjellet gruveområde tatt 5.10.93.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	2,54	276	1722	90,0	52,2	34,6	353000	<200	220	12300	63100
2	2,70	147,2	548	41,6	21,8	16,8	59300	<200	50	3910	15800
3	7,20	2,10	2,6	1,81	0,42	-	186	0,06	0,11	5,2	34

St. nr.	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
1	50	130	3400	-	-
2	<50	<100	1250	-	-
3	<0,5	0,3	18,6	<0,2	<0,2

Resultatene viser at sigevannet fra gruveområdet er meget surt. Kobber- og sinkkonsentrasjonene er relativt lave i forhold til jernkonsentrasjonene noe som viser at malmen består av en forholdsvis ren svovelkis. Nede i Vollbekken kan det påvises høyere sinkkonsentrasjoner enn naturlig. Det er mulig at kobberkonsentrasjonen som er påvist (5,2 µg/l) også er høyere enn normalt selv om den er lav. Avrenningen fra Fonnfjellet gruver har neppe noen konsekvenser for Vollbekken. Da prøvene ble tatt var imidlertid vannføringen stor p.g.a mye nedbør. Materialtransporten fra gruveområdet vurderes likevel som beskjeden og har kun konsekvenser på forholdene langs bekkene ned til Vollbekken. Noe skade på vegetasjonen nedenfor tippene kan observeres.

Kart : 1721 IV, Flornes

Langsund

Langsund gruve er en mindre gruve som har vært drevet en kort periode sannsynligvis i slutten av forrige århundre. Gruva er lokalisert ved Fossvatn (kartref. 390272). Mesteparten av avfallet er samlet i en større tipp. Avfallet avgir sur avrenning som går til en liten bekk som går til Fossvatn. Fossvatn drenerer til Torsbjørka som er sideelv til Stjørdalselva. Bekken fra gruveområdet ble prøvetatt der den krysser veien (kartref. 385271) ved en befaring til området den 4.10.93. Resultatene er samlet i tabell 5.

Tabell 5. Analyseresultater for bekk fra Langsund gruve tatt 4.10.93

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l
7,03	4,25	1,8	4,51	0,95	600	<0,02	0,18	43,9	49,7	<0,5

Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
<0,5	0,5	108	<0,2	<0,2

Resultatene viser at bekkene er tydelig påvirket av avrenningen fra gruveavfallet. Materialtransporten i bekkene vurderes som for liten til å ha noen effekter på forholdene i Fossvatn der det er fisk.

Kart : 1721 I, Meråker

2.2.2. Ytterøya

Hokstad Kisgruber på Ytterøya innerst i Trondheimsfjorden ligger i Levanger kommune. Gruvene ble drevet på svovelkis i årene 1861-1912 og var i årene 1861-70 landets største svovelkisprodusent. Samlet produksjon av svovelkis var i hele driftsperioden 459.000 tonn (Foslie 1926). Gruveområdet strekker seg fra fergeleiet ved Hokstad i østlig retning på skrå oppover en åsrygg ved Sandingsbukta. Det er flere gruveåpninger med en del tippmasser utenfor. Det er også en del avfallsmasser i strandsonen der det trolig tidligere har vært et oppredningsverk. Avfallsmassene er sterkt forvitret. Det er sannsynlig at det er deponert en del avfall i sjøen utenfor gruveområdet. Noe dreinsvann lekker ut av gruveene ved laveste nivå like over strandsonen. Det er benyttet en del gruveberg til veiformål i nærområdet. Det er også en del metalltilførsler til sjøen av naturlige årsaker fra kisleørende lag som går ut i dagen i strandsonen. Under befaringen den 22.9.92 ble det tatt prøver ved følgende lokaliteter :

St.1 Prøve i strandsonen utenfor gruveområdet.

St.2 Prøve av gruvevann tatt ved utløpet av rør ca. 100 m fra parkeringsplass ved Hokstad. 0,12 l/s.

St.3 Prøve av sigevann ved ende av parkeringsplass. Ca. 0,1 l/s

Resultatene er samlet i tabell 6.

Tabell 6. Analyseresultater. Prøver tatt ved Hokstad Kisgruber 22.09.92.

St.nr	pH	Kond mS/ m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	As µg/l
1									720	1500	7,8	
2	3,07	189,6	1070	219	67,7	8,36	57,9	2,13	8240	43200	170	<0,2
3	2,86	136,4	515	105	19,9	6,10	-	0,79	5720	20400	90	<0,2

Resultatene viser at vannkvaliteten i strandsonen er betydelig påvirket av tilførsler fra gruveområdet. Tilførslene fra selve gruva er relativt beskjedne da vannføringen er liten. Tilførsler fra avfall på land og i sjøen samt naturlig avrenning fra berggrunnen i området betyr mest for forurensningssituasjonen. Det er ikke kjent om det er foretatt undersøkelser i Sandingsbukta for å kartlegge mulige effekter i resipienten.

Kart : 1622 I, Verran

2.3. Sør-Trøndelag fylke

2.3.1. Røros-feltet

Rørosfeltet består av en rekke gruver med stor forskjell i produktionsforhold. En har god kjennskap til forurensningsforholdene ved de største gruveene i Nordgruvefeltet og i Stortvartz-området. NIVA har tidligere foretatt befaringer til en del mindre gruver i feltet (Iversen og Arnesen 1990, Iversen 1990). I denne undersøkelsen er det tatt prøver ved følgende gruver : Rødalsgruva, Fjellsjøgruva og Klasberget gruve.

Rødalsgruva

Rødalsgruva ligger ved Røsjøen (kartref. 158511). Avrenningen fra gruveområdet drenerer til Røa like etter utløpet av Røsjøen. Røa er sideelv til Glåma. Gruva er sannsynligvis vannfylt, men intet overløp er synlig. Metalltransporten fra gruveområdet skyldes hovedsaklig avrenning fra avfallstippen (se figur 7 i vedlegget bak). Det ble ved en befaring til området tatt prøve av Røa etter innblanding av sig fra tippen. I tabell 7 er de analyseresultater som foreligger for dette prøvetakingsstedet samlet.

Tabell 7. Analyseresultater for Røa nedenfor sig fra Rødalsgruva

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Fe µg/l	Cd µg/l
05.09.84	6,80	2,30	2,8	2,40	0,44	21,5	70	50	-
01.07.92	6,69	2,16	-	-		12,1	31	58	0,06

Resultatene viser at det kan registreres forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink i Røa nedenfor gruveområdet. Forurensningstilførslene fra gruveområdet vurderes likevel som beskjedne. Eventuelle effekter i Røa har trolig kun lokal betydning.

Fjellsjøgruva

Fjellsjøgruva ligger ved Store Fjellsjøen (kartref. 163535). Gruveområdet drenerer til et myrområde og videre til en liten bekk som løper inn i Lille Fjellsjøen. Avrenningen fra Lille Fjellsjøen går via Naustebekken til Orvsjøen som har avløp via Orva til Glåma. Gruva er en underjordsgruve som har adkomst via en skrånjakt. Sjaktåpningen er dekket med tippmasser. Forurensningstransporten fra området skyldes hovedsaklig avrenning fra tippen (se bildet på forsiden). Det sure sigevannet setter et synlig preg på myrområdet nedenfor. Ved en befaring til området den 1.07.92 ble det tatt prøve av sigevann under tippen (st.1) og av Naustebekken ved innløp i Orvsjøen (st.2). Resultatene er samlet i tabell 8.

