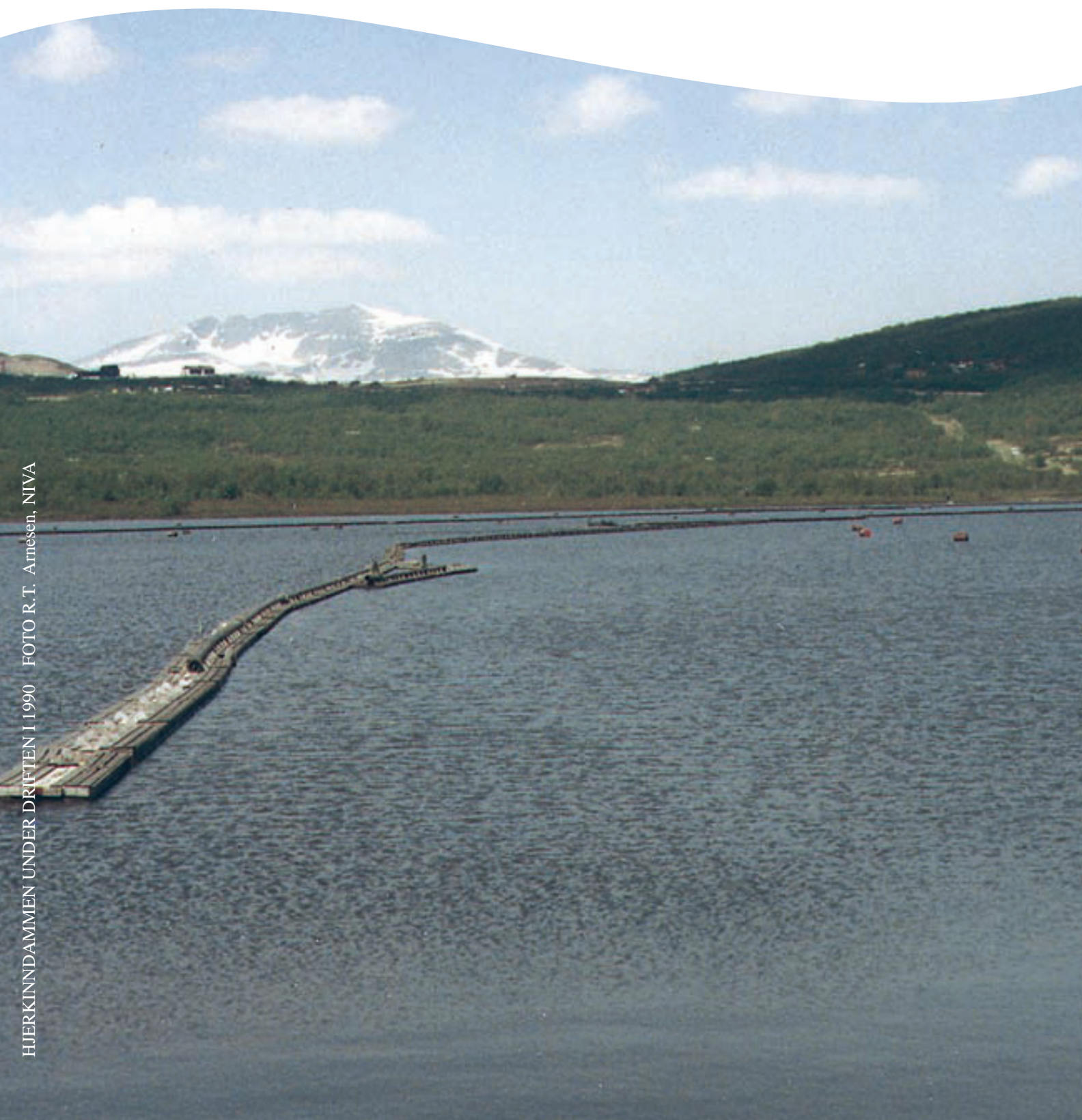


Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på Hjerkin, Dovre kommune Undersøkelser i 2008-2009



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på Hjerkin, Dovre kommune Undersøkelser i 2008-2009	Løpenr. (for bestilling) 5911-2010	Dato 12. januar 2010
	Prosjektnr. Undernr. O-28454	Sider 33
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oppland - Hedmark	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse Best. nr. 53/08
---	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Tverrfjellet gruve på Hjerkin fikk overløp sommeren/høsten 2008 etter at den har stått under oppfylling med vann på grunn av naturlig tilsig siden 1993. Måleprogrammet som har vært gjennomført, viser at overløpsvannet har en pH-verdi omkring 7, noe som betyr at mye av metallinnholdet foreligger som utfelte partikler. Det sedimenterer metallslam på strekningen fra utløpet av gruva fram til utløpet av Hjerkinndammen. Folla har fått en økt belastning av metaller som følge av utslippet, men metallnivåene er likevel ikke så høye at en forventer skadelige effekter på fiskebestanden i elva. En har anslått utslippet fra gruva til ca 1,3 tonn jern/år, 1,3 tonn kobber/år og 6,7 tonn sink/år.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Gruvevann 3. Metalltransport 4. Tverrfjellet, Dovre kommune 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite Mining 2. Acid Mine Drainage 3. Transport of Metals 4. Tverrfjellet Mine, Dovre Municipality
--	--



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

O-28454

**Kontroll av avrenning fra Tverrfjellet gruve på
Hjerkinn, Dovre kommune**

Undersøkelser i 2008-2009

Forord

Den nedlagte Tverrfjellet gruve på Hjerkinne fikk noe overraskende overløp allerede sommeren/høsten 2008. Etter en avklaring av situasjonen ble det raskt bestemt å foreta en oppfølging av forurensningssituasjonen med et kontinuerlig måleprogram. Bergvesenet, fra 1.1.2010 Direktoratet for mineralforvaltning, tok ansvaret for at undersøkelsene ble igangsatt. Norsk institutt for vannforskning har gjennomført undersøkelsene etter oppdrag for Direktoratet for mineralforvaltning. Vår kontaktperson har vært Steinar Nilssen.

