

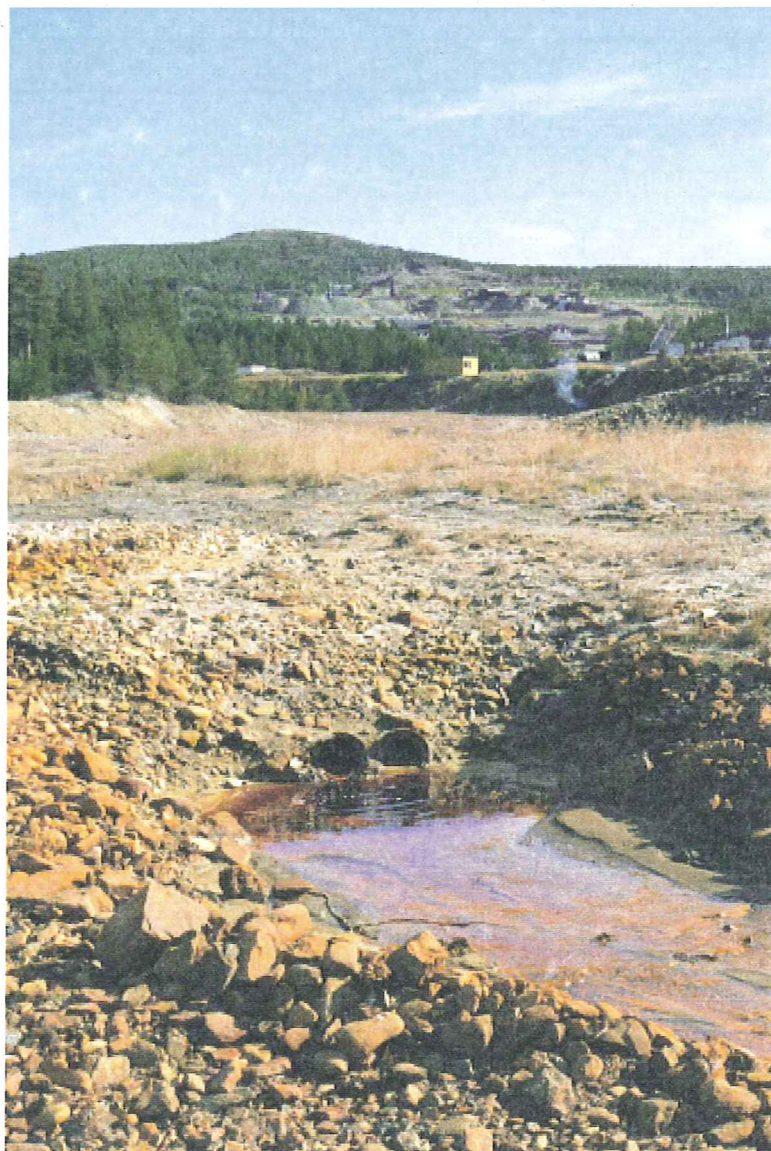
NIVA



RAPPORT LNR 4365-2001

Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum

Undersøkelser i 2000



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet:

www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum Undersøkelser i 2000	Løpenr. (for bestilling) 4365-2001	Dato 2. april 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-99155 2	Sider 25
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hedmark	Trykket NIVA 2001

Oppdragsgiver(e) Miljøsikringsfondet Folldal Verk	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Etter at de forurensningsbegrensende tiltakene i gruveområdet i Folldal sentrum ble avsluttet i 1994, er det ved utgangen av 2000 ennå ikke påvist noen forbedring av betydning i vannkvaliteten i Folla. Forurensningstilførslene fra gruveområdet er fortsatt svært store og synes ennå ikke å ha vist noen avtakende tendens. Dette settes i sammenheng med at flytting av avfall til Tverrfjellet kan ha forårsaket en midlertidig økt tilførsel fra de avfallsmasser som ble liggende igjen i området ved at nye flater ble avdekket og utsatt for økt forvitring. Tilførslene fra gruva ved overløpet av stoll 2 er så store at det er tvilsomt om man vil nå målet for vannkvalitet i Folla uten tiltak som også vil omfatte gruvevannet. Situasjonen ved utgangen av 2000 tyder på at det vil gå meget lang tid før man ser noen forbedring i forurensningssituasjonen som følge av de tiltakene som er gjennomført.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gruvevann 2. Vannkvalitet 3. Tungmetalltransport 4. Folldal Verk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acid Rock Drainage 2. Water quality 3. Heavy metals load 4. Folldal mines
---	--

Eigil Rune Iversen
Eigil Rune Iversen
Prosjektleder

Svein Stene-Johansen
Svein Stene-Johansen
Forskningsleder

Bente M. Wathne
Bente M. Wathne
Forskningsjef

O-99155

Oppfølging av forurensningstilførsler fra

Folldal sentrum

Undersøkelser i 2000

Forord

Folldal Verk som senere inngikk i Norsulfid AS har siden 1966 arbeidet med kartlegging av forurensningstilførslene fra gruveområdene, samt effektene av denne avrenning på vassdraget. Det foreligger et omfattende analysemateriale fra denne kartleggingen. Etter at Norsulfid avsluttet kontrollundersøkelsene i 1998, har Miljøsikringsfondet Folldal Verk videreført oppfølgingen av forurensningstilførslene fra det gamle gruveområdet i Folldal sentrum (Folldal hovedgruve) etter et forenklet program som kun har hatt som mål å kontrollere fysisk/kjemisk vannkvalitet i drensvann og i nærmeste stasjon i Folla nedstrøms Folldal, samt å foreta en transportberegning av de viktigste forurensningskomponenter. Årsaken til at fondet har videreført undersøkelsene er at en ved utgangen av 1998 ennå ikke hadde oppnådd noe vesentlige reduksjoner i tungmetallavrenningen fra området etter de tiltak som ble avsluttet i 1994 og at man har sett det som viktig å føre kontroll med forurensningstilførslene fra gruveområdet inntil det skjer en avklaring vedrørende forurensningsbegrensende tiltak i området.

Den rutinemessige innsamling av vannprøver med måling av vannføringer har vært utført av Kjell Streitlien, Folldal som vi herved takker for vel utført feltarbeid i 2000.

Oslo, 2. april 2001

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Hydrologi	7
3. Vannkvalitet	11
3.1 Undersøkellesprogram	11
3.2 Folla ved Folshaugmoen, stasjon Fo7	11
3.3 Folldal sentrum	13
3.3.1 Stasjon 1. Gruvevann, utløp stoll 2	13
3.3.2 Stasjon 2. Drensledning nedenfor gamle slamdam	15
4. Forurensningstransport	17
5. Samlet vurdering	24
6. Referanser	25

Sammendrag

Miljøsikringsfondet Folldal Verk har videreført en fysisk/kjemisk overvåking av forurensningstransporten fra det gamle gruveområdet i Folldal sentrum etter at Norsulfid AS avsluttet sitt engasjement i 1998. Undersøkelsene har omfattet prøvetaking ved to stasjoner i gruveområdet og en i Folla nedstrøms Folldal sentrum. I tillegg er driften av en limnigrafstasjon i Folla ved Grimsmoen (Brandsnes bru) opprettholdt.

Resultatene for 2000 tyder fortsatt ikke på at det har skjedd noen endringer av betydning i forurensningstilstanden i området. Forurensningstransporten fra området har ikke avtatt nevneverdig i tiden etter at tiltakene ble avsluttet i 1994. En mulig forklaring på dette kan ha sammenheng med en midlertidig økning i forurensningsstransporten fra deler av det gjenværende gruveavfallet i området som følge av flytting av forurensende masser for deponering i Tverrfjellet gruve. Det kan imidlertid spores en svak positiv trend ved at sulfatkonsentrasjonene har vist en svak synkende tendens i Folla nedstrøms gruveområdet i tiden etter 1994. Resultatene tyder likevel på at det vil ta svært lang tid før en ser klare effekter av det tiltaket som er gjennomført.

Tilførslene fra gruva vil trolig endre seg lite over tid. Siden disse tilførslene er de dominerende i store deler av året, vil en neppe nå den målsetting man har for vannkvalitet i Folla uten tiltak som også omfatter gruvevannet.

Deler av forurensningstransporten fra gruveområdet fanges ikke opp av eksisterende dreneringsystem. Det vil være nødvendig å kartlegge spredningsveier og flomvannføringer bedre dersom man tar sikte på ytterligere tiltak i området.

Summary

Title: Transport of Pollutant from Folldal Mines, Norway

Year: 2000

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4002-0

Mining in the Folldal area took place in periods between 1748 and 1993. The mines in the municipality centre were closed in 1968. Drainage from these mines and mine waste disposed at the site is still the main pollution problem in the area. The total load of copper from this area on the River Folla is estimated to 10 –20 tons annually. In 1993-1994 mine waste from several sources were moved and disposed under ground within the last mine in the area, Tverrfjellet mine. After 6 years no significant effect has been observed in the water quality in River Folla downstream the mine site. A possible explanation for this is connected to the drainage from the underground mine which is found to be the most important source of pollution in the area. Besides, it was not possible to remove all the waste material. Thus, the oxidation processes in the remaining waste could have accelerated caused by better influx of air.