Tabell 8. Analyseresultater for prøver fra Fjellsjøgruva tatt 1.07.92

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l
1	4,46	104	653	32,3	15,2	820	10700	262000	540	<50
2	6,60	2,41	1,6	2,48	0,35	20	2,1	56	0,10	0,02

Resultatene viser at selv om sigevannet ikke er spesielt surt, er det betydelig belastet med sink. Det er således et betydelig innhold av sinkblende i tippen. Ved utløpet av Lille Fjellsjøen er tungmetallkonsentrasjonene ikke spesielt store. Metalltransporten fra gruveområdet vurderes derfor som beskjedne. En har imidlertid ikke kjenskap til hvilke effekter tilførslene fra gruva har for forholdene i Lille Fjellsjøen. Avrenningen har ingen betydning for vannkvaliteten i Orvsjøen.

Kart : 1720 III, Røros

Klasberget

Gruveområdet består av flere mindre gruver mellom Tyskvollen og toppen av Klasberget (kartref. 318502) hvor den øverste gruva ligger (se figur 8 bak). Gruveområdet drenerer til Aursunden. Produksjonen har vært beskjedent. En del tippmasser ligger utenfor gruveåpningene. Det ble foretatt en befaring til området den 30.06.92. Det var da intet synlig sigevann fra noen av gruvene. En kan se på vegetasjonen at det av og til kommer forurenset sigevann fra noen av tippmassene. Den øverste gruva som trolig er den eldste, er delvis vannfylt (se figur 8 bak i vedlegget). Det var intet synlig overløp fra bruddet. Vannet i bruddet hadde en pH-verdi på 3,6. Det ble ikke utført ytterligere analyser på vannet.

Kart : 1720 III, Røros

2.4. Sogn og Fjordane fylke

2.4.1. Årdals kobberverk

Kobberforekomstene i Øvre Årdal, Årdal kommune ble funnet i 1680 og den første muting skjedde i 1702 (Helland 1901). Driften ved Årdals kobberverk ble nedlagt i 1767. Verket hadde flere gruver. Den største ligger under Blåberg i Øvre Årdal (kartref. 344985). En del tippmasser ligger på ras i meget bratt terreng. Avfallet er fattig på kismaterialer. Det ble ved en befaring i 1990 ikke påvist noen synlige sig fra tippmassene. Verket hadde smeltehytte på Farnes ved øvre ende av Årdalsvatnet ved Fardalselvi. Det kan fortsatt observeres noe slagg i området der smeltahytta sto. Ved en befaring til området den 10.06.93 ble det tatt en prøve av Fardalselvi nedenfor smeltehytteområdet. Resultatene er samlet i tabell 9.

Tabell 9. Analyseresultater. Prøve av Fardalselvi tatt 10.06.93.

pH	Kond mS/m	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
5,80	1,26	0,03	<0,01	0,77	1,8	0,6	<0,5	<0,1	3,6	0,3	<0,2

Resultatene tyder ikke på noen påvirkning av avrenning fra kisgruvene i området.

Kart : 1517 IV, Hurrungane.

2.5. Hordaland fylke

2.5.1. Stordø Kisgruber

Gruveområdet ligger ved Litlabø ved Storavatnet i Stord kommune. Forurensningssituasjonen er beskrevet tidligere (Iversen og Arnesen 1990). Gruvene ble drevet på svovelkis og var en av landets betydeligste produsenter. Det bemerkelsesverdige med malmen var at den var meget fattig på andre metaller som kobber og sink. Det meste av avfallet fra driften er deponert utenfor området ved Litlabø. Gruvene er vannfylte og har overløp som føres til Storavatn. Det ble tatt ny prøve av overløpet fra gruva (st.1) og fra utløpet av Storavatn (st.2) ved en befaring den 14.10.92. Analyseresultatene er samlet i tabell 10.

Tabell 10. Analyseresultater. Prøver fra Stordø kisgruver tatt 14.10.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	5,98	198	1300	415	26,7	0,24	<50	<30	<50	290
2	6,97	11,62	26,0	11,5	1,39	-	0,57	0,07	1,1	6,5

Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
<30	<50	<50	119000	27900	<50
0,6	1,4	<0,1	593	198	0,2

Resultatene bekrefter analysene for selve malmen ved at resultatene for viktige metaller i forurensningssammenheng som kobber og sink også viser lave verdier. Gruvevannet var trolig meget surt den gang driften pågikk, da kism mineralene forvitret lett. Overløpet av den vannfylte gruva har idag en forholdsvis høy pH-verdi (5,98). Jerninnholdet er høyt. Ved overløpet er jernet toverdig, men oksideres raskt til treverdig ved den relativt høye pH-verdien, noe som fører til store okeravsetninger i bekkefarene ned til Storavatn. Det meste av vaskeriavgangen som er deponert i strandsonen ved Litlabø, er idag overdekket og tilsådd. Sigevann fra avfallet setter et synlig preg på forholdene i strandsonen.

Resultatene for prøven tatt ved utløpet av Storavatn viser meget lave tungmetallverdier. Storavatn er trolig lite påvirket av avrenning fra gruveområdet bortsett fra rent lokale effekter ved Litlabø. Forholdene i Storavatn bør kontrolleres ved en resipientundersøkelse.

Kart : 1114 I, Fitjar.

2.5.2. Varaldsøy

Gruvedriften på Varaldsøy i Hardangerfjorden, Kvinnherad kommune, startet på begynnelsen av 1800-tallet. Gruvene er drevet på svovelkis og malmen består av en forholdsvis ren svovelkis med lite innhold av kobber og sink (Foslie 1926). På øya finnes en rekke gruver og skjerp. De viktigste gruvene er :

- Gammelgruva (Valaheien)
- Nygruva
- Nyskjerp

På figur 2 som er et utdrag av kartet 1215 II, Varaldsøyna, er de viktigste gruver og skjerp markert. Både ved Gammelgruva og Nygruva finnes en del veltemasser som produserer surt sigevann. Den viktigste gruva sett i forurensningssammenheng er trolig Nygruva fra siste driftsperiode (A/S Sydvaranger). Her er gruvevannet viktigste forurensningskilde. Under en befarings til områdene den 15.10.92 ble det tatt vannprøver ved følgende lokaliteter :

- St.1. Bekk ved vei til Gammelgruva. Samlet sig fra gruva
- St.2. Bekk nedenfor Nyskjerp.
- St.3. Gruvevann Nyskjerp
- St.4. Gruvevann Nygruva.

Analyseresultatene er samlet i tabell 11.

Tabell 11. Analyseresultater. Varaldsøy gruvefelt. Prøver tatt 15.10.92.