Vår lokale observatør på Hjerkinne har vært Knut Høyby som har tatt de rutinemessige prøvene og bistått under feltarbeidet etter avtale med Trond Berger, Statskog. Undertegnede har vært saksbehandler for prosjektet, mens ingeniør Arne Veidel, NIVA, har hatt ansvaret for montasje og drift av målestasjonene for vannføring.

Vi takker alle for samarbeidet.

Oslo, 12. januar 2010

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Undersøkelsesopplegg	7
1.2.1 Prøvetakingsstasjoner	7
1.2.2 Analysemetodikk	8
2. Hydrologi og meteorologi	9
3. Vannkvalitet	14
3.1 Gruvevann utløp jernbanestoll	14
3.2 Overløp Hjerkinndammen	17
3.3 Folla ved stasjon Fo4 Slåi	20
3.4 Prøvetaking i loddsjakt	21
4. Forurensningstransport	22
5. Samlet vurdering av forurensningssituasjonen	24
6. Referanser	27
Vedlegg A. Analyseresultater 2008-2009	28

Sammendrag

Tverrfjellet gruve på Hjerkinntid fikk overløp tidligere enn antatt sommeren/høsten 2008. I denne undersøkelsen har NIVA beskrevet vannkvaliteten i overløpsvannet, og kvaliteten ved utløpet av avgangsdeponiet Hjerkinndammen. I tillegg har vi også kontrollert metallnivåene ved en stasjon i Folla nedenfor tilløp fra Hjerkinndammen, der det er foretatt målinger tidligere mens driften pågikk på Tverrfjellet.

Det er også gjennomført kontinuerlige vannføringsmålinger ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen. Ved hjelp av disse målingene og resultatene fra månedlig prøvetaking ved de tre målepunktene har vi beregnet forurensningstransporten ved utløpet av gruva og ved utløpet av Hjerkinndammen.

Resultatene viser at gruvevannet er nær nøytralt, med pH-verdier omkring 7. Resultatene viser også at det foregår forvittringsprosesser inne i gruva med utløsning av metaller, og at prosessene mest sannsynlig pågår i de deler av gruva som ikke er vannfylt. Mye tyder på at avrenning fra Malmsone 1 kan være en viktig kilde til metaller. Det er positivt at gruva har kapasitet til å nøytralisere de sure prosessene som pågår der metaller frigjøres. Dette gjør at metaller som jern, aluminium og kobber for en stor del foreligger som utfelte partikler i utgående vann fra gruva, noe som fører til at de skadelige effektene av utslippet er mindre enn hva som ville ha vært tilfelle dersom gruvevannet hadde vært surt. Gruvevannet fører til Kvernbecken som er største tilløpsbekk til Hjerkinndammen. På strekningen fra gruva og fram til utløpet av dammen skjer en ytterligere utfelling av metaller.

Metallkonsentrasjonene har økt en del i Folla som følge av de nye tilførselene fra dammen, men nivåene er neppe så store at de forårsaker skadelige effekter på fiskebestanden i Folla nedstrøms tilløpet fra Hjerkinndammen. Når det gjelder næringsdyr for fisk anbefaler vi likevel å verifisere tilstanden. I Folla har en gode referansedata fra tidligere undersøkelser.

For perioden 18.12.2008 – 18.12.2009 har en beregnet følgende nøkkeltall for utslippets størrelse:

Stasjon	SO ₄ ²⁻	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Vannmengde
	tonn/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	m ³ /år
Gruvevann, utløp Jernbanestoll	250	54	1256	1317	6740	21,9	445.000
Utløp Hjerkinndammen	267	66	845	241	2768	7,6	4100.000

Summary

Title: Transport of Pollutants from the Tverrfjellet Pyrite Mine, Dovre Municipality, Norway

Year: 2010

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5646-8

Tverrfjellet pyrite mine was opened in 1969 as an underground mine. The mine is located in a very sensitive area in sub-arctic climate close to two national parks, Dovre and Rondane. Concentrates of pyrite, copper and zinc were produced by selective flotation. The tailings were disposed of under water in an artificial dam, which was the first underwater tailing disposal facility in Norway.

After mine closure in 1993 the mine has been flooded by natural inflow of water. The first outflow was observed in September 2008 and a monitoring programme was initiated in December 2008. The programme involved monitoring the water quality of the mine water and the quality at the outlet of the receiving tailings pond. In addition metal levels in the recipient Folla River were followed up by monthly sampling.

The mine water has a neutral pH. However, the metals levels after 1 year of observations were somewhat higher than expected. The metal source might be connected to an unflooded part of the mine.

The metal transport out of the mine was calculated to 1.3 tonnes Fe/year, 1.3 tonnes Cu/year and 6.7 tonnes Zn/year. Due to good dilution conditions the metal levels in the river are below limits where harmful effect on fish population can be expected.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med avvikling av driften ved Tverrfjellet gruve på Hjerkin, den siste gruva som Folldal Verk drev, ble det utarbeidet en tiltaksplan (Beck, 1991). Planen innebar bl.a at gruva skulle fylles med vann vha naturlig tilrenning. Gruva består av flere malmsoner. I den avgrensede Malmsone 1 ble det deponert en del sulfidholdig, sterkt forvitret gruveavfall fra det gamle gruveområdet i Folldal sentrum. Denne deponeringen ble foretatt i 1993. Malmsone 1 var på forhånd adskilt fra resten av gruve ved støping av betongpropper ved nivåene 2 og 1. Hensikten var å sette det anlagte deponiet under vann. Massene i deponiet ble også tilsatt en kalk før det ble avsluttet. Overløpet fra deponiet var planlagt å foregå fra et nivå over deponimassene på Mellomortsnivå. Norsk institutt for vannforskning gjennomførte etter oppdrag fra Norsulfid AS et oppfølgingsprogram for forurensningstilstanden i området fram til utgangen av 1998. Da det ble antatt at det ville ta mange år å fylle gruva med vann ble det ikke planlagt å følge opp vannfyllingen med et videre program på det daværende tidspunkt.