1. Innledning

Norsk institutt for vannforskning har foretatt undersøkelser i Folla-vassdraget siden 1966. Undersøkelsene har omfattet hele strekningen fra gruveområdet på Hjerkin og ned til Alvdal. Gruvevirksomheten til Folldal Verk ved Tverrfjellet gruve opphørte våren 1993. I perioden 1992-1994 pågikk det oppryddingstiltak ved det gamle gruveområdet i Folldal sentrum der virksomheten ble nedlagt i 1968. Oppryddingstiltakene har bestått i flytting av forensende masser opp til Hjerkin der de ble deponert i Tverrfjellet gruve. I tillegg ble det foretatt en del dreneringstiltak i området. Norsulfid AS gjennomførte et 5 års overvåkingsprogram i vassdraget og i gruveområdene i perioden 1993-1998. Resultatene fra disse undersøkelsene er rapportert i en sluttrapport (Iversen et al, 1999). Da vannkvaliteten i nedre del av vassdraget ved Folshaugmoen ennå ikke hadde bedret seg vesentlig ved utgangen av 1998 etter de tiltakene som var gjennomført, ble det besluttet at Miljøsikringsfondet Folldal Verk skulle fortsette et forenklet overvåkingsprogram i Folldal sentrum-området for å sikre en kontinuitet i målingene inntil en ser hvordan vannkvaliteten utvikler seg og inntil at det er fattet en beslutning om eventuelt å gjennomføre ytterligere tiltak. Resultatene fra disse undersøkelsene vil ha verdi i forbindelse med eventuelle nye tiltaksvurderinger i området. Den foreliggende rapport gir en enkel fremstilling av resultatene fra undersøkelsene i 2000.

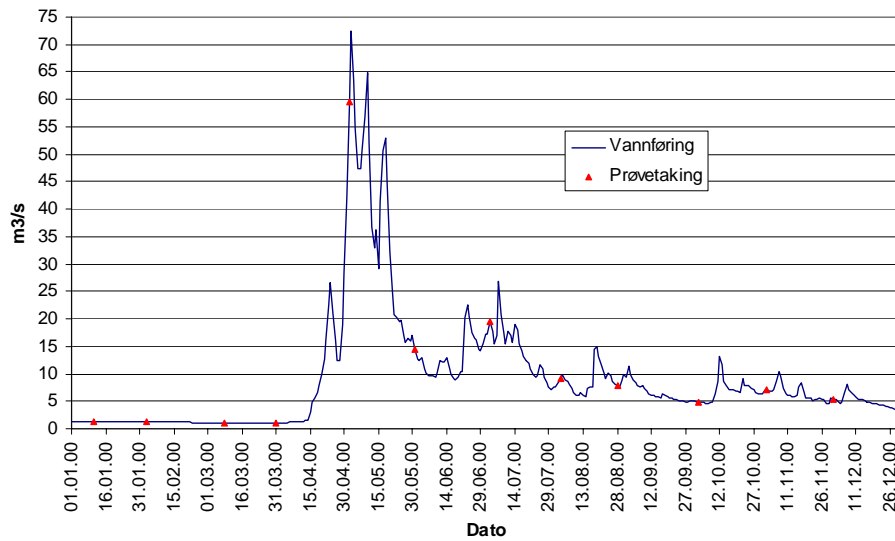
2. Hydrologi

En av målsettingene med dette undersøkelsesprogrammet har vært å beregne forurensningstransporten fra gruveområdet og vurdere hvordan transporten utvikler seg over tid etter at de forurensningsbegrensende tiltak i området ble avsluttet i 1994. For å kunne beregne transporten har en behov for pålitelige mål for vannføringen ved de enkelte prøvetakingsstasjoner i tillegg til de kjemiske analyseverdiene.

I gruveområdet i Folldal sentrum er det laget en 90 graders overløpsprofil i utløpskummen utenfor stoll 2 (st.1). På enden av drenerøret for samlet avrenning fra området, nedenfor det området der den gamle slamdammen lå (st.2), er det montert en 90 graders profil på drenerøret der det munner ut i en stakekum. Ved begge stasjoner er overløpshøyden avlest manuelt ved hver prøvetaking. Vannføringen er beregnet i h.h.t. Otnes og Ræstad (1971). Det er ikke tatt opp vannføringskurver for profilene. Beregnede vannføringer er derfor usikre, spesielt ved store vannføringer. Om våren forekommer det dessuten ofte at profilene er overskredet og at drenerørsystemet ikke tar unna hele vannføringen i flomperioder.

I Folla oppstrøms Folshaugmoen ble det montert en limnigraf med elektronisk vannstandsregistrering i oktober 1997. Tidligere har en ikke kunnet oppgi pålitelige vannføringer her, noe som har vært et savn i forbindelse ved transportvurderinger. Limnigrafen er plassert ved Brandsnes bru over Folla på veien til flyplassen ved Grimsmoen (kartref. 558879). Limnigrafen er montert, kalibrert og drevet av NVE. Stasjon Fo7, Folshaugmoen ligger ca. 4 km nedstrøms limnigrafstasjonen. I de beregninger som er gjort senere i denne rapporten har vi forutsatt at vannføringen er den samme ved Folshaugmoen som ved Grimsmoen da vi antar at nedbørfeltet som drenerer til elvestrekningen mellom Grimsmoen og Folshaugmoen er uten vesentlig betydning i denne sammenheng.

Folla er ca. 108 km lang og har et nedbørfelt på 2170 km². Hvis en benytter en avrenningskoeffisient på 11,2 l · s⁻¹ · km⁻² (NVE, 1987 ved Husom), blir normal middelavrenning 24,3 m³/s ved Alvdal der Folla løper sammen med Glåma. Ved limnigrafstasjonen ved Grimsmoen er nedbørfeltets areal beregnet til 623,2 km². Normal middelavrenning kan her beregnes på tilsvarende måte til 7,0 m³/s. Figur 1 viser forløpet av vannføringsregistreringene ved Grimsmoen i 2000. Prøvetakingstidspunktene er markert på figuren.

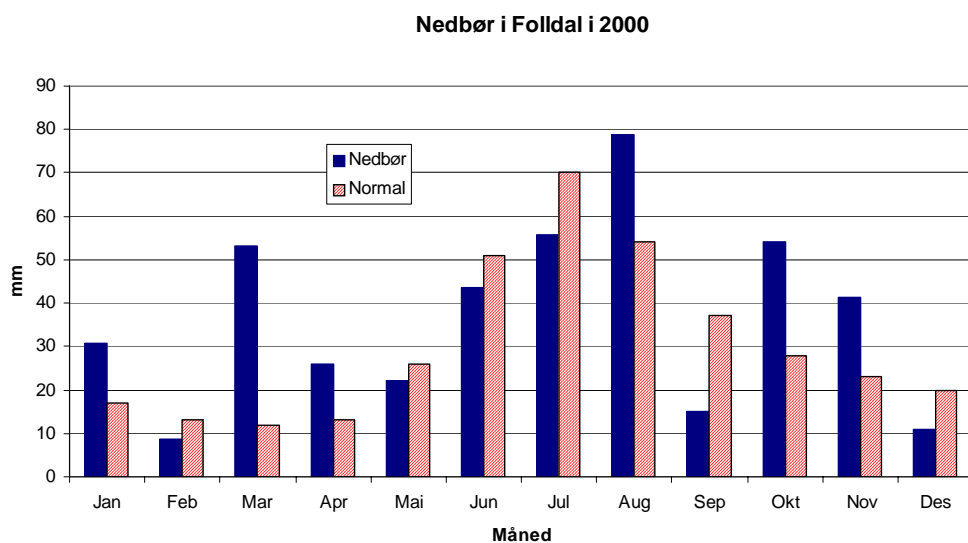


Figur 1. Vannføring i Folla ved Brandsnes bru i 2000 med markering av prøvetakinger ved Fo7.