St.nr	pH	Kond mS/ m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	3,70	19,9	84	14,7	4,00	<50	<30	120	80
2	6,12	3,09	4,0	2,82	0,46	1,4	0,15	9,4	68
3	4,13	10,1	31	3,79	0,89	<50	<30	150	970
4	3,38	30,3	86	15,3	3,39	<50	<30	460	260

St. nr.	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
1	<30	<50	<50	8700	640	<50	<0,2
2	0,7	<0,5	0,15	436	13,1	<0,2	-
3	<30	<50	<50	4680	80	<50	<0,2
4	<30	<50	<50	8870	200	<50	<0,2

Tungmetallverdiene i sivevannet er i samsvar med analysene av råmalmen som viser at svovelkisen er forholdsvis ren med f.eks. et kobberinnhold varierende i området 0,3-0,7 % (Foslie 1926). På øya er det bare to vassdrag som er tungmetallbelastet, Raudelva som mottar avrenning fra Gammelgruva og Nygruva, og bekken fra Svartavatna som mottar avrenning fra Nyskjerp. Av de to vassdrag er Raudelva av størst betydning i forurensningssammenheng.

Kart : 1215 II, Varaldsøyna.



Figur 2. Kart over Varaldsøy med markering av gruveområdene.

2.5.3. Gravdal

Gravdals eller Bergedals gruve ligger på fastlandet på vestsiden av Varaldsøy i Kvam kommune. Gruva er lokalisert ved Svartatjørna sydsydvest for Bergadalen. Gruva har vært drevet på svovelkis som på Varaldsøy. Kobbergehalten i malmen er også lav som på Varaldsøy. Gruva ble drevet omkring 1870 og omkring 1920. En del avfall er deponert i en tipp ved Svartatjørna som er demmet opp med en dam av tømmer. Avfallsmengdene er beskjedne, men produserer surt drensvann. Avløpet fra Svartatjørna går til et lite vassdrag ned til Gravdal og Hardangerfjorden ved Eikeneset. Under befaringen den 15.10.92 ble det tatt en prøve av overløpet av dammen. Lokaliteten er også prøvetatt og rapportert tidligere (Iversen og Arnesen 1990). Alle analyseresultatene som foreligger er samlet i tabell 12. Gruveområdet er markert på figur 2.

Tabell 12. Analyseresultater for Gravdal gruve. Utløp Svartatjørna.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l
12.07.87	3,60	20,1	45,6	9,07	-	0,63	2,80	0,23	0,27	0,6
15.10.92	4,29	7,35	18,0	4,45	0,90	0,39	1,24	0,14	0,09	-

Vannmengdene ut av dammen ble vurdert til å være mindre enn 10 l/s. Tungmetalltransporten fra området blir derfor forholdsvis beskjeden.

Kart : 1215 II, Varaldsøyna.

2.5.4. Ølve

I Ølve-området finnes en rekke mindre kisgruver. Ved gården Attramentdal ved Kvitebergsvatnet ligger Christiansgaves Verk som var i drift på kobberkis på 1600-tallet. I nyere tid har det vært drevet på svovelkis. Litt lenger vest ligger to mindre kobber- og jernmalmsgruver nord for Roaldstveit under Dyråsen, kalt Dyråsen gruve (Helland 1921). Avfallet i området er hovedsaklig fra jerngruva, men en del kisholdig avfall som produserer surt sivevann finnes også. Avrenningen samles i en liten bekk som fører til Daleelvi og Hardangerfjorden. Bekken ble prøvetatt den 15.10.92. Analyseresultatene er samlet i tabell 13.

Tabell 13. Analyseresultater. Bekk fra Dyråsen gruve prøvetatt 15.10.92.

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
5,88	5,78	13,2	3,80	1,18	0,19	0,39	<0,05	0,05

Bekken er synlig påvirket av avrenning fra gruveområdet ved at det er utfelt jern i bekkeleiet, men ut fra de konsentrasjoner som ble funnet ved befaringen, vurderes materialtransporten fra gruveområdet for liten til å ha noen betydning for Daleelvi.

Kart : 1215 II, Varaldsøyna og 1215 III, Fusa.

2.5.5. Hosanger Nikkelverk

Gruvedriften ved Hosanger Nikkelverk i Osterøy kommune startet i 1883. Det ble drevet i mindre skala i årene 1883-88 og 1890-91 på nikkelholdig magnetkis. Den rene kisen holdt 6% nikkel, mens gjennomsnittshalten i råmalmen var 2-3,9 % nikkel (Helland 1921). I 1914 ble startet ny prøvedrift og i 1916 ble gruvedrift i større skala startet. Selve gruvene ligger i bratt terreng ved Nunnås rett opp for Lonevågen. Fra gruvene ble anlagt en taubane til oppredningsverket som lå innerst ved Litlandsvatn (kartref. 071182). Verket hadde smeltehytte ved Byseim ved Lonevågen. NIVA foretok en befaring til området den 16.10.92. Ved gruvene var det forholdsvis lite avfall. Litt gruvevann rant ut av den lavest liggende gruveåpning (<0,1 l/s). Det ble tatt prøve av gruvevann (st.1). I området ved oppredningsverket var det også lite avfall. Avgangen fra verket ble trolig deponert i Litlandsvatn. Det ble tatt prøve av utløpet av Litlandsvatn (st.2, kartref. 066185). Analyseresultatene er samlet i tabell 14.

Tabell 14. Analyseresultater for prøver fra Hosanger Nikkelverk tatt 16.10.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	6,62	20,3	75	19,2	5,19	0,90	<50	<30	270	70
2	6,31	4,70	5,5	2,24	0,96	-	0,12	0,01	15,4	4,4

St. nr.	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
1	<30	2970	80	310	80	50
2	0,7	58,9	1,8	100	8,9	0,2

Avrenningen fra gruveområdet samles i en bekk som går til Lonevågen. Tungmetalltransporten fra området vurderes som ubetydelig. Avrenning fra deponiområdet er av større betydning. En har ingen kjennskap til hvilke effekter de kobber- og nikkelkonsentrasjoner som er påvist i Litlandsvatn har på biologiske forhold i innsjøen. Det bør foretas undersøkelser av forholdene i Litlandsvatn.

Kart : 1216 III, Stanghelle og 1116 II, Sæbø.

2.6. Rogaland fylke

2.6.1. Sauda Grubekompani

Gruveområdet ligger i bratt terreng på sørsiden av Storelva ved Gjuvastøl i Sauda kommune. Forekomsten ble funnet i 1881 og gruvedrift på sink ble igangsatt året etter. Sauda Grubekompani hadde en driftstid på 17 år. De viktigste driftsperioder var årene 1882-85, 1888-94 og 1896-99. En del tippmasser ligger på ras i det bratte terrenget utenfor gruveåpningene. En mindre tipp av trolig skeidet gods er deponert nede ved Storelva (se figur 9 bak i vedlegget). Råmalmen ble fraktet på en bane ned til knuseverk og vaskeri ved Gjuvastøl. Avgangen ble ført på elva. Det er mulig at rester av avgangen kan påvises i en kulp i elva ved Gjuvastøl. Gruvene er drenert ved en grunnstoll. Under befaringen den 14.10.92 ble gruvevannsmengden vurdert til ca. 0,5 l/s. Under befaringen ble det tatt prøve av gruvevannet (st.1) og av Storelva nedenfor oppredningsverket ved

utløpet av en kulp ved Gjuvastøl (st.2). Analyseresultatene er samlet i tabell 15.