Av forskjellige årsaker som ikke er drøftet i denne rapporten kom overløpet mye tidligere enn antatt. Det ble raskt besluttet å følge opp tilstanden ved overløpet av gruva, ved utløpet av Hjerkinndammen og i den nærmeste vassdragsstrekning i Folla. Det ble laget et program for undersøkelsene den 18.11.2008 som ble lagt til grunn for de nye undersøkelsene. Programmet har kun omfattet fysisk/kjemiske undersøkelser. Programmet har hatt en varighet på ett år fram til 18.12.2009.

1.2 Undersøkelsesopplegg

1.2.1 Prøvetakingsstasjoner

Undersøkelsene har omfattet undersøkelser ved tre stasjoner:

Navn	Posisjon	Frekvens	Kommune
Utløp rør fra Jernbanestoll	N 62° 13,419' E 09° 32,226'	1 x pr. måned	Dovre
Overløp Hjerkinndammen	N 62° 12,556' E 09° 35,525'	1 x pr. måned	Dovre
Folla ved Slåi, stasjon Fo4	N 62° 11,360' E 09° 42,074'	1 x pr. måned	Folldal

I tillegg ble det tatt stikkprøver i loddsjakta (ventilasjonssjakta) ved to dyp sommeren 2009.

Prøvetakingsstasjonene er markert på figur 1 som fremstiller det berørte vassdragsavsnittet. Figur 4 viser et vertikalsnitt av Tverrfjellet gruve. Figuren er nedfotografert fra et stort format. Detaljer i figuren er av den grunn lite synlige. Figuren viser bl.a de forskjellige malmsonene, forkastningssonen og sjaktene.



Figur 1. Kart over vassdragsavsnitt for feltundersøkelsen med markering av prøvetakingspunkter (1, 2 og 3 på figuren)

1.2.2 Analysemetodikk

Alle analyser er utført etter akkrediterte metoder ved NIVA lab. Det er benyttet atomemisjonsteknikk (ICP-teknikk) ved analyse av metaller. Ved lave nivåer som i Hjerkinndammen og i Folla er det benyttet ICP-teknikk med massespektrometer som detektor (ICPMS). Prøve er tatt på kvalitetskontrollerte prøveflasker fra NIVA lab. Metallanalysene er utført på ufiltrerte prøver etter konservering med salpetersyre. Resultatene gir derfor uttrykk for "totalt" metallinnhold, dvs sum av løst og partikulært bundet metallinnhold.

2. Hydrologi og meteorologi

Tverrfjellet gruve ligger på vannskillet mellom Driva- og Follavassdraget. Overflateavrenningen fra gruveområdet fører både mot Driva og Folla. Overflateavrenningen fra den såkalte jernhatten på Tverrfjellet drenerer mot Grisungbekken som løper inn i Svåni som er sideelv til Driva (se figur 2). Avrenningen til Driva ble under driftsperioden kontrollert ved prøvetaking i Grisungbekken (Iversen, 1999).



Figur 2. Avrenning fra jernhatten på Tverrfjellet.

Foto: Eigil Iversen 2003.

Gruva fikk som forventet overløp til Jernbanestollen. I stollen er lagt ned et drensør som krysser under jernbanelinja og munner ut i en drensgrøft som fører til Kvernbecken som er største tilløpsbekk til Hjerkinndammen.

Hjerkinndammen har et areal på ca 1 km² og et nedbørfelt på 13 km² ved utløpet (Beck, 1991). Dersom en benytter en avrenningskoeffisient på 13 l/s·km² (NVE, 1987) gir dette en normalavrenning på ca 170 l/s. Under driften var vannføringen høyere fordi oppredningsverket tok inn driftsvann fra Drivavassdraget og som da ble overført til avgangsdammen.

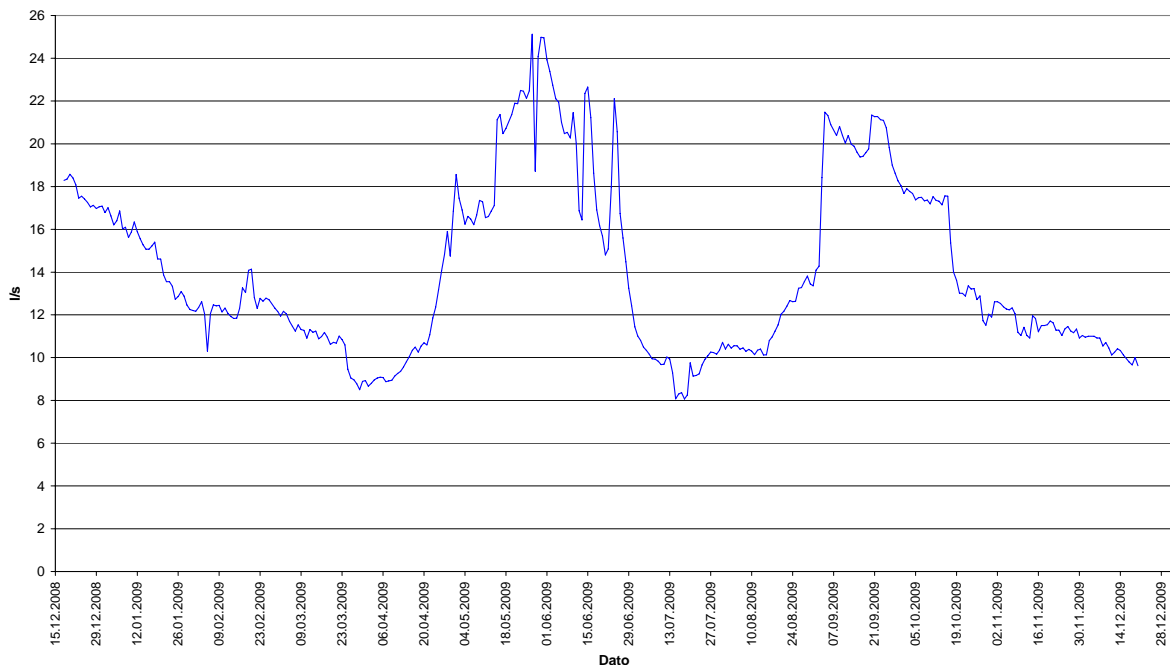
I det foreliggende måleprogrammet ble det opprettet to målestasjoner for vannføring, gruvevann ved utløpet av drensør fra Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen. Batteridrevne loggere registrerer vannføringen 1 gang pr. time og data kan fjernavleses.