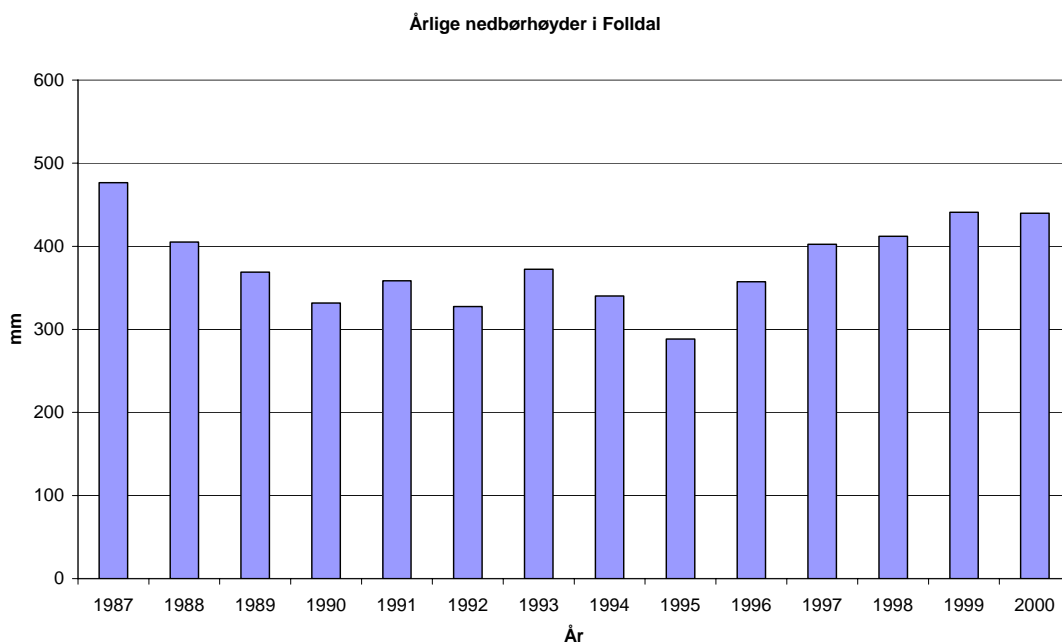
Vårflommen i Folla starter vanligvis i begynnelsen av mai måned med en flomtopp omkring 15.mai. I 2000 startet flommen noe tidligere med et maksimum den 3.mai. Vårflommen varte i ca. 3 uker i 2000. Mot slutten av mai falt vannføringen raskt. Året som helhet var nedbørrikt idet det falt 121 % nedbør i forhold til et normalår, det samme som i 1999.

Tabell 1. Månedlige nedbørhøyder ved den meteorologiske målestasjonen i Follidal i 2000.

Måned	Nedbør	Normal 1961-90	Avvik %
Jan	31	17	181
Feb	8,6	13	66
Mar	53	12	443
Apr	26	13	199
Mai	22	26	85
Jun	44	51	86
Jul	56	70	80
Aug	79	54	146
Sep	15	37	41
Okt	54	28	193
Nov	41	23	180
Des	11	20	55
Året	440	364	121



Figur 2. Månedsnedbør ved den meteorologiske målestasjonen i Follidal i 2000.



Figur 3. Årlige nedbørhøyder i Follidal 1987-2000. Normalår = 364 mm.

Ved hjelp av normal middelavrenning på $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ og nedbørhøyder i prosent av normalen er det i tabell 2 gjort en beregning av middelvannføringer i Folla ved Grimsmoen. For de to siste år er også tatt med middelvannføring og årsavrenning som er beregnet på grunnlag av vannføringsobservasjonene ved limnigrafstasjonen på Grimsmoen.

Tabell 2. Middelvannføringer i Folla ved Grimsmoen 1987- 2000.

År	Nedbør i % av normal	Beregnet middelvannføring m ³ /s	Målt middelvannføring m ³ /s	Målt avrenning m ³ /år
1987	131	9,17		
1988	111	7,77		
1989	101	7,07		
1990	91	6,37		
1991	98	6,86		
1992	90	6,30		
1993	102	7,14		
1994	93	6,51		
1995	79	5,53		
1996	98	6,86		
1997	111	7,77		
1998	113	7,91	8,05	253 869 120
1999	121	8,47	7,09	223 508 160
2000	121	8,47	9,19	290 719 584

Det kan i mange tilfeller være mer korrekt å beregne årlig avrenning og forurensningstransport i perioder på hydrologiske år. Det hydrologiske år starter 1.september. Man unngår derved den målefeil som man gjør ved å bruke kalenderårsmodellen ved at nedbør i form av snø fra det foregående år som er lagret i nedbørfeltet kommer med i avrenningsberegningen. I tabell 3 er gjort tilsvarende beregninger som i tabell 2 ovenfor for de tre hydrologiske år 1997-1998, 1998-1999 og 1999-2000, d.v.s. i den perioden man har vannføringsdata for Folla ved Grimsmoen. Disse målingene startet høsten 1997.

Tabell 3. Middelvannføring og årlig avrenning i Folla ved Grimsmoen i perioder på hydrologiske år.

Hyd. år	Nedbør i % av normal	Beregnet middelvannføring m ³ /s	Målt middelvannføring m ³ /s	Målt avrenning m ³
1997-1998	109	7,63	7,86	243961632
1998-1999	106	7,42	7,78	245500416
1999-2000	117	8,19	8,02	253573632

Sammenliknet med resultatene for kalenderårsberegningen synes det å være bedre samsvar mellom beregnet og målt middelvannføring.

3. Vannkvalitet

3.1 Undersøkellesprogram

Tabell 4 gir en oversikt over prøvetakingsstasjoner som har vært benyttet i undersøkelsesprogrammet.

Tabell 4. Prøvetakingsstasjoner for undersøkelser av avrenning fra Folldal sentrum

St. nr.	Navn	Frekvens	UTM koordinater 32 V NP	GSM posisjon
1	Gruvevann utløp stoll 2	1 x mnd.		N 62° 08,383'; E 09° 59,310'
2	Utløp drensledning ved gamle slamdam	1 x mnd.		N 62° 07,995'; E 09° 58,456'
Fo7	Folla ved Folshaugmoen	1 x mnd.	597901	

Ved valg av analyseprogram er det lagt mest vekt på parametre som har tilknytning til de forvitningsprodukter som dannes i gruver og gruveavfall (tungmetaller, sulfat). I tillegg er tatt med pH og konduktivitet som gir informasjon om generell vannkvalitet og innhold av salter. Ved analyse av metaller og svovel er benyttet atomemisjonsteknikk (ICP). Ved analyse av drensvannet er benyttet vanlig ICP-teknikk, mens prøvene fra Folla er analysert v.h.a. ICP-teknikk med massespektrometer som detektor (ICP-MS). Alle analysene er utført ved NIVA.

3.2 Folla ved Folshaugmoen, stasjon Fo7

Stasjonen ved Folshaugmoen ble opprettet i 1966 i forbindelse med kartlegging av effektene av tilførselene fra gruvevirksomheten i Folldal sentrum som på det tidspunkt ennå var igang. Vi viser til sluttrapporten for Folldal Verk fra 1999 (Iversen et al, 1999) der det er gjort en samlet fremstilling av analysematerialiet for stasjonen for perioden 1970-1998. Fra og med 1984 er stasjonen prøvetatt regelmessig en gang pr. måned.

Etter at Miljøsikringsfondet overtok ansvaret for oppfølging av vannkvaliteten i Folla, ble analyseprogrammet noe forenklet i 1999 til å omfatte de viktigste tungmetaller, samt pH, konduktivitet og sulfat (Iversen, 2000). Hensikten med denne stasjonen er å kontrollere endringer i vannkvaliteten i Folla etter tiltakene som ble gjennomført i 1994. Analyseresultatene for 2000 er samlet i tabell 5, mens tabell 6 gir en oversikt over beregnede tidsveiede middelerverdier for de viktigste analyseparametre for årene 1984-2000. I tabell 7 er gjort en beregning av tidsveiede middelerverdier for de viktigste analyseparametre for de hydrologiske år 1997-1998, 1998-1999 og 1999-2000.

Tabell 5. Analyseresultater. Fo7 Folla ved Folshaugmoen 2000.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf m ³ /s
11.01.2000	7,24	11,4	13,9	570	40	71	0,20	1,15
03.02.2000	7,02	12,6	15,7	640	39	78	0,23	1,15
08.03.2000	7,14	13,5	15,4	853	38	72	0,15	1,06
31.03.2000	7,02	14,2	23,6	1275	76	150	0,39	1,06
02.05.2000	6,81	5,17	5,3	1500	100	89	0,27	59,62
31.05.2000	7,32	6,66	7,9	380	29	40	0,12	14,36
03.07.2000	7,42	5,60	6,4	213	20	27	0,02	19,6
03.08.2000	7,29	7,67	9,2	342	34	36	0,11	9,18
28.08.2000	7,62	8,51	10,7	379	45	52	0,18	7,78
03.10.2000	7,56	9,36	11,0	394	38	46	0,14	4,89
02.11.2000	7,42	8,81	11,6	524	51	65	0,21	6,97
01.12.2000	7,44	10,6	12,5	585	49	65	0,21	5,25
Gj.snitt	7,28	9,51	11,9	638	46,6	65,9	0,19	11,0
Maks.verdi	7,62	14,20	23,6	1500	100	150	0,39	59,6
Min.verdi	6,81	5,17	5,3	213	20,0	27,0	0,02	1,1

Tabell 6. Tidsveiede årsmiddelverdier. Fo7 Folla ved Folshaugmoen.