Tabell 15. Analyseresultater for prøver fra Sauda Grubekompani tatt 14.10.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Mn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	7,42	15,67	29,2	17,9	0,96	0,05	4,8	0,27	1,79	4,7	830
2	5,78	1,47	1,8	0,73	0,18	-	5,4	0,21	0,08	1,3	31

St. nr.	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	V µg/l
1	0,94	0,77	0,11	375	0,5
2	<0,5	<0,5	<0,1	11	<0,2

Resultatene viser at gruvevannet er svakt alkalisk og at sink er viktigste metall i avrenningen. Tilførslene via gruvevannet blir likevel beskjedne da vannføringen er liten. Det er trolig avrenning fra avfallet i gruveområdet som betyr mest for metalltilførslene til Storelva. Prøven som ble tatt av Storelva viser at elva er merkbart påvirket av tilførslene fra gruveområdet ved at sinkkonsentrasjonen er en del høyere enn hva som trolig er naturlig for vassdraget. Tungmetallnivåene generelt er imidlertid lavere enn de nivåer hvor man kan forvente skadelige effekter. Det må bemerkes at vassdraget er regulert og at elva av den grunn hadde liten vannføring på prøvetakingsdagen.

Kart : 1314 III, Sauda.

2.6.2. Vigsnes Kobberverk

Vigsnes Kobberverk ligger på nordvestsiden av Karmøy like ved Haugesund Lufthavn i Karmøy kommune. Gruva var i drift i perioden 1865-1972. Produksjonen var i sin tid betydelig. Forurensningsproblemene i området er tidligere beskrevet (Iversen og Arnesen 1990) og skyldes tilførsler fra selve gruva og avrenning fra forskjellige typer avfall som er deponert i området. Flotasjonsavgang fra siste driftperiode er deponert slik at den deler Visnesvatn i to. Innsjøen har derved et nordre og et søndre utløp. Avgangen ble overdekket og tilsådd i begynnelsen av 1970-årene. Gruva er en underjordsgruve, ca. 730 m dyp, som består av to gruveområder, Gammelgruva og Rødklev gruve. Det er kommunikasjon mellom de to gruvene. Systemet har stått under naturlig oppfylling med vann siden nedleggelsen og fikk overløp i 1991. Overløpet ledes til småbåthavnen ved Visnesbukta. NIVA har utført analyser av vannprøver fra området over lang tid. De første prøver ble i sin tid tatt av det igangværende kobberverk drevet av A/S Sydvaranger. De fleste prøvene er tatt ved utløpene av de to delene av Visnesvatn. I tabellene 17 og 18 er samlet de viktigste analysedata som foreligger for de prøver som NIVA har analysert. Resultatene viser en klar forbedring av vannkvaliteten i begge delene av Visnesvatn. I den søndre delen, som har det største nedbørfeltet, er det idag fisk (ørret). Grann (1993) har foretatt en fiskeribiologisk undersøkelse av søndre Visnesvatn. Dette er uventet da innsjøen fortsatt har relativt høye kobbernivåer. I nordre Visnesvatn er det fortsatt for høye tungmetallkonsentrasjoner for at fisk skal kunne leve i innsjøen. Nedbørfeltet til selve gruva er lite, noe som også er årsaken til at tilslaget til gruva er beskjedent. Det tok ca. 20 år før gruva var naturlig vannfylt. Det ble tatt en prøve av overløpsvannet den 13.12.93. Resultatene er samlet i tabell 16.

Tabell 16. Analyseresultater for overløp Gammelgruva, Vigsnes tatt 13.12.93

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
3,14	157	140	210	17,4	3,18	2,00	12,8	15,5	3,29

Co mg/l	Ni mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Si mg/l
<0,1	<0,05	<0,05	<0,2	9,61

Gruva har intet overløp i store deler av året. Da tungmetallkonsentrasjonene er forholdsvis beskjedne, blir materialtransporten fra gruva beskjeden i forhold til overflatetilførslene fra gruveområdet.

Det er deponert en del avfall i strandkanten og i sjøen ved Gammelgruva. Det bør vurderes å foreta en resipientundersøkelse for å kartlegge effektene av avrenningen fra avfallet i området.

Tabell 17. Analyseresultater. Vigsnes Kobberverk. Utløp nordre Vigsnesvatn.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l
22.09.75	2.75						188.00	38.90	115.00	
20.12.77	2.60		1600					18.00	61.00	
07.04.78	2.90		695				120.00	10.20	42.00	
08.05.78	2.77						65.00	0.95	27.50	
03.07.78	2.82							11.00	33.30	
12.09.78	2.80						37.00	9.00	33.50	
20.11.78	2.98	119.0					28.00	8.20	17.00	
06.04.79	3.17						15.50	2.55	8.25	
28.05.79	2.98						20.50	2.29	16.10	
26.07.79	2.98						15.90	2.65	11.80	
26.09.79	3.00						19.60	1.77	8.59	
01.12.79	3.07						13.60	1.15	6.02	
29.01.80	3.27						5.90	0.76	4.10	
05.09.80	2.96		38				10.90	0.77	6.60	
07.04.81	3.17						12.70	0.41	3.68	
10.10.81	3.01						17.40	0.40	4.00	
22.07.82	3.05						14.20	0.39	3.90	
21.12.82	3.17		260				9.79	0.28	2.44	
11.07.87	3.14	69.6	218	51.0		1.43	5.26	0.24	2.42	4.3
24.09.87	3.18	78.4	233	52.5	8.65	1.40	8.30	0.25	2.41	4
23.06.89	3.35	62.4	175	43.4	7.80	1.46	1.88	0.18	1.84	2.5
07.11.89	3.67	55.3	140	41.8	6.70	0.80	3.28	0.13	1.49	1.9
29.10.91	3.60	52.9	170	42.3			3.11	0.10	0.89	1.1
27.03.92	4.03	46.0	108	36.2	5.38	0.49	1.90	0.12	0.85	1.1
10.06.93	3.80	43.3	151	48.1	7.31	0.46	0.35	0.09	0.96	

Tabell 18. Analyseresultater. Vigsnes Kobberverk. Utløp søndre Vigsnesvatn.