Det er flere lekkasjepunkter til Tverrfjellet gruve. Det er gjort rede for disse i en hovedoppgave ved NTNU (Kleiv, 1996). De to største lekkasjene skjer trolig gjennom forkastningssonen og gjennom berggrunnen over Malmsone 1. I denne rapporten har en ikke gjennomført noen vurderinger av

årsakene til at gruva fikk et tidligere overløp enn beregnet. Erfaringene fra de undersøkelser som er gjort i siste år viser imidlertid at gruva er fullstendig vannfylt.

Våren og sommeren 2009 ble det forsøkt tatt opp prøve av overløpsvann fra Malmsone 1 gjennom et rør som går ned fra overflaten gjennom en ventilasjonssjakt og ned til Mellomorta. Overløpet ble prøvetatt ved noen anledninger tidligere etter at Malmsone 1 fikk overløp til Mellomortsnivå (Iversen, 1999). I 2009 var røret tørt ved begge anledninger. Etter opplysninger fra Trond Berger, Statskog var det intet overløp i Mellomorta under en inspeksjon i orta i 1998. Dette betyr at vannet fra Malmsone 1 må ha tatt en annen vei inn i gruva og at dette hendte i løpet av 1998. Mulige lekkasjepunkter er propene ved Nivå 1 (Jernbanestollnivå) og på Nivå 2.

Figur 3 viser forløpet av vannføringskurven for gruvevannet i måleperioden. Vannføringene ved målepunktet antas periodevis å være noe høyere enn inne i gruva ved selve overløpet. Dette skyldes at Jernbanestollen mottar en del grunnvann fra overflaten utover i stollen Dette har ingen betydning for transportberegningene da vannprøvene er tatt ved utløpet av drensørret.

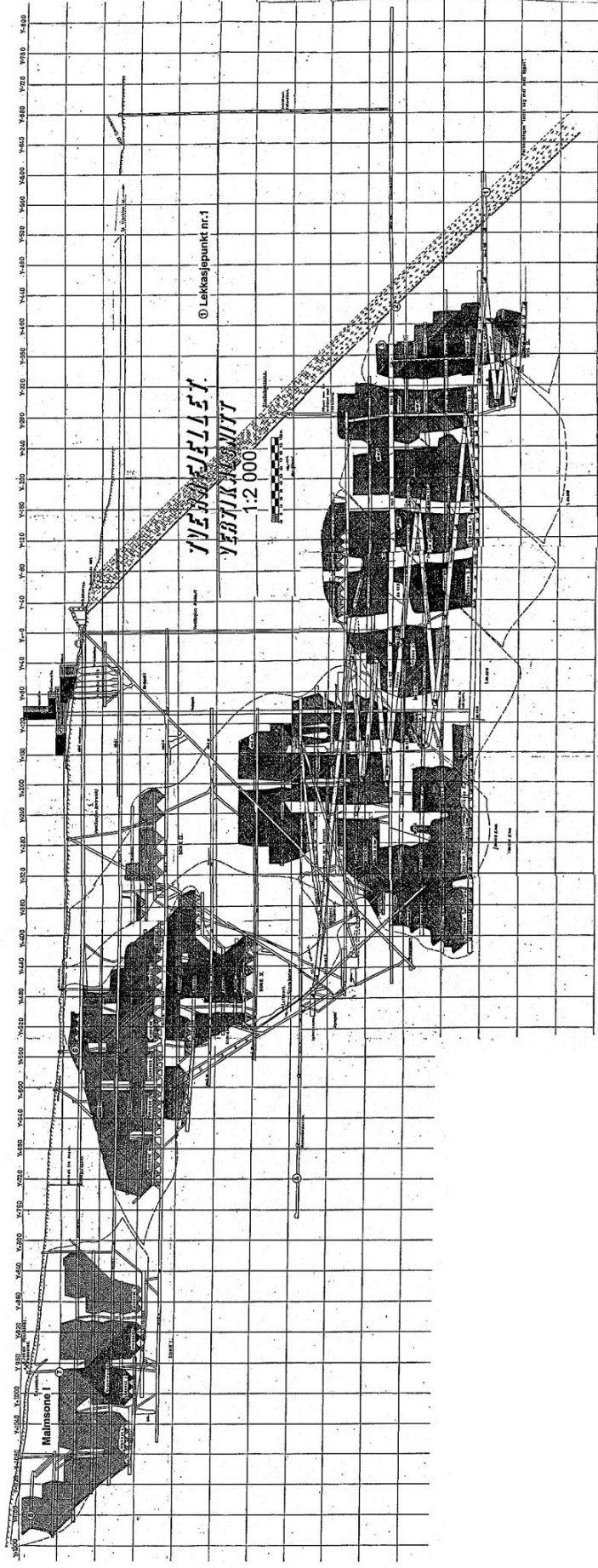


Figur 3. Vannføring ved utløpet av Jernbanestollen i 2008-2009.

Ved hjelp av observasjonsmaterialet kan følgende nøkkeltall beregnes for måleperioden 18.12.2008 – 17.12.2009 ved utløpet av drensør fra Jernbanestollen:

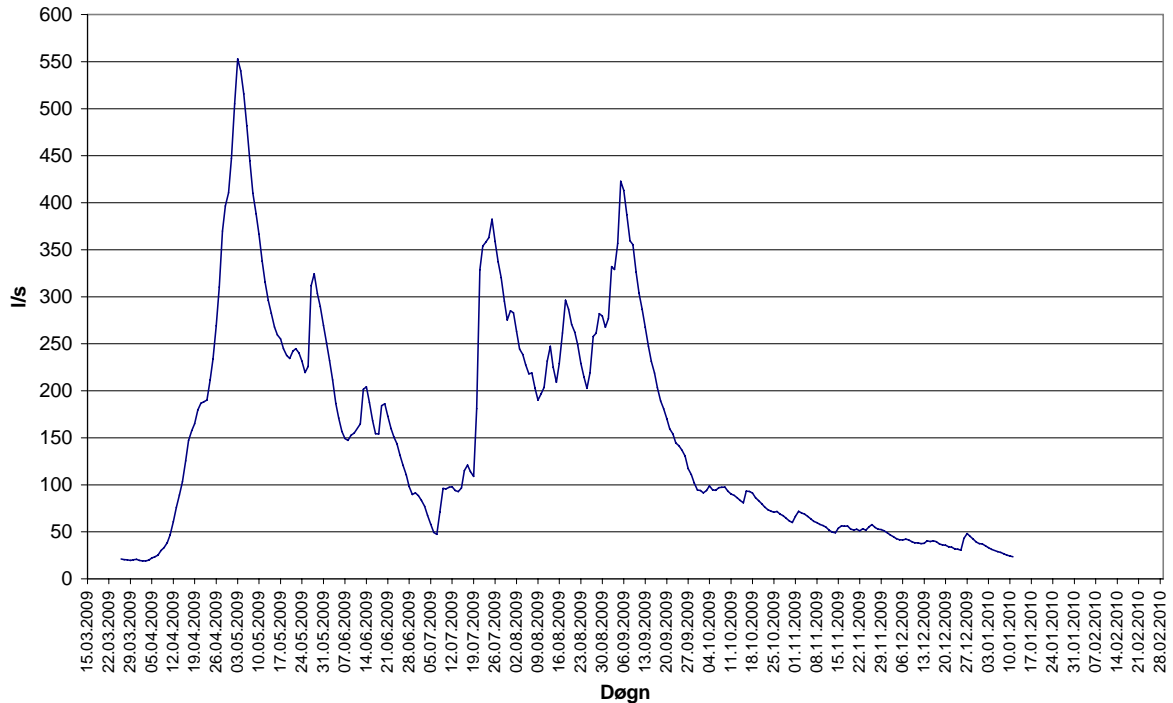
Tabell 1. Avrenningstall for gruvevann fra Tverrfjellet gruve ved utløpet av drensør.

	l/s	m ³ /h	m ³ /døgn
Middelvannføring	14,1	50,8	1218
Max	25,1	90,4	2170
Min	8,1	29,0	697
Median	12,6	45,4	1090
Årsavrenning, m³			444608



Figur 4. Vertikalsnitt av Tverrfjellet gruve (Kjøllestad, 1993).

På grunn av feil med utstyret kom de kontinuerlige vannføringsmålingene ved utløpet av Hjerkinndammen først i gang fra 26.mars 2009. Vannstandsloggeren måler overløpshøyder ved den tidligere overløpsprofilen som er intakt. Profilen er en 120 graders trekantprofil. Figur 5 viser forløpet av målingene etter at de kom i gang.



Figur 5. Vannføringsobservasjoner ved overløpet av Hjerkinndammen i 2009.

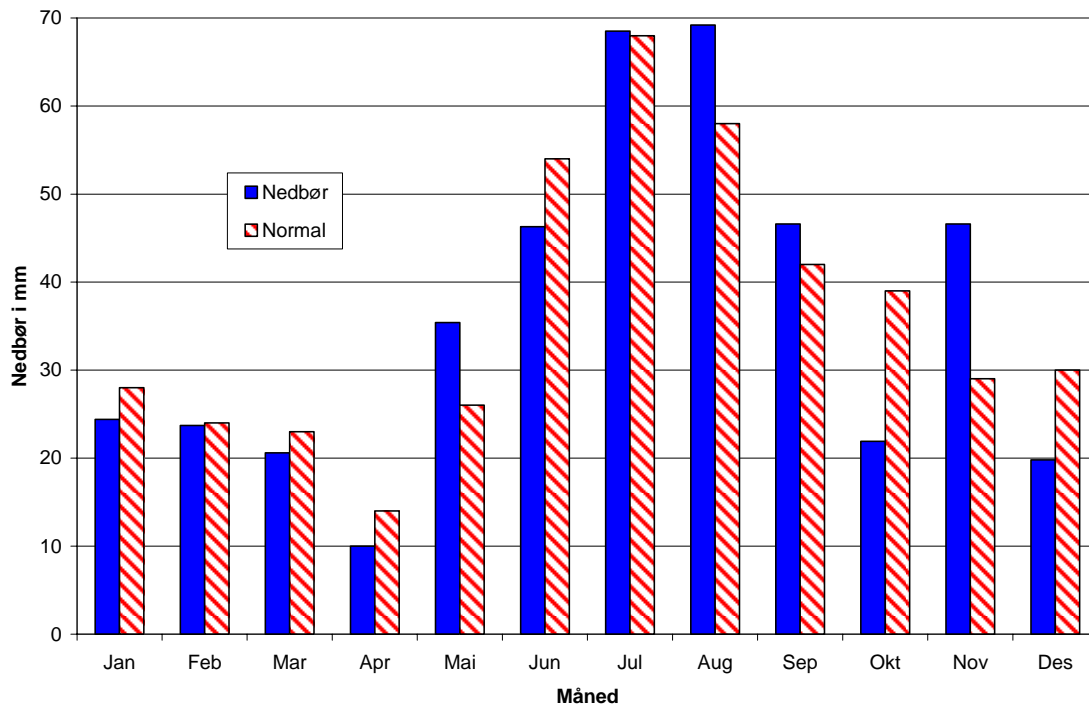
Tabell 2. Avrenningstall for avløp fra Hjerkinndammen 26.3.2009 – 17.12.2009.

	l/s	m ³ /h	m ³ /døgn
Middelvannføring	167	601	14417
Maks.verdi	553	1990	47765
Min.verdi	19,0	68,5	1643