År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l
1984	7,33	16,94	50,5	320	25,8	75,3	0,16
1985	7,17	16,14	42,7	773	61,1	115,8	0,47
1986	7,40	19,66	55,1	629	47,2	94,0	0,33
1987	7,21	17,48	46,8	453	36,1	89,1	0,28
1988	7,30	17,07	42,1	712	57,2	118,4	0,36
1989	7,26	14,98	34,3	858	43,0	85,3	0,22
1990	7,37	15,23	36,3	532	33,6	74,5	0,22
1991	7,32	18,98	46,0	408	20,4	62,3	0,14
1992	7,28	17,84	43,3	663	40,6	90,8	0,20
1993	7,21	15,18	34,6	667	39,8	70,1	0,23
1994	7,20	10,48	14,2	879	59,9	72,4	0,25
1995	7,31	10,73	14,2	973	64,9	81,8	0,34
1996	7,24	10,20	13,1	402	25,2	51,4	0,17
1997	7,30	9,40	12,1	548	45,2	65,7	0,21
1998	7,49	9,49	13,0	688	49,3	67,9	0,23
1999	7,31	9,59	12,1	639	45,8	64,2	0,17
2000	7,31	9,45	11,8	631	46,7	65,0	0,18

Tabell 7. Tidsveiede årsmiddelverdier. Fo7 Folla ved Folshaugmoen. Hydrologiske år.

Hyd.år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l
1997-1998	7,36	9,12	12,2	595	43,9	61,2	0,20
1998-1999	7,34	9,67	12,7	729	50,2	70,2	0,20
1999-2000	7,29	9,62	12,0	619	45,1	66,1	0,18

Resultatene viser som i tidligere år at de sterkt sure tilførslene fra gruveområdet i Follidal sentrum ikke har noen merkbar effekt på pH-verdien i Folla. Dette betyr at Folla har tilstrekkelig bufferkapasitet til å nøytralisere disse tilførslene. Når det gjelder tungmetallene, er det ingen endringer av betydning når

det gjelder nivåene i tiden etter 1994 da tiltakene ble avsluttet. Da oppredningsverket på Tverrfjellet var i drift, medførte dette bl.a. store utslipp av sulfat. Utslippene herfra påvirket vannkvaliteten i hele vassdraget når det gjaldt sulfat og kalsium. En ser av resultatene for perioden fra og med 1994 at sulfat- og kalsiumnivåene er betydelig lavere enn i årene før. Sulfat vil også gi informasjon om endringer i forurensningstilførslene fra Folldal sentrum. I årene før 1994 var bakgrunnsnivåene såvidt høye p.g.a utslippene fra Tverrfjellet at sulfat var lite egnet til å vurdere betydningen av bidragene fra Folldal sentrum. I tiden etter 1994 har det vært en svak reduksjon i sulfatnivåene. Dette kan tyde på at forurensningstilførslene fra Folldal sentrum er avtakende. En vil sannsynligvis merke eventuelle endringer tidligst på sink- og sulfatnivåene da disse komponenter er mer mobile enn kobber og sink. Når sinknivåene ennå ikke er vesentlig lavere enn i tiden før tiltakene ble gjennomført, kan dette ha sammenheng med at tiltakene medførte en midlertidig økning i forurensningstilførslene fra området da det ikke var mulig å fjerne alt avfallet. I tillegg ble nye flater avdekket og utsatt for oksidasjon og utvasking. Det kan erfaringsmessig ta flere år før en ny likevekt innstiller seg i et slikt område.

3.3 Folldal sentrum

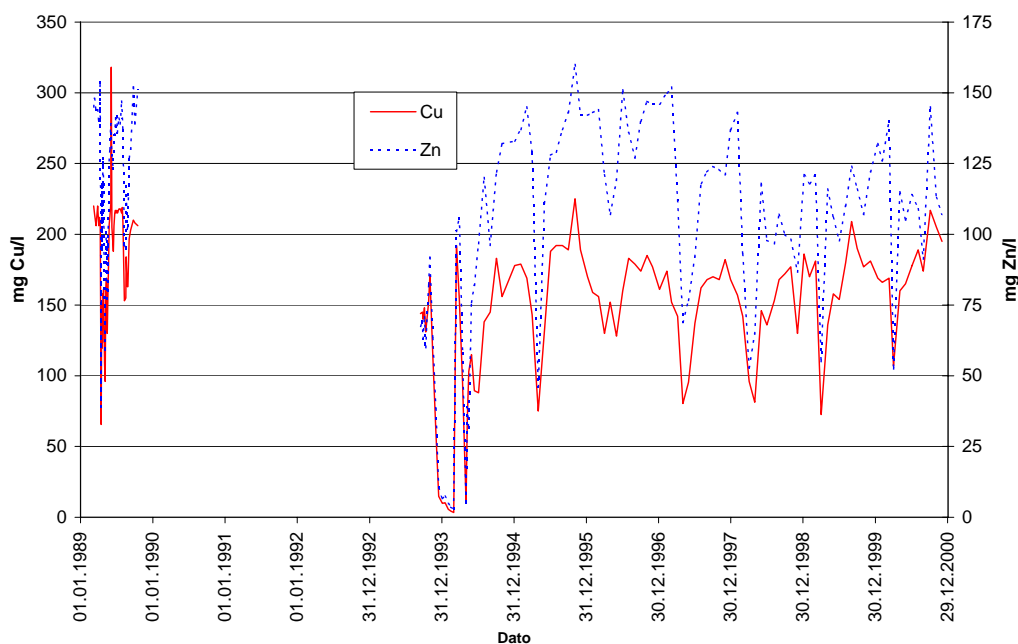
3.3.1 Stasjon 1. Gruvevann, utløp stoll 2

Analyseresultatene for 2000 er samlet i tabell 9. I tabell 8 er beregnet årlige middelerverdier for de viktigste komponenter i gruvevannet. Resultatene for 2000 viser som før at vannkvaliteten er sterkt sur og med et meget høyt innhold av oppløste salter (forvitningsprodukter). En legger spesielt merke til at jern- og sulfatkonsentrasjonene er svært høye, noe som tyder på at forvitningsprosessen i gruva har et betydelig omfang. Vannet er brunfarget, noe som viser at mesteparten av jernet er i treverdlig form. Dette viser at det er god tilgang på luft til gruva. Det har vært ubetydelige endringer i vannkvalitet i løpet av de ti siste år. De variasjoner som kan påvises, har trolig sammenheng med nedbør og klima. De høyeste konsentrasjonene inntreffer som regel når vannføringen er lavest som om vinteren. Det pågår forvitring i gruva også om vinteren. Om våren når tilsiget øker, kan en derfor i en periode samtidig med at vannføringen øker, også ha forholdvis høye konsentrasjoner. En mulig forklaring på dette kan ha sammenheng med at smeltevann som kommer inn skyver ut mer forurenset vann som står i gruva. Eksempelvis hadde en under vårfloppen i 2000 relativt høye metallkonsentrasjoner ved utløpet av stoll 2 den 2.mai samtidig som vannføringen var høy. Slike utslipp kan forårsake høye metallkonsentrasjoner i Folla dersom ikke vannføringen i Folla har økt tilsvarende.

Tabell 8. Stasjon 1 Folldal sentrum. Gruvevann utløp Stoll 2. Middelerverdier.

År	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	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1989	2.57	781					2144	180	119	0.44					1.79
1993	2.41	603	7328	286	349	282	1548	122	62	0.25	8.87	1.03	2.63	43.5	0.25
1994	2.65	513	5421	195	271	218	1191	87	61	0.25	7.66	0.86	1.96	30.5	0.73
1995	2.57	900	10790	343	528	413	2659	171	128	0.47	14.0	1.33	3.54	58.3	1.12
1996	2.59	888	11070	336	586	442	2655	163	135	0.19	14.3	1.19	3.79	55.5	0.32
1997	2.54	834	10540	315	532	396	2293	149	117	0.29	12.3	1.18	3.02	52.3	0.86
1998	2.57	773	9300	298	466	352	2095	144	100	0.38	10.5	0.97	2.95	43.8	1.66
1999	2.65	827	10072	301	503	381	2178	166	109	0.44	11.3	1.05	3.22	44.7	0.89
2000	2.56	845	10020	310	504	413	2308	175	112	0.51	12.9	1.11	3.34	47.8	0.88

Figur 4 gir en grafisk fremstilling av hele analyse materialet for kobber og sink i perioden 1989-2000 for stoll 2.



Figur 4. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved st.1 (stoll 2) 1989-2000.