Dato	pH	Kond mS/m	SO4 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l
24.04.70	4.10							1.100	7.40	
22.09.75	3.74							0.710	2.25	
12.09.78	4.66							0.140	1.00	
26.09.79	5.35							0.100	0.70	
29.01.80	5.99						1.23	0.032	0.47	
05.07.85	6.25							0.061	0.53	1.35
24.09.87	6.64	25.2	54.4	15.6	4.56	0.48	0.72	0.060	0.59	0.85
23.06.89	6.65	24.2	31.0	14.6	4.32	0.30	0.34	0.030	0.43	0.80
16.10.89	6.40	22.0		13.0	3.80			0.037	0.31	0.51
07.11.89	6.53	18.3	30.8	11.6	3.66	0.44	1.84	0.047	0.37	
06.07.90	6.85			14.2			0.52	0.070	0.84	
02.11.90	7.14			12.7			1.90	0.060	0.54	0.60
16.06.91	7.07			15.2			1.01	0.046	0.59	0.80
29.10.91	6.52	20.5		14.2			1.80	0.050	0.44	0.53
27.03.92	6.55	23.6	29.0	11.2	3.56	0.53	1.58	0.046	0.35	0.46
14.10.92	6.62	21.8	38.0	15.8	3.94		1.70	0.030	0.28	0.44
10.06.93	6.51	22.9	25.5	18.5	5.36		3.31	0.016	0.16	

2.7. Vest-Agder fylke

2.7.1. Knaben Molybdengruver

Gruva ligger i Kvinesdal kommune og ble nedlagt i 1970. NIVA har foretatt befarings til området tidligere. Resultater fra befaringen er beskrevet i foregående rapport (Iversen og Arnesen 1990).

Det ble tatt ny prøve ved utløpet av Knabetjern den 13.10.92. Prøvetakingsstedet representerer samlet avrenning fra gruveområdet inkludert deponert flotasjonsavgang. Resultater fra tidligere prøvetaking er tatt med i tabell 19.

Tabell 19. Analyseresultater for utløpet av Knabetjern.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l
20.10.89	5,76	2,68	6,4	2,03	0,21	14,9	20	1,0	-
13.10.92	5,75	3,03	6,0	3,07	0,24	15,5	14,7	0,97	0,20

Dato	Mn µg/l	Mo µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	V µg/l
20.10.89	-	24,6	-	-	-	-
13.10.92	83	43,0	<0,5	1,3	0,47	<0,2

Resultatene viser at vannkvaliteten er tydelig påvirket av tungmetallavrenning fra gruveområdet. Prøvetakingen i 1989 viste at tungmetallkonsentrasjonene i det vannet som står i det delvis vannfylte dagbruddet er høyere enn de konsentrasjoner som ble påvist ved utløpet av Knabetjern. Det er likevel mest sannsynlig at avrenningen fra avgangsmassene i Knabetjern betyr mest for vannkvaliteten ved utløpet. Tungmetallkonsentrasjonene ved utløpet karakteriseres som gjennomgående lave sammenlignet med dem vi finner ved andre sulfidmalmgruver. Tatt i betraktning de betydelige avgangsmengder som ligger over vannspeilet og er utsatt for forvitring, gir de tungmetallkonsentrasjoner som er funnet ved utløpet av deponiet, uttrykk for en forholdsvis beskjeden forvittringshastighet av kismineralene i avfallet. Det er nå gått ca. 20 år siden deponering av avfall opphørte. På denne bakgrunn er det neppe noen fare for noen store endringer i tungmetallavrenningen fra gruveområdet i den nærmest fremtid forutsatt at avfallet får ligge urørt.

Under driftperioden gikk betydelige avgangsmengder ut av deponiområdet. Massene finner en igjen idag i roligere partier i i vassdragsstrekningen nedenfor. Betydningen av disse masser er ikke kjent. En har forøvrig liten kunnskap om virkninger av molybden i naturen. Det er derfor vanskelig å vurdere den praktiske betydningen av de konsentrasjoner som er påvist ved utløpet av Knabetjern.

Kart : 1412 III, Fjotland

2.8. Aust-Agder fylke

2.8.1. Bøylestad Kobberverk

Bøylestad Kobberverk i Froland ble etablert ca. 1866. Verket drev to gruver, Bøylestad Grube og Skytmyr Grube. Verket hadde også smeltehytte. Driften ble nedlagt i 1885.

Bøylestad gruve (kartref. 832929) drenerer direkte til Nidelva. En del tippmasser fra skeidingen er deponert utenfor gruva. Sigevannet fra tippet går gjennom grunnen ned til Nidelva. Det kommer også en del sigevann fra selve gruva som delvis er et dagbrudd. Det er tatt ut ca. 2000 m³ råmalm ved Bøylestad gruve.

Skytmyr gruve (kartref. 823908) er drevet loddrett til en dybde av 167 m. Gruva er idag vannfylt, men hadde intet synlig overløp ved befaringen den 13.10.92. Det er lite tippmasser igjen utenfor gruva da avfallet er benyttet til veiformål i området. En del forurenset dremsvann fra veien og det resterende avfall kan observeres. Dremsvannet går til et lite tjern like ved gruva, Solemsvatnet. Avløpet fra tjernet går videre til Nidelva. Tilførselene fra gruva har neppe noen konsekvenser for vannkvaliteten i tjernet idag, men forholdet er ikke undersøkt. Malmen ble i sin tid oppredet ved kisivasking. På den tid ble det rapportert om fiskedød i Solemsvatnet (Agderposten 5.06.93). Under befaringen den 13.10.92 ble det tatt prøver av gruvevann fra Bøylestad gruve (st.1), av sig fra tipp ved Bøylestad (st.2) og av sig til Solemsvatnet fra Skytmyr gruve (st.3). Resultatene er samlet i tabell 20.

Tabell 20. Analyseresultater Bøylestad kobberverk.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l
1	6,48	31,8	123	46,3	6,56	0,29	0,19	1,32	3,53	<0,03	0,40
2	3,32	47,1	152	28,9	5,92	3,18	6,22	1,87	6,13	<0,03	0,20
2	5,65	18,1	63,5	21,8	3,29	0,25	0,75	0,45	1,90	<0,03	0,33

Selv om sigevannet fra begge områdene er sterkt forurenset, er vannmengdene såvidt beskjedne at tilførselene ikke har noen konsekvenser for Nidelva.

Kart : 1612 III, Nelaug

2.8.2. Espeland blygruve

Gruva ligger i Vergårshei kommune (kartref. 880098). Det var prøvedrift på forkomsten i tiden 1882-92 (Helland 1904). Det ble da tatt ut ca. 1000 m³ råmalm. En del avfallsmasser fra prøvedriften ligger igjen ved veien som går gjennom gruveområdet. Det ble den 13.10.92 tatt en prøve av bekken nedenfor gruveområdet. Analyseresultatene er samlet i tabell 21.

Tabell 21. Analyseresultater Espeland blygruve.

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/ l	Mg mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
5,46	3,41	5,0	2,28	0,38	151	2,3	2,5	454

Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
<0,5	0,8	0,6	468	20	0,4

Bekken er tydelig forurenset av tilførsler fra avfallet. Vannføringen i bekken er liten (<10 l/s) slik at materialtransporten fra området derved også er beskjedne. Når konsentrasjonene av bly og sink er såvidt høye, tyder dette på relativt høye gehalter i de beskjedne avfallsmengder som finnes i området.

Kart : 1612, Nelaug.