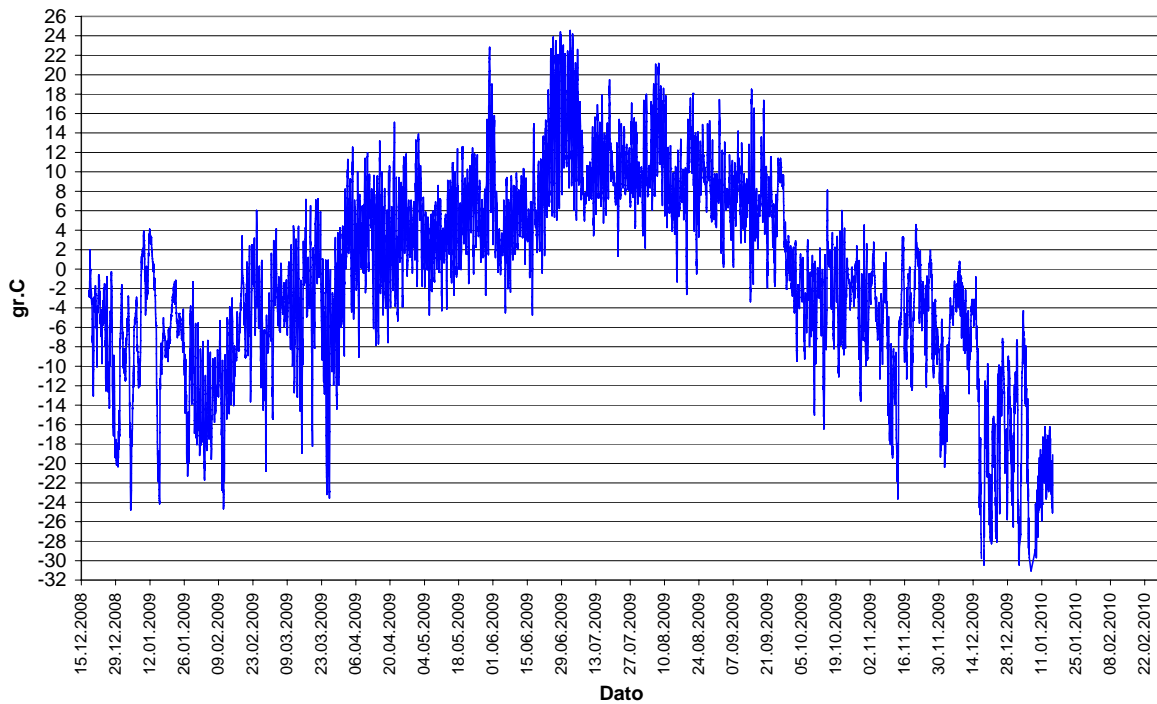
Dersom en anslår en gjennomsnittsvannføring for perioden 18.12.2008 – 25.3.2009 til 30 l/s, kan årsavrenningen for perioden 18.12.2008 – 17.12.2009 anslås til ca. 4100.000 m³. Middelvannføringen blir da ca. 130 l/s.

Det er innhentet nedbørdata for nærmeste klimastasjon som er stasjonen til Meteorologisk Institutt på Fokstua (16610 Fokstugu). Figur 6 viser månedsnedbør og normaler for året 2009. I 2009 falt det 433 mm nedbør mot normalt 435 mm. Månedene mai, august og november var spesielt nedbørrike.

Ved stasjonen ved utløpet av Hjerkinndammen måles også lufttemperaturer. Figur 7 gir en grafisk fremstilling av måledataene. Snøsmeltingen startet i begynnelsen av april måned mens fra begynnelsen av oktober måned var det kuldegrader mesteparten av dagen. Det var spesielt kaldt fra midten av desember måned.



Figur 6. Månedsnedbør og normaler på Fokstua i 2009 (Meteorologisk institutt 16610 Fokstugu).



Figur 7. Lufttemperaturer ved utløpet av Hjerkinndammen.

3. Vannkvalitet

3.1 Gruvevann utløp jernbanestoll

Prøvene i rutineprogrammet er tatt ved utløpet av drenerørret fra stollen der det munner ut nedenfor jernbanelinjen (se figur 8).



Figur 8. Målepunktet ved enden av rør fra Jernbanestollen.

Foto: Eigil Iversen, 2009.

Innledningsvis har Direktoratet for mineralforvaltning (tidligere Bergvesenet) også tatt stikkprøver lenger inn i stollen ved overløpet av betongterskelen. Overløpet fra den vannfylte gruva kommer sannsynligvis opp loddsjakta (heissjakta) og fortsetter videre ut i Jernbanestollen. I stollen luftes vannet og toverdige jern oksiderer til treverdige. Innenfor betongterskelen sedimenterer en del av det utfelte jernet som også tar med seg en del av de øvrige metaller som kobber og aluminium. Ut over Jernbanestollen kommer det også til noe uforurenset vann gjennom grunnen. Det kan derfor være noe forskjelling vannkvalitet mellom punktet ved overløpet av betongterskelen og ved utløpet av røret. I rutineprogrammet ble det valgt å ta prøvene ved utløpet av røret. Her blir også vannføringen målt.

Analyseresultatene for de prøvene som er tatt er samlet i tabell 11 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er gjengitt noen nøkkeltall for måleperioden som ble startet 18.12.2008.