Tabell 9. Analyseresultater 2000. Stasjon 1 Follidal sentrum. Gruvevann Stoll 2.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Mn	Ni	Co	Si	Vannf
		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s
11.01.2000	2.66	901	11497	309	564	451	2740	169	132	0.48	11.9	1.11	3.45	44.9	0.23
03.02.2000	2.64	901	11228	325	588	453	2390	166	126	0.47	13.3	1.16	3.59	47.0	0.23
08.03.2000	2.60	931	11647	327	615	474	2480	169	140	0.64	13.7	1.35	3.82	50.1	0.23
31.03.2000	2.33	641	8293	273	299	252	1970	107	52.4	0.29	6.97	0.65	2.45	40.9	0.80
02.05.2000	2.59	813	10419	267	511	368	2570	160	115	0.52	11.0	0.91	3.25	43.3	4.40
31.05.2000	2.59	808	10240	296	487	380	2150	165	105	0.46	10.7	1.03	3.29	45.3	1.01
03.07.2000	2.53	851	9251	305	470	416	2090	178	114	0.52	14.1	1.05	3.14	46.7	0.61
03.08.2000	2.55	850	9671	317	503	433	2310	189	109	0.56	14.7	1.05	3.35	52.5	0.80
28.08.2000	2.52	780	8772	315	447	391	2030	174	91.2	0.47	13.2	1.12	3.10	52.5	1.01
03.10.2000	2.63	901	9910	313	523	438	2400	217	145	0.62	15.1	1.22	3.55	47.9	0.46
02.11.2000	2.51	883	9880	331	528	456	2320	205	113	0.54	15.1	1.33	3.57	54.5	0.33
01.12.2000	2.54	874	9431	337	517	445	2250	195	107	0.51	14.8	1.31	3.47	48.0	0.46
Gj.snitt	2.56	845	10020	310	504	413	2308	175	112	0.51	12.9	1.11	3.34	47.8	0.88
Std.avvik	0.09	78	1050	22	80	60	227	27.6	24.4	0.09	2.4	0.20	0.35	4.0	1.15
Maks.verdi	2.66	931	11647	337	615	474	2740	217	145	0.64	15.1	1.35	3.82	54.5	4.40
Min.verdi	2.33	641	8293	267	299	252	1970	107.0	52.4	0.29	7.0	0.65	2.45	40.9	0.23

Tabell 10. Analyseresultater 2000. Stasjon 2 Folldal sentrum.

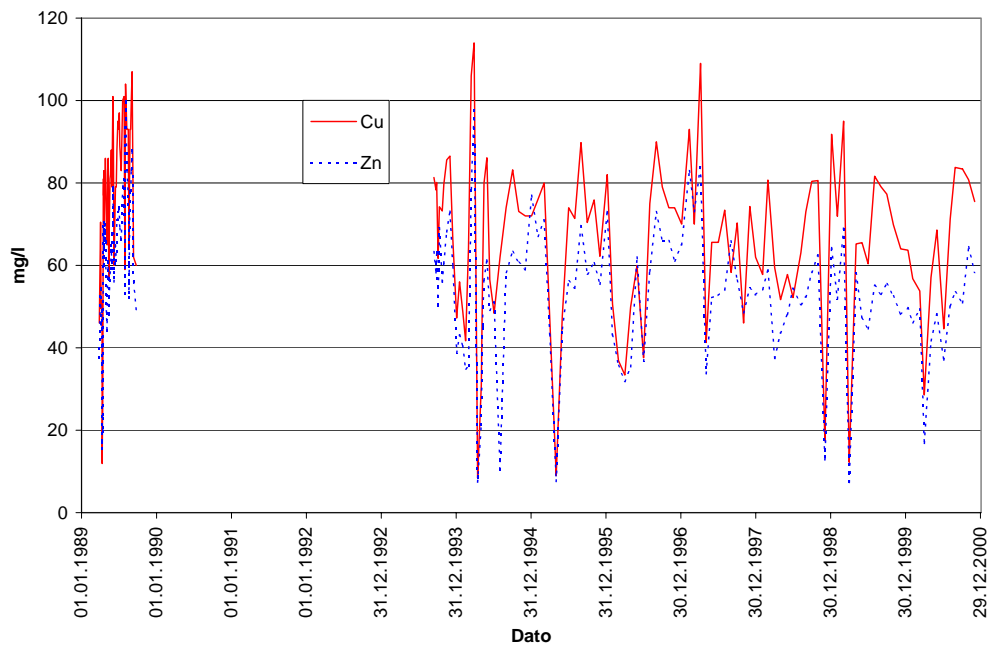
Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
11.01.2000	2.58	444	4252	177	216	178	864	63.7	49.7	0.19	6.68	0.55	1.44	23.8	1.25
03.02.2000	2.57	414	3683	161	198	157	750	56.8	46.1	0.16	6.58	0.50	1.30	21.8	1.25
08.03.2000	2.54	390	3713	165	203	158	724	53.8	49.4	0.21	6.88	0.57	1.35	23.1	1.01
31.03.2000	2.53	303	2144	117	85.3	72.7	415	28.6	16.8	0.08	2.73	0.23	0.67	12.0	4.40
02.05.2000	2.56	396	3862	136	183	138	829	57.1	41.7	0.19	4.34	0.37	1.19	20.5	30.0
31.05.2000	2.55	452	4251	179	209	179	769	68.6	48.2	0.46	6.37	0.57	1.51	25.3	4.40
03.07.2000	2.58	357	2653	185	148	129	431	44.6	37.0	0.16	6.21	0.43	0.99	23.1	3.90
03.08.2000	2.51	477	4042	193	214	193	767	71.2	50.2	0.24	8.12	0.55	1.49	29.6	4.40
28.08.2000	2.51	496	4461	220	232	216	851	83.8	53.5	0.25	8.66	0.70	1.65	34.3	4.40
03.10.2000	2.60	499	4341	202	231	205	871	83.4	50.9	0.24	8.57	0.71	1.64	28.9	2.17
02.11.2000	2.56	478	4234	228	235	221	737	80.8	64.5	0.27	9.57	0.75	1.63	33.5	3.90
01.12.2000	2.52	489	4162	220	238	209	788	75.5	58.3	0.24	8.21	0.75	1.65	28.8	3.41
Gj.snitt	2.55	433	3817	182	199	171	733	64.0	47.2	0.22	6.91	0.56	1.38	25.4	5.37
Std.avvik	0.03	62	713	34	44	43	153	16.8	11.9	0.09	1.93	0.16	0.30	6.15	7.87
Maks.verdi	2.60	499	4461	228	238	221	871	83.8	64.5	0.46	9.57	0.75	1.65	34.3	30.0
Min.verdi	2.51	303	2144	117	85.3	72.7	415	28.6	16.8	0.08	2.73	0.23	0.67	12.0	1.01

3.3.2 Stasjon 2. Drensløsing nedenfor gamle slamdam

Analyseresultatene for 2000 er samlet i tabell 10, mens tabell 11 gir en oversikt over beregnede årlige middelerverdier for de viktigste komponenter i drensvannet. Vannkvaliteten ved denne stasjonen er dominert av det største enkeltbidraget, gruvevannet fra stoll 2. Vannet er sterkt surt (se forsidebildet), men innholdet av oppløste salter er lavere enn ved stoll 2. Dette skyldes at drensløsing også mottar en del overflatevann som er mindre forurenset enn gruvevannet, hovedsaklig fra en lite forurenset bekk som kommer inn i kulverten under riksveien. Figur 5 viser grafisk alle kobber- og sinkobservasjoner i perioden 1989-2000. Resultatene ved utgangen av 2000 tyder fortsatt ikke på at det har skjedd store endringer i vannkvaliteten i løpet av de siste 10 år.

Tabell 11. Stasjon 2 Folldal sentrum. Drensløsing nedenfor gamle slamdam. Middelerverdier.

År	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	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1989	2.73	413					799	75.4	60.9	0.23					6.59
1993	2.60	434	4155	216	233	182	766	76.7	62.1	0.24	8.65	0.73	1.58	34.2	
1994	2.63	407	3632	175	193	150	744	63.7	48.0	0.19	6.76	0.59	1.28	23.7	4.70
1995	2.61	430	4180	188	209	183	786	64.6	55.4	0.20	7.57	0.79	1.43	28.7	1.15
1996	2.61	425	3612	198	207	164	677	61.9	53.5	0.12	8.11	0.57	1.32	26.3	1.54
1997	2.59	462	4462	226	243	190	808	69.7	60.2	0.16	8.97	0.71	1.45	30.6	2.19
1998	2.60	391	3880	193	185	159	701	61.4	48.8	0.18	6.44	0.52	1.33	24.0	4.08
1999	2.64	450	4358	185	222	178	821	69.5	50.6	0.20	6.63	0.58	1.48	25.2	3.12
2000	2.55	433	3817	182	199	171	733	64.0	47.2	0.22	6.91	0.56	1.38	25.4	5.37



Figur 5. Kobber- og sinkkonsentrasjoner ved st. 2 gamle slamdam 1989-2000.