2.9. Telemark fylke

2.9.1. Tråk

Gruvedriften ved Tråk startet trolig på begynnelsen av 1500-tallet. Det finnes sikre opplysninger om gruvedriften i dokumenter fra Christian 3.'s regjeringstid (1536-59). Det ble den gang drevet på sølv. Gruvedriften ble oppgitt i 1549.

Gruvedriften ble gjenopptatt i perioden 1905-08 av engelsk-norske interesser (Traag Mines Ltd.). Det ble drevet på bly og sink. Driften ble relativt lagt stort opp med bane og oppredningsverk (vaskeri). Avgangen ble trolig deponert i Frierfjorden. Oppredningsverket er idag revet og befant seg på det område anleggene til Hydro Rafnes ligger. Gruva på Kvernhusåsen var trolig største og eldste gruve. Den ble drevet til et dyp av 60 m med loddsjakt. En del tippmasser er idag synlig utenfor sjakten som er gjenfylt med tippmasser. Det er intet synlig sig fra tippmassene.

Kart : 1713 II, Porsgrunn og 1713 III, Kilebygd

2.10. Buskerud fylke

2.10.1. Eiker Kobberverk

Gruva ligger i Øvre Eiker kommune ved Hokksund på Drammenselvas vestsida. Gruva ble åpnet første gang på 1600-tallet, men aktiviteten var størst i årene 1875-78 og 1885-89. NIVA har tidligere foretatt befarings til området (Johannessen og Iversen 1984). Det ble da funnet at det var avfallet omkring hovedgruva (Bergsgruva) som var av størst betydning i forurensningssammenheng (kartref. 457250). Forurensningsproblemene i området synes utelukkende knyttet til avrenning fra tippmasser. Massene drenerer i to retninger. Den ene del av avrenningen går til Gorudbekken som løper inn i Drammenselva ved Hon. Gorudbekken mottar også mindre forurenset sigevann fra de andre gruvene i området. Den andre dreneringsretningen går til et bekkesystem som går til Kloppmyr og Dørja som løper inn i Fiskumvatnet. Avløpet herfra går til Vestfosselva og videre til Drammenselva.

Ved en befarings 7.11.93 ble det tatt prøver ved følgende lokaliteter :

- St.1 Samlet sig til Kloppmyr
- St.2 Samlet sig til Gorudbekken ved hovedgruva
- St.3 Gorudbekken ved veibom

Analyseresultatene er samlet i tabell 22. I tabellen er også samlet resultater for tilsvarende stasjoner som ble prøvetatt av NIVA i 1983.

Tabell 22. Analyseresultater for Eiker Kobberverk.

St. nr.	Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l
1	07.11.93	2,97	295	2533	123	209	166	62,2	38,4	242	430
2	18.10.83	3,04	135	740				39,5	6,43	27,7	40
2	07.11.93	3,00	144	829	75,4	62,8	42,5	49,8	2,72	33,6	<50
3	18.10.83	4,75	9,89	32				0,56	0,21	1,12	1,6
3	07.11.93	4,99	13,2	53	13,4	4,70	2,17	0,51	0,25	1,99	<50

St. nr.	Dato	Co mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1	07.11.93	0,42	0,17	<0,2	12,9	37,5	ca 0,1
2	18.10.83						1-5
2	07.11.93	<0,1	<0,05	<0,2	3,09	21,4	ca 0,2
3	18.10.83						5-20
3	07.11.93	<0,1	<0,05	<0,2	0,21	4,57	ca 5

Forurensningssituasjonen i Gorudbekken er omtrent den samme som for 10 år siden. For å beregne materialtransporten fra området er det nødvendig med observasjoner ved andre årstider. Det er likevel klart at avrenningen fra gruveområdet kun har konsekvenser for de lokale bekkesystemer.

Kart : 1741 I, Hokksund.

2.10.2. Bygmesterås gruve ved Kongsberg

Ved Kjennerudvatn i Kongsberg kommune ligger en kisgruve som har vært drevet som dagbrudd. Foslie (1925, gruve 321) angir viktigste metaller i malmen til å være Pb, Zn og Cu. Avfallet som ligger i strandsonen (kartref. 385172) er tydelig forvitrende. Avfallsmassene er forholdsvis beskjedne. Utløpsbekken går til Fiskumelva som løper inn i Fiskumvatnet som hører til Drammensvassdraget.

Ved en befarings til området den 12.10.92 ble det tatt prøve av utløpet av Kjennerudvatn. Analyseresultatene er samlet i tabell 23.

Tabell 23. Analyseresultater for utløp Kjennerudvatn tatt 12.10.92.

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
7,78	4,88	7,5	6,34	0,83	0,83	0,88	8,1	348	0,7	1,0	0,2	154	7,6	0,3

Resultatene viser at tjernet er betydelig belastet med sink. En har ikke kjennskap til de biologiske forholdene i tjernet. Tjernet brukes idag til bading.

2.10.3. Glomsrudkollen

NIVA har tidligere foretatt befaring til gruveområdet (Iversen og Arnesen 1990). Gruva er en sinkgruve som sannsynligvis ble drevet omkring århundreskiftet. Gruva ligger under Glomsrudkollen i Modum kommune (kartref. 550390). Gruveområdet drenerer til et lite vassdrag som fører til Glitrevatn som er drikkevannskilde for Drammen og Lier kommuner. Det er flere gruveåpninger med avfall deponert utenfor. Gruva er drenert ved grunnstoll. De største avfallsmengdene var opprinnelig deponert utenfor grunnstollen. Dette avfallet er for en stor del benyttet til anlegging av skogsbilvei langs vassdraget. Drensvann fra gruva og fra avfallet er svakt alkalisk p.g.a. høyt innhold av basiske bergarter som kalkspat. Avfallet avgir likevel en del sink og kadmium. Det ble foretatt en ny befaring til området den 8.05.93 der det ble tatt ny prøve av gruvevann (st.1) og av utløpet av lille Vindsjø (st. 2, kartref. 560385). Resultatene for alle prøver som er tatt i området er samlet i tabell 24.

Tabell 24. Analyseresultater for prøver fra Glomsrudkollen gruveområde.

St. nr.	Dato	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Mg mg/l	SO ₄ mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	22.10.85	8,05	27,0	47,4	2,72	35	0,8	3,0	8,0	980
1	08.05.93	7,39	22,6				<0,02	2,5	4,4	726
2	08.05.93	6,81	4,45				0,08	0,15	0,96	86

St. nr.	Dato	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l	As µg/l
1	22.10.85				49			
2	08.05.93	0,5	1,8	0,4		3,7	<0,2	0,41
3	08.05.93	<0,5	<0,5	0,3		39	<0,2	<0,2

Resultatene viser at nærmeste vassdragsstrekning er tydelig påvirket av avrenning fra avfallet som er benyttet til veiformål i nedbørfeltet ved at konsentrasjonene av sink og kadmium er høyere enn de ellers ville ha vært.