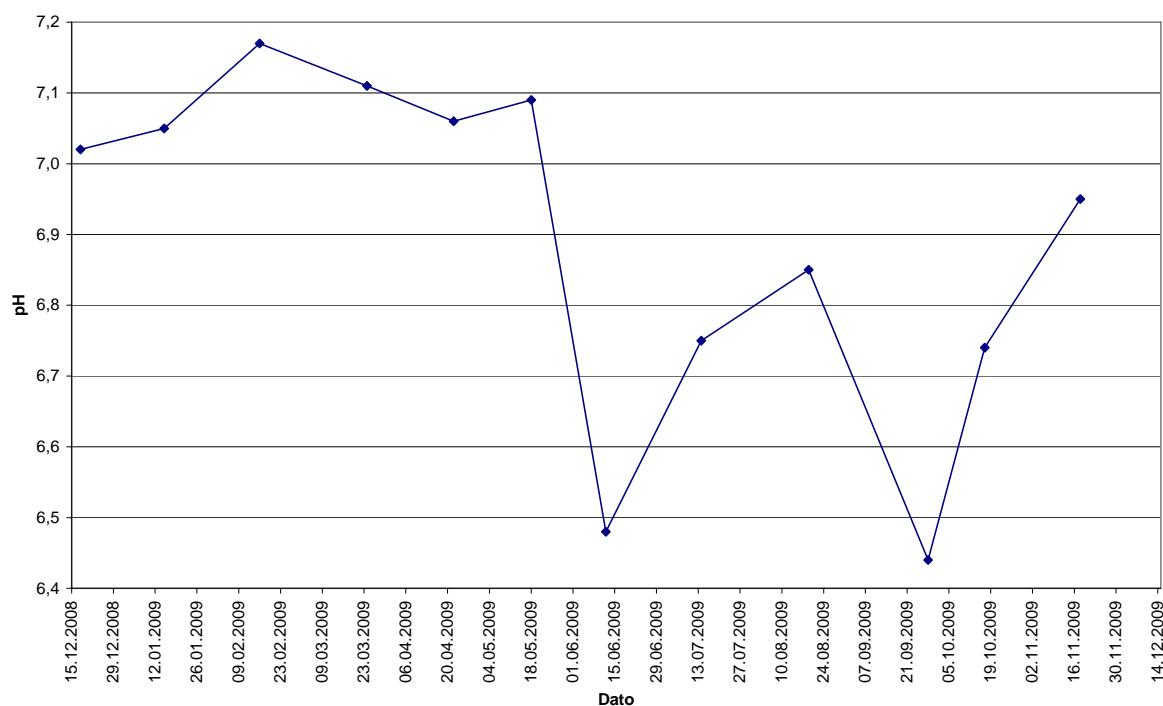
Resultatene viser at pH-verdiene varierte i området 6,4 til 7,2. Selv om metallkonsentrasjonene ikke er spesielt høye er de likevel noe høyere enn de nivåene en forventet ville bli etter vannfyllingen av gruva. Jernet foreligger trolig i hovedsak som toverdige når vannet kommer opp av gruva. Da pH-verdien er så vidt høy som 7, oksiderer jernet raskt til treverdige utover i Jernbanestollen. Når jernet felles ut eller hydrolyserer utvikles syre. Det er derfor mulig at pH-verdien er noe høyere der vannet kommer opp fra gruva. Når jernet oksiderer til treverdige på denne måten dannes en meget finkornig

utfelling som sedimenterer forholdsvis dårlig. Det er mulig at vannet fortsatt inneholder noe toverdig jern ved prøvetakingspunktet. Det er derfor mulig at det pågår en oksidasjon nedover i bekken og at det pågår en avsetning av jernslam på hele veien fra Jernbanestollen og ned til Hjerkinndammen.

Tabell 3. Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av Jernbanestollen.

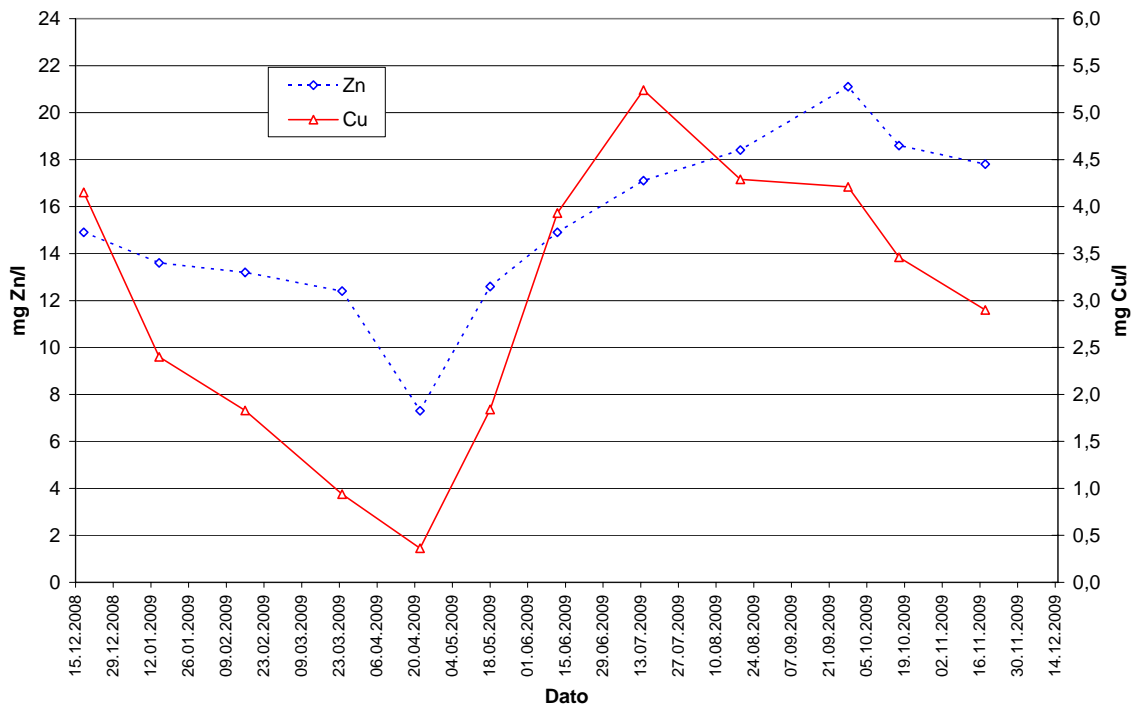
	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Vannf. l/s
Aritm.middel	6,89	102,9	563	164	26,0	0,121	2,82	2,96	15,2	0,049	1,67	14,3
Tidsv.middel	6,89	103,6	566	165	26,3	0,117	2,81	2,96	15,4	0,050	1,69	13,8
Maks.verdi	7,17	127,4	817	185	29,5	0,250	5,98	5,24	21,1	0,070	1,98	20,7
Min.verdi	6,44	83,6	398	131	21,6	0,024	0,86	0,36	7,30	0,019	1,05	9,29

Figur 9 viser obsevasjonsmaterialet for pH. De laveste veridene inntraff like før vårfloppen og under en nedbørrik periode i september.