4. Forurensningstransport

Ved hjelp av vannføringsobservasjon og analyseverdi kan den momentane materialtransport beregnes. I tabell 12 og tabell 13 er gjort en beregning av døgntransport i 2000 for de viktigste forurensningskomponenter ved stasjonene i gruveområdet. En ser at transporten var størst om våren. Som nevnt foran er vannføringsobservasjonene ved store vannføringer meget usikre og tildels fastsatt etter beste skjønn fordi måleprofilene er overskredet. Når en vet at store deler av årstransporten foregår om våren, må en derfor ta en del forbehold når det gjelder beregnet årstransport for disse to stasjoner. I så små nedbørfelter som det her er snakk om, har en erfaringer fra andre områder som f.eks. i Nordgruvefeltet på Røros, at det er nødvendig med daglige vannføringsobservasjoner etter samme opplegg som for Folshaugmoen for å kunne beregne årsavrenningen. Dette skyldes at vannføringen kan endre seg svært mye fra døgn til døgn og mye mer enn endringene i analyseverdiene. Det er derfor viktig å prioritere vannføringsmålingene dersom en ønsker å foreta en pålitelig beregning av årstransporten.

Tabell 12. Døgntransport av forurensningskomponenter ved st.1, stoll 2 i 2000.

Dato	SO ₄ kg/døgn	Fe kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Cd g/døgn
11.01.2000	228	54	3.4	2.6	9.5
03.02.2000	223	47	3.3	2.5	9.3
08.03.2000	231	49	3.4	2.8	12.7
31.03.2000	573	136	7.4	3.6	20.0
02.05.2000	3961	977	60.8	43.7	197.7
31.05.2000	894	188	14.4	9.2	40.1
03.07.2000	488	110	9.4	6.0	27.4
03.08.2000	668	160	13.1	7.5	38.7
28.08.2000	765	177	15.2	8.0	41.0
03.10.2000	394	95	8.6	5.8	24.6
02.11.2000	282	66	5.8	3.2	15.4
01.12.2000	375	89	7.8	4.3	20.3
Aritm.middel	757	179	12.7	8.3	38.1

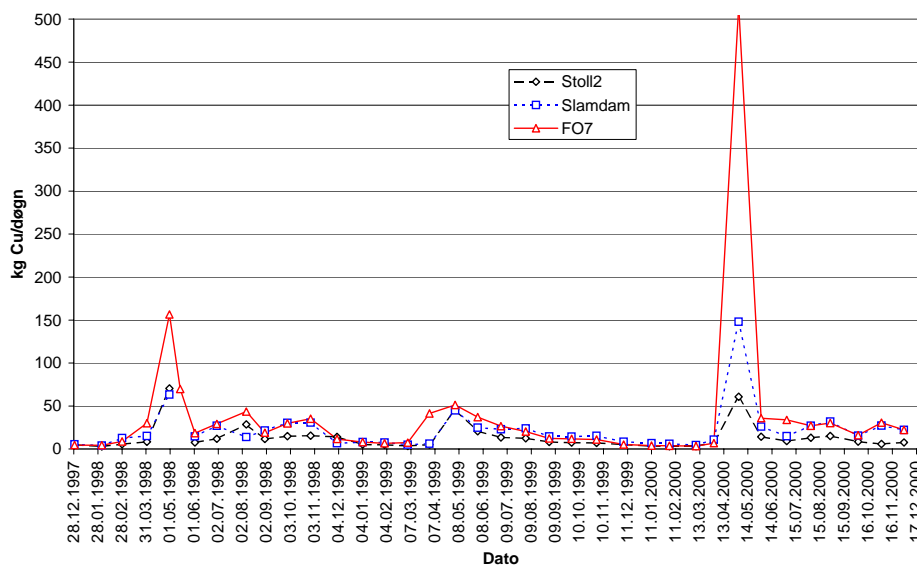
Tabell 13. Døgntransport av fourensningskomponenter ved st.2, gamle slamdam i 2000.

Dato	SO ₄ kg/døgn	Fe kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Cd g/døgn
11.01.2000	459	93	6.9	5.4	20.5
03.02.2000	398	81	6.1	5.0	17.3
08.03.2000	324	63	4.7	4.3	18.3
31.03.2000	815	158	10.9	6.4	30.4
02.05.2000	10010	2149	148.0	108.1	492.5
31.05.2000	1616	292	26.1	18.3	174.9
03.07.2000	894	145	15.0	12.5	53.9
03.08.2000	1537	292	27.1	19.1	91.2
28.08.2000	1696	324	31.9	20.3	95.0
03.10.2000	814	163	15.6	9.5	45.0
02.11.2000	1427	248	27.2	21.7	91.0
01.12.2000	1226	232	22.2	17.2	70.7
Aritm.middel	1768	353	28.5	20.6	100.1

Ved stasjonen ved Folshaugmoen er beregningene (se tabell 14) mer pålitelige da en nå har gode og daglige vannføringsobservasjoner ved Grimsmoen. Av tabellen ser en som for stasjonene i gruveområdet at store deler av årstransporten foregår om våren.

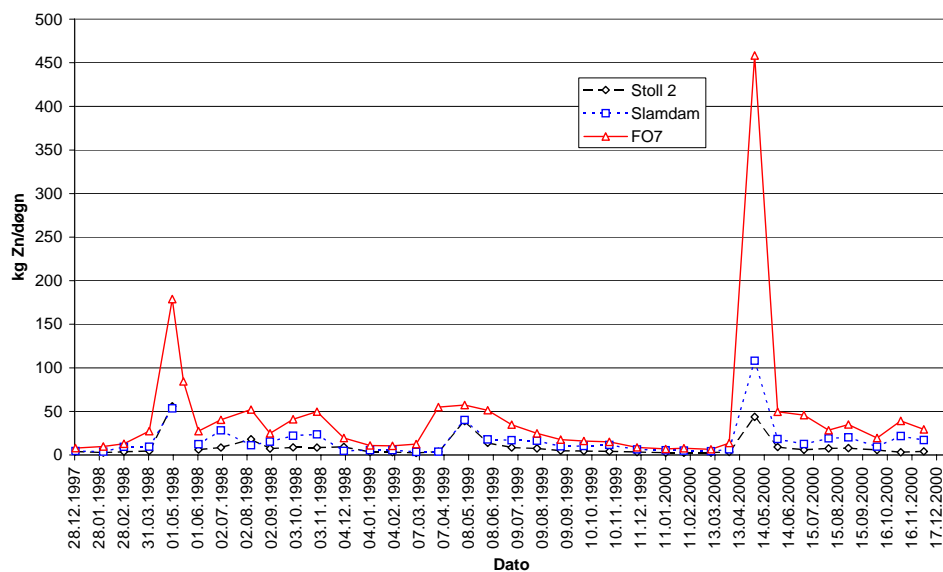
Tabell 14. Døgntransport av forurensningskomponenter ved stasjon Fo7 Folshaugmoen i 2000.

Dato	SO ₄ kg/døgn	Fe kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Cd g/døgn
11.01.2000	1381	57	4.0	7.1	19.9
03.02.2000	1560	64	3.9	7.8	22.9
08.03.2000	1410	78	3.5	6.6	13.7
31.03.2000	2161	117	7.0	13.7	35.7
02.05.2000	27301	7727	515.1	458.5	1390.8
31.05.2000	9802	471	36.0	49.6	148.9
03.07.2000	10838	361	33.9	45.7	33.9
03.08.2000	7297	271	27.0	28.6	87.2
28.08.2000	7192	255	30.2	35.0	121.0
03.10.2000	4647	166	16.1	19.4	59.1
02.11.2000	6986	316	30.7	39.1	126.5
01.12.2000	5670	265	22.2	29.5	95.3
Middel	7187	846	61	62	180

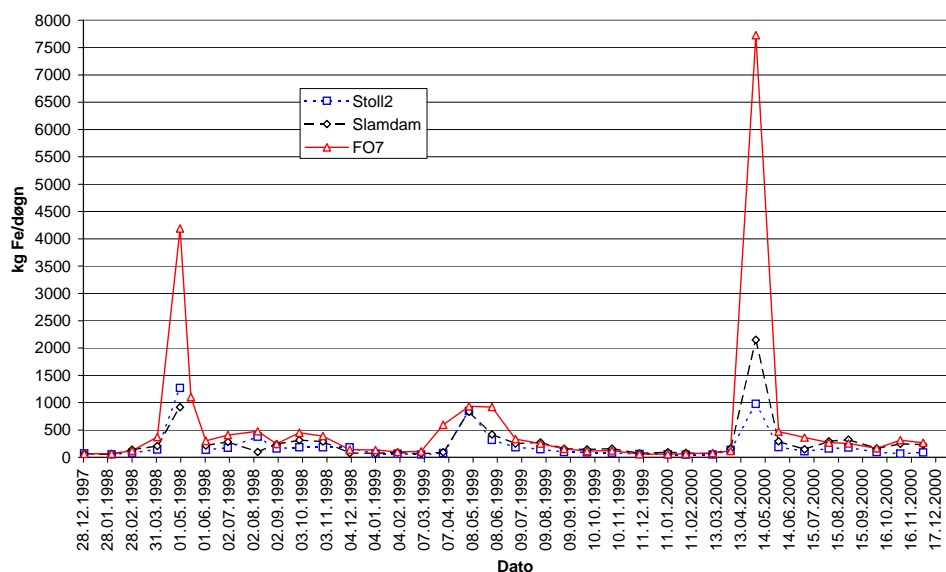


Figur 6. Kobbertransport i 1998, 1999 og 2000 ved st.1, st.2 og Fo7.