Kart : 1814 IV, Lier

2.11. Akershus fylke

2.11.1. Eidsvoll Gullverk

Gruvedriften etter gull ved Gullverket startet i 1759. Driften ved den største gruva, Brøstadgruva startet i 1770-årene. Virksomheten stoppet på begynnelsen av 1800-tallet. I 1896 ble driften gjenopptatt i større målestokk med moderne utstyr. Brøstadgruva var fortsatt hovedgruve. Gruveselskapet gikk konkurs i 1907. I 1930-årene ble det gjort forsøk på å ta ut gull ved vasking av avfallssanden fra siste driftsperiode.

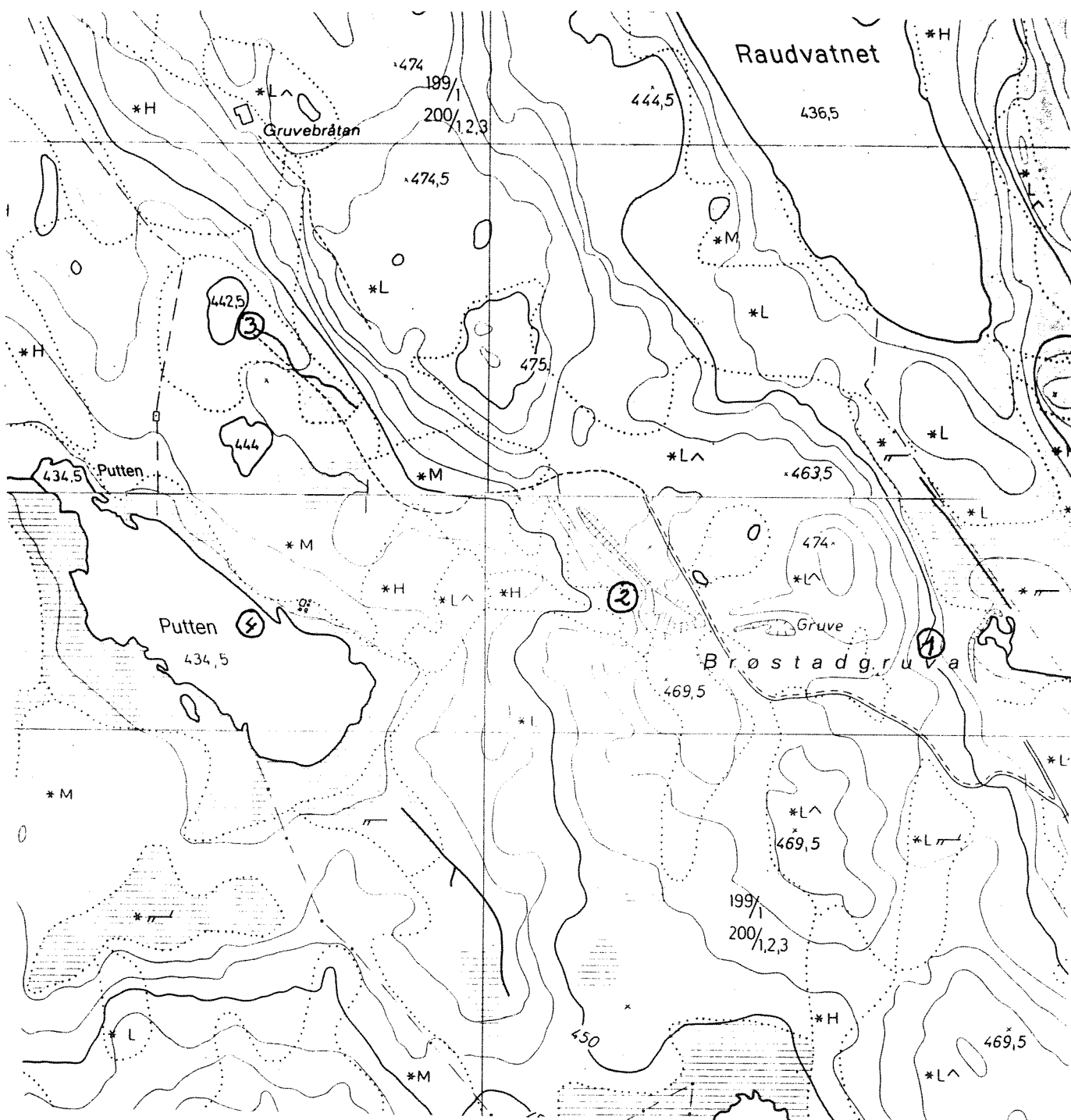
Gruveområdet ved Brøstadgruva ligger i Nord-Odal kommune. Figur 3 viser en kartskisse over gruveområdet. Hovedgruva er et dagbrudd kalt "Synken" (kartref. 294022) som drenerer til en bekk som fører til nordre Holsjøen. Vassdraget herfra går til Vorma. Avfallet fra oppredningsverket, som har karakter av sand, er deponert i flatt terreng nedenfor verket ved tjernet Putten og ved to mindre tjern nord for Putten. Figur 10 bak i vedlegget viser avgangsmasser ved tjernet Putten. Avrenningen fra deponeringsområdet går til et mindre vassdrag som fører til Vorma ved Minnesund. Det ble i siste driftsperiode påbegynt et damanlegg der det ble benyttet avfallsberg i konstruksjonen. Ved en befaring til området ble det tatt prøver av gruvevann fra dagbrudd (st.1), av sigevann fra dam (st.2), av sigevann fra avgangsmasser ved lite tjern (st.3) og i overflaten på Putten ved avgangsmasser (st.4). Det ble under befaringen påvist flere andre lokaliteter der vannkvaliteten hadde betydelig surhet. Analyseresultatene for de prøver som ble tatt under befaringen den 18.09.92 er samlet i tabell 25.

Tabell 25. Analyseresultater for prøver fra Brøstadgruva, Eidsvoll Gullverk tatt 18.09.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l	Hg ng/l
1	3,25	52,1	170	24,2	5,35	3,97	13,7	9,37	0,11	1,43	-
2	3,31	29,7	67,3	5,32	1,07	1,25	11,0	1,47	0,03	0,28	-
3	3,48	17,6	25,9	1,32	0,39	0,78	3,91	1,07	0,04	0,06	21,5
4	4,60	3,95	9,8	2,90	0,91	0,32	1,09	0,10	<0,02	0,07	3,0

Resultatene viser at både avrenningen fra gruva og fra den finknuste avgangen har betydelig surhet og inneholder en del kobber. Det må bemerkes at det også ble påvist kvikksølv i vesentlig høyere konsentrasjoner enn det som kan betraktes som normalt bakgrunnsnivå i sigvann fra avgangsmassene. Det bør foretas undersøkelser for en nærmere kartlegging av kilden og av sedimentene i Putten.

Kart : 1915 I, Eidsvoll



Figur 3. Kartskisse over gruveområdet Brøstadgruva med prøvetakingssteder markert.