I figur 6, figur 7 og figur 8 er døgntransporten for kobber, sink og jern avbildet grafisk for årene 1998, 1999 og 2000. Figurene viser at ved lave vannføringer om vinteren og etter vårfloppen er det god overensstemmelse mellom observert transport ved st.2 og i Folla ved Fo7, Folshaugmoen. Dette betyr at tilførselen fra drens-systemet betyr svært mye for hva som observeres i Folla. Under vårfloppen kan det observeres et avvik mellom beregnet transport ved st. 2 og transporten ved Fo7, Folshaugmoen. Dette tyder på at drens-systemet ikke greier å fange opp all avrenning fra gruveområdet. En må imidlertid ta i betraktning at beregnede transportverdier for stasjonene 1 og 2 er meget usikre p.g.a. forhold som nevnt foran. Sannsynligvis er transporten under vårfloppen underestimert for disse stasjonene. I 1998 ble det også foretatt målinger av hva som blir fanget opp i drens-systemet som kommer ut i Folla ved Gammelelva (st.3). Det ble funnet at bidraget via dette systemet var ubetydelig.



Figur 7. Sinktransport i 1998, 1999 og 2000 ved st.1, st.2 og Fo7.



Figur 8. Jerntransport i 1998, 1999 og 2000 ved st.1, st.2 og Fo7.

I tabell 15, tabell 16 og tabell 17 er beregnet årstransporten av kobber, sink, jern, sulfat og kadmium ved de tre stasjoner. Transporten ved stasjonene i gruveområdet er beregnet ved å summere tidsveiede døgnttransportverdier for året, mens transporten i Folla fra og med 1998 er beregnet v.h.a samlet avrenning (sum av målte døgnavføringer for året) og tidsveiet middelerverdi for den enkelte analysevariabel. For årene før 1998 er årsavrenningen beregnet v.h.a. normal middelerverdi korrigert for årsnedbøren. Resultatene viser at det kan være forholdsvis store variasjoner fra år til år og at forurensningstransporten ikke har endret seg vesentlig etter avslutning av tiltakene i 1994.

Tabell 15. Årstransport fra Folldal sentrum ved St.1 Utløp stoll 2.

År	Kobber tonn/år	Sink tonn/år	Jern tonn/år	Kadmium kg/år	Sulfat tonn/år
1985	14.6	10.5	188.0	33.6	892
1989	7.5	5.3	107.0	17.6	
1994	2.7	2.1	40.2	7.6	169
1995	4.4	3.3	79.0	12.9	310
1996	1.7	1.4	28.4	2.0	119
1997	3.3	2.5	52.4	7.3	238
1998	6.2	4.3	94.7	17.2	422
1999	4.3	3.1	64.4	12	282
2000	4.7	3.0	64.5	14	272

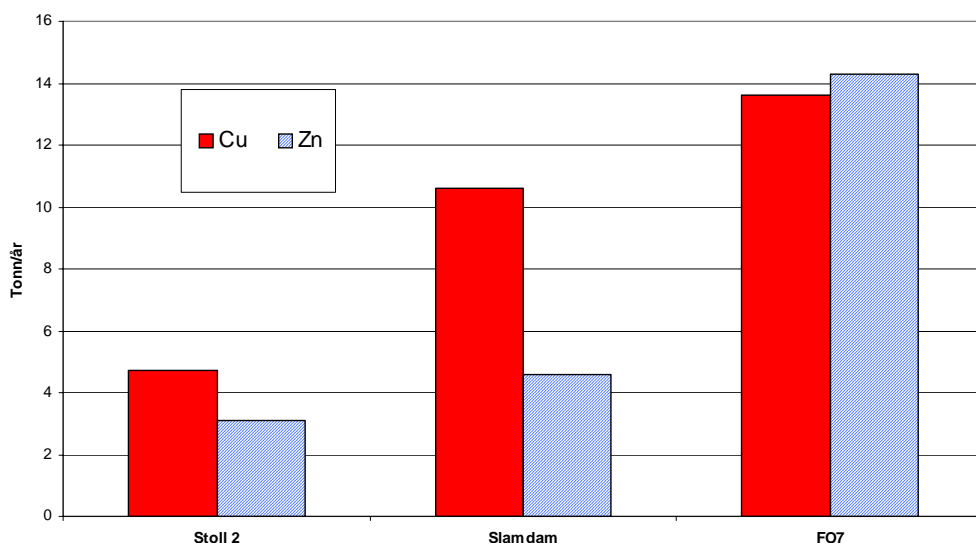
Tabell 16. Årstransport fra Folldal sentrum ved st.2 gamle slamdam.

År	Kobber tonn/år	Sink tonn/år	Jern tonn/år	Kadmium kg/år	Sulfat tonn/år
1985	16.9	13.1	209.0	42.9	1070
1989	7.8	6.3	88.6	24.0	
1994	6.7	5.3	75.9	21.5	387
1995	7.6	6.7	99.9	20.9	719
1996	3.2	2.8	33.2	6.3	186
1997	4.3	3.5	48.8	8.5	269
1998	7.6	6.1	89.0	24.0	476
1999	6.1	4.6	80.6	17.3	399
2000	10.6	7.7	131	37.3	656

Tabell 17. Årstransport i Folla ved stasjon Fo7 Folshaugmoen

År	Kobber tonn/år	Sink tonn/år	Jern tonn/år	Kadmium kg/år	Sulfat tonn/år
1987	10,4	25,8	131,0	81,0	13534
1988	14,0	29,0	174,5	88,2	10316
1989	9,6	19,0	191,3	49,1	7648
1990	6,7	15,0	106,9	44,2	7292
1991	4,4	13,5	88,3	30,3	9952
1992	8,1	18,0	131,7	39,7	8603
1993	9,0	15,8	150,2	51,8	7791
1994	12,3	14,9	180,5	51,3	2915
1995	11,3	14,3	169,7	59,3	2476
1996	5,5	11,1	87,0	36,8	2834
1997	11,1	16,1	134,3	51,5	2965
1998	12,5	17,2	174,7	58,4	1574*
1999	10,2	14,3	142,8	38	1206*
2000	13,6	18,9	183,4	52	1541*

* I beregningen er trukket fra et naturlig bakgrunnsnivå på 6,8 mg SO₄/l (middelverdi for stasjon Fo5 Folla ved skytebanen)



Figur 9. Årstransport for kobber og sink ved målestasjonene i 2000.

I figur 9 er fremstilt årstransporten for kobber og sink for de tre målestasjonene i 2000. Som i de foregående år viser figuren tydelig :

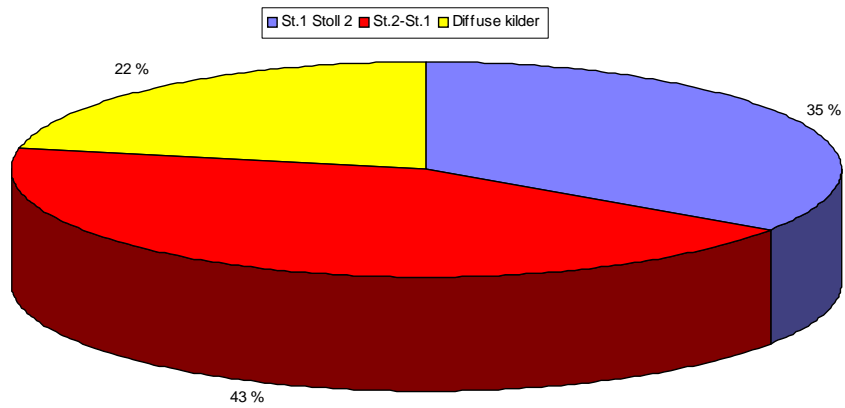
- Tilførselen fra gruva utgjør en betydelig andel av den totale forurensningstransport som blir tilført Folla via drenerørsystemet.
- Transporten i Folla er betydelig større enn hva som kan gjøres rede for ved utløpet av drenerørsystemet.

Dette betyr at eventuelle nye tiltak i området også må omfatte gruvevannet for å få tilstrekkelig effekt. Deler av avrenningen fra gruveområdet fanges dessuten ikke opp av drenerørsystemet og tar veien gjennom grunnen ned mot Folla. Forholdet mellom kobber og sink er forskjellig i Folla i forhold til i drenevannet ved at andelen av sink er høyere i Folla. Den mest sannsynlige forklaringen på dette er at løsmassene i området adsorberer kobber fra det sigevannet som går utenom drenerørnettet. Sink- og sulfationer er mer mobile enn kobberioner. Figur 11 og figur 13 viser dette tydelig. Jern er også mobilt når det er i toverdige form. Treverdige jern begynner å felle ut som hydroksid allerede ved pH 2,8.

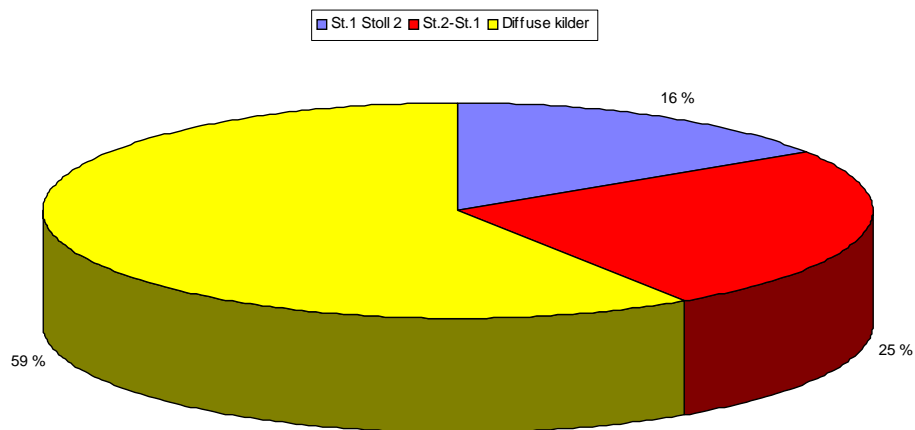
Tabell 18. Årstransport i Folla ved Folshaugmoen. Hydrologiske år.

Hyd. år	Cu Tonn	Zn Tonn	Fe Tonn	Cd kg	SO ₄ Tonn
1997-1998	10,7	14,9	145	48,8	2976
1998-1999	12,3	17,2	179	49,1	3118
1999-2000	11,4	16,8	157	45,6	3043

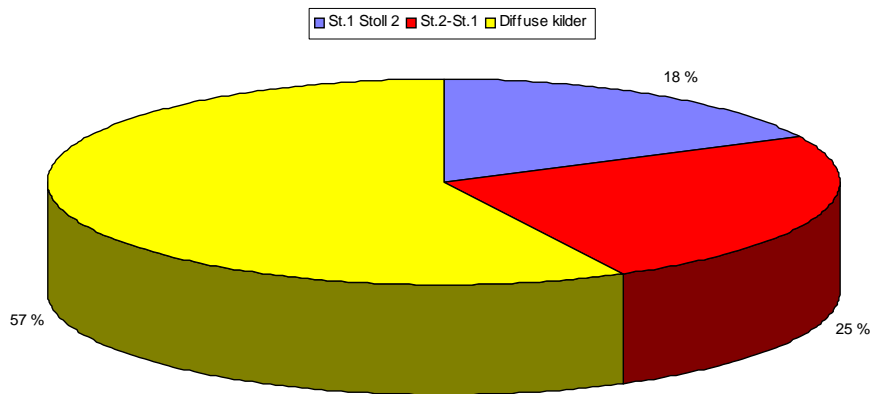
I tabellen ovenfor er transporten i Folla beregnet for hydrologiske år i den perioden det har pågått vannføringsmålinger. Resultatene tyder på en stabil forurensningssituasjon. Den økte transport som ble påvist for 2000 i tabell 17 kan ikke påvises i beregningene for det hydrologiske året 1999-2000.



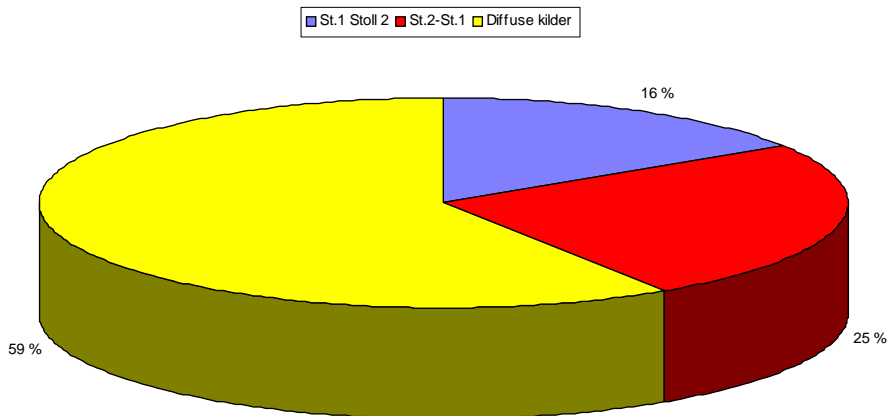
Figur 10. Prosentvis fordeling av kobbertransport på de enkelte kilder i 2000.



Figur 11. Prosentvis fordeling av sinktransport på de enkelte kilder i 2000.



Figur 12. Prosentvis fordeling av jerntransport på de enkelte kilder i 2000



Figur 13. Prosentvis fordeling av sulfattransport på de enkelte kilder i 2000.

5. Samlet vurdering

Undersøkelsene som er gjennomført i tiden etter at tiltakene i Folldal sentrum ble avsluttet i 1994, har vist at forurensningstransporten fra området fortsatt ikke har avtatt nevneverdig ved utgangen av 2000. Som behandlet i forgående årsrapport, settes dette i sammenheng med selve tiltaket ved at det ikke var realistisk å fjerne alt gruveavfallet for deponering i Tverrfjellet gruve. Erfaring fra andre områder har vist at en ved graving i sterkt forurensende masser der det pågår omfattende forvitring kan medføre økt forurensning en periode inntil det innstiller seg en ny likevekt. I Folldal kan det være fare for at forurensningstransporten og forvitringsprosessene har økt i avfall som tidligere har ligget i ro under begrenset tilgang på oksygen. Delvis fjerning av avfall kan ha ført til økt eksponering for luft og vann i deler av det gjenværende avfall. Det er imidlertid rimelig å anta at forurensningstransporten fra et slikt område vil avta etter en tid. Det kan imidlertid ta flere år før en ser effekten av de tiltakene som er gjennomført.

Når det gjelder tilførslene fra gruva, viser undersøkelsene at disse er større enn man antok for 10 år siden. Selv om det knytter seg en viss usikkerhet til transportberegningene på grunn av relativt enkle vannføringsmålinger, tyder resultatene likevel på at tilførslene fra gruva er så vidt store at man neppe vil nå målet for ønsket vannkvalitet i Folla uten tiltak som også omfatter gruvevannet. Gruvevannets kjemiske sammensetning viser at det pågår omfattende forvitringsprosesser i gruva over stoll 2.

Etter at man fikk pålitelige vannføringsmålinger i Folla nedstrøms gruveområdet ved Brandsnes bru, ble det påvist at dreneringssystemet i gruveområdet ikke fanger opp all avrenningen. Deler av kobber- og jernavrenningen avsettes i løsmassene mellom gruveområdet og Folla, mens komponenter som sink og sulfat, som er mer mobile, fanges opp i mindre grad. Dersom man hadde hatt mulighet til å samle opp all forurensningstransport så nære kilden som mulig, ville man sannsynligvis kunne ha observert en kobberavrenning på størrelsesorden 15-20 tonn/år. For tiden er dette det største enkeltbidrag fra en kisgruve idag etter gjennomførte tiltak ved kisgruvene i 10-årsperioden 1985-1995.

Dersom man tar sikte på å gjennomføre ytterligere tiltak i området, bør tiltakene ha en virkningsgrad på minst 90 % dersom man skal nå en akseptabel forurensningstilstand i vassdraget. Tiltaket bør dessuten omfatte alle metaller. Som nevnt i foregående årsrapport, vil etter vår oppfatning en renseteknisk løsning være eneste alternativ dersom det er ønskelig med en umiddelbar effekt i Folla. I denne forbindelse er det helt nødvendig å kartlegge spredningsveiene i grunnen bedre og utrede hvordan drens vannet skal samles opp og transporteres til behandlingsanlegget. Det vil også være nødvendig å kartlegge flomvannføringene bedre for å kunne dimensjonere tiltaket.

6. Referanser

- Iversen, E.R., Grande, M. og Aanes, K.J., 1999. Norsulfid AS avd. Folldal Verk. Kontrollundersøkelser etter nedleggelse av driften. NIVA-rapport. L.nr. 4036-99. O-64120. 28. Mai 1999. 91 s.
- Iversen, E.R., 2000. Miljøsikringsfondet Folldal Verk. Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum. Undersøkelser i 1999. NIVA-Rapport. L.nr. 4264-2000. O-99155, 13.juli 2000, 26 s.
- Norges Vassdrags- og Energiverk. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling, 1987. Avrenningskart over Norge.
- Otnes, J. og Ræstad, E.,1971. Hydrologi i praksis. Ingeniørforlaget A/S. 343 s.