2.12. Oppland fylke

2.12.1. Sel Kobberverk

Sel kobberverk i Sel kommune ble drevet på 16- og 1700-tallet. Verkets gruver lå ved Åsåren (kartref. 230510) og ved Rusti gård under Gruvhaugen (kartref. 299489). Malmen ble fraktet til verkets smeltehytte som lå nede ved Lågen ved Selsverket. Verket ble nedlagt da hytta ble tatt av storflommen i Lågen på slutten av 1700-tallet. Gruvene ved Gruvhaugen ble drevet en kort periode i begynnelsen av dette århundre (1908-1912). Råmalmproduksjonen var ca. 20.000 tonn i disse årene. NIVA foretok en befarings til gruveområdene den 19.10.93.

Gruva ved Åsåren er en underjordsgruve. Det ble ikke påvist noe gruvevann på befaringsdagen. En del tippmasser er deponert utenfor den fyrsatte stollåpningen. En del av massene er forholdsvis rikt på kisminerale. Det er tydelig på vegetasjonen under tippet at den produserer sur avrenning, men intet sigevann kunne observeres under befaringen. Avrenningen fra tippet går hovedsaklig gjennom løsmassene i grunnen ned til Otta. Materialtransporten fra tippet er for beskjeden til å ha noen konsekvenser for Otta. Avfallsmengdene ved gruvene under Gruvhaugen er betydelig større (se figur 11 bak i vedlegget). Avfallsberget inneholder lite kisminerale. Intet surt sigevann kunne påvises under befaringen. Det ble tatt prøve av en liten bekk som kom fra den største tippet. Resultatene er samlet i tabell 26.

Tabell 26. Analyseresultater for prøve fra Sel kobberverk. Bekk under Gruvhaugen tatt 19.10.93

pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Fe mg/l
7,56	18,98	18,4	35,0	1,27	0,15	1,14	0,30	<0,05	0,14

Det er tydelig at tippet avgir noe tungmetaller og mest kobber. Siget fra tippet er for beskjeden til å ha noen betydning for noe vassdrag.

Kart : 1718 IV, Otta

2.12.2. Espedalen nikkelgruver

Gruvedriften i Espedalen i Sør-Fron og Gausdal kommuner tok til i 1766. Driften ved det daværende Espedalens kobberverk var av kort varighet og ble lagt ned i 1772. I 1840-årene ble gruvedriften tatt opp igjen, denne gang etter nikkel. De fleste gruvene fra denne tiden (6 gruver) lå på østsida av Espedalsvatnet. En gruve lå på vestsida. Verket hadde smeltehytte ved Verksodden. Denne driftsperioden varte til 1857. Det ble forsøkt ny drift i perioden 1874-78 med smeltehytte i sørenden av Espedalsvatnet. Gruvedriften har vært beskjeden selv etter den tids målestokk. Den største gruva var Stangsgruva (kartref. 306099). Gruva ble drevet som dagbrudd/underjordsgruve. En del kisholdig avfallsberg er deponert utenfor gruva. Tippet ligger på ras i bratt terreng (se figur 12 bak i vedlegget) og drenerer til Megrunnsbekken som går til Espedalsvatn. Bruddet er sannsynligvis drenert ved en vannstoll som idag er overdekket av tippmasser. NIVA foretok en befarings til området den 8.09.92. Det ble ikke tid til å se på alle gruvene, men flere ble sett på avstand samtidig som bekker i området ble kontrollert. Det ble ikke funnet vannforurensning av betydning ved noen av gruvene bortsett fra Stangsgruva. Bekken nedenfor tippet ble prøvetatt (st.1). Smeltehytteområdet ved Verksodden er tydelig preget av at det finnes tungmetaller i

grunnen (se figur 13 bak i vedlegget). Området drenerer til utløpet av Espedalsvatn. Det ble under befaringen også tatt en prøve av utløpet nedenfor ruinene av smelteovnen (st.2). Resultatene for de to prøver er samlet i tabell 27.

Tabell 27. Analyseresultater. Espedalen nikkelgruver. Prøver tatt 8.09.92.

St. nr.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
1	6,57	6,81	22,0	6,06	2,38	0,06	0,07	189	12
2	6,76	2,62	2,9	2,75	0,74	0,02	0,01	1,2	0,78

St. nr.	Cr µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	V µg/l
1	<0,5	1070	39	52	16	0,14
2	<0,5	1,9	<0,1	41	2,4	0,14

Resultatene viser at vannkvaliteten i bekken nedenfor Stangsgruva er tydelig påvirket av avrenning fra gruveområdet. Materialtransporten vurderes likevel som beskjeden og for liten til å ha noen konsekvenser for Espedalsvatn.

Kart : 1717 I, Svatum og 1717 IV, Espedalen

3. LITTERATUR

Foslie, S., 1925. Syd-Norges Gruber og Malmforekomster. Norges Geologiske Undersøkelse nr. 126. 67 s.

Foslie, S., 1926. Norges Svovelkisforekomster. Norges geologiske Undersøkelse nr. 126. 122 s.

Grann, O. J., 1993. Fiskeribiologisk undersøkelse av det gruvepåvirkede Søndre Visnesvatn i Karmøy kommune, Rogaland. Limnos 1/93, 11 s.

Helland, A. 1901. Norges land og folk. Topografisk-statistisk beskrivelse over Nordre Bergenhus Amt. Første del. 862 s.

Helland, A. 1904. Norges land og folk. Topografisk-statistisk beskrivelse over Nedenes Amt. Første del. 870 s.

Helland, A. 1905. Norges land og folk. Topografisk-statistisk beskrivelse over Finmarkens Amt. Første del. 804 s.

Helland, A. 1921. Norges land og folk. Topografisk-statistisk beskrivelse over Søndre Bergenhus Amt. Første del. 1039 s.

Iversen, E. R. 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver, del III. NIVA-rapport, O-90138, L.nr. 2531. 20 s.

Iversen, E. R. og Arnesen, R. T. 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver, del II. NIVA-rapport, O-89106. L.nr.2363. 51 s.

Iversen, E.R. og Grande, M. 1994. Måling av avrenning fra Lillefjell gruve. NIVA-rapport, O-93097. L.nr.3009. 10 s.

Johannessen, M. og Iversen, E. R. 1984. Vannforurensning fra nedlagte gruver. NIVA-rapport, O-82068, L.nr. 1621. 68 s.

Poulsen, A. O., 1964. Norges gruver og malmforekomster. Nord Norge. Norges Geologiske Undersøkelse Nr. 204. 101 s.

VEDLEGG



Figur 4. Velter ved Alta Kobberverk i Kåfjord



Figur 5. Avfallstipp ved Mannfjellet gruve, Meråker.



Figur 6. Sig fra tipp ved Fonnfjellet gruver, Meråker.



Figur 7. Velter ved Rødalsgruva, Nordgruvefeltet, Røros.



Figur 8. Klasberget gruve, Røros.



Figur 9. Velte ved Sauda Grubekompani ved Storelva, Sauda.



Figur 10. Eidsvoll Gullverk. Avgangsmasser ved Putten.



Figur 11. Sel Kobberverk. Velter ved Gruvhaugen, Otta.



Figur 12. Espedalen nikkelgruver. Velter ved Stangsgruva.



Figur 13. Espedalen nikkelgruver. Smelteverksområdet på Verksodden.

NIVA 

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2496-3