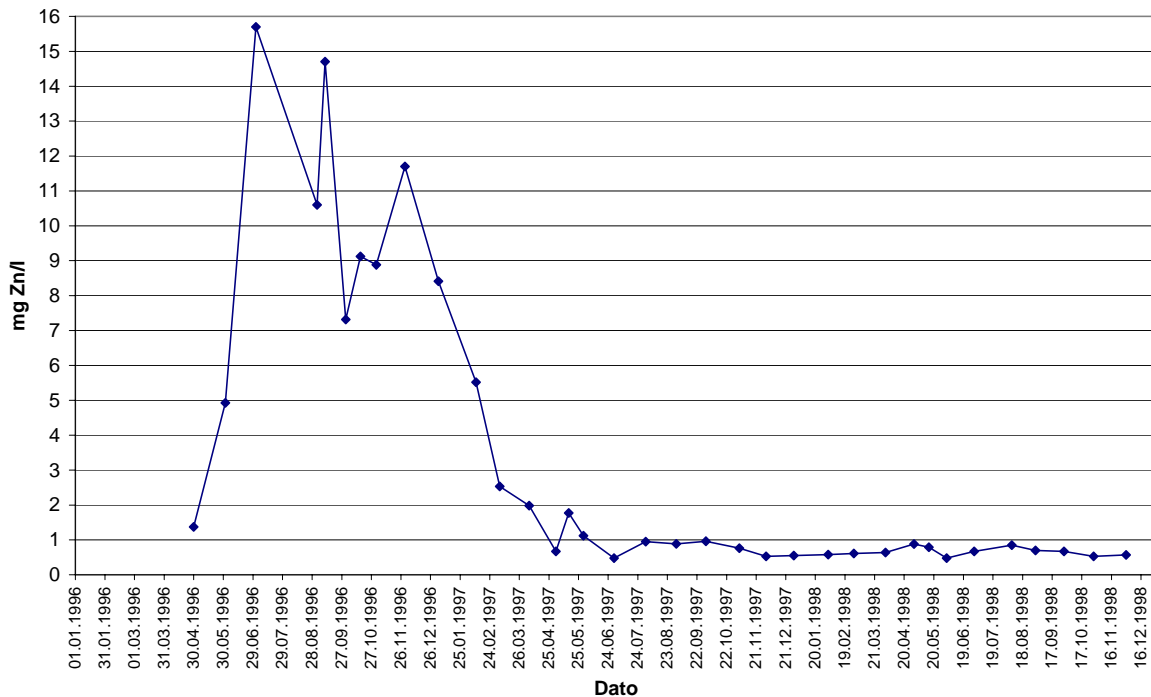
Figur 9. pH-verdier i gruvevann fra Jernbanestollen.

Figur 10 viser observasjonsmaterialet for kobber og sink. En ser at konsentrasjonene falt gradvis i løpet av vinteren 2009, mens de økte igjen i løpet av sommeren 2009. Høyeste kobberverdi ble observert den 14. juli mens høyeste sinkverdi ble observert den 28. september. Kobberinnholdet foreligger trolg delvis utfelt sammen med jernet og kan variere litt avhengig av sedimenteringsforholdene i stollen på veien ut. Sink antas i det vesentligste å foreligge i løst form.



Figur 10. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i gruvevann fra Jernbanestollen.

Under oppfølgingen av situasjonen på Hjerkinnet etter nedleggelse av gruvedriften ble det tatt en del prøver i Kvernbecken som mottar avløp fra Jernbanestollen. Prøvene ble tatt i 1996-1998 (Iversen et al, 1999). Den gang ble prøvene tatt like før bekken renner i kulvert under E6. Figur 11 viser observasjonsmaterialet for sink.



Figur 11. Sinkkonsentrasjoner i Kvernbecken ved E6 i 1996-1998.

Resultatene viser at det i perioden 1996 ble påvist relativt høye sinkkonsentrasjoner i bekken, men at konsentrasjonene avtok betydelig og stabiliserte seg på et nivå i området 0,5-1 mg Zn/l i løpet av sommeren 1997. En antok at forholdet hadde å gjøre med oppryddingsarbeider ved lasteanlegget inne i jernbanestollen. Det ble også påvist at tilførslene av sink fra områdene ovenfor Hjerkinndammen var større enn bidraget fra avgangen i dammen. Kobberkonsentrasjonene var hele tiden lave. Oppfølgingen av situasjonen ble avsluttet ved utgangen av 1998. Resultatene tyder på at det i hele perioden fram til overløp inntraff høsten 2008 har vært en metalltilførsel fra Jernbanestollen, men at tilførslene i det vesentlige kun har inneholdt sink.

3.2 Overløp Hjerkinndammen

Prøvene tas ved overløpet av sedimenteringskanalen nedenfor selve dammen. Se figur 12.



Figur 12. Målepunktet ved overløpet av Hjerkinndammen.

Foto: Eigil Iversen, 2009

Analyseresultatene for perioden 2008-2009 er samlet i tabell 12 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 4 og tabell 5 er samlet noen nøkkeltall for undersøkelsene i 2008-2009 og 1997-1998.

Vannkvaliteten i dammen har en høyere pH-verdi enn i gruvevannet eller Kvernbecken. Dette har sin årsak i at avgangen som er deponert i dammen inneholder grønnstein som er en alkalisk bergart. Dessuten ble avgangen tilsatt en del kalk i den siste driftstiden i 1993 for å stabilisere overflaten på sedimentet. Vannkvaliteten i dammen forårsaker en ytterligere metallutfelling av metallene som kommer fra gruva via Kvernbecken.

Kalsium-, magnesium- og sulfatkonsentrasjonene er høyere enn i 1998. Dette skyldes tilførslene fra gruva. Det samme gjelder spesielt kobber- og sinkkonsentrasjonene. Normalt vil ikke fisk overleve kobberkonsentrasjoner på det nivået en nå har i dammen. Når det likevel er fisk (ørret) i dammen (se figur 13) har dette sammenheng med metallenes tilstandsform. Ved den høye pH-verdien en har i dammen vil f.eks kobberet for en stor del være utfelt som partikler og følgelig være mindre

tilgjengelig. Metallnivåene kan imidlertid ha effekter på fiskens næringsgrunnlag, men slike forhold er ikke undersøkt i denne undersøkelsen.



Figur 13. Prøvefiske i Hjerkinndammen 13.5.2009. Foto: T.Berger, Statskog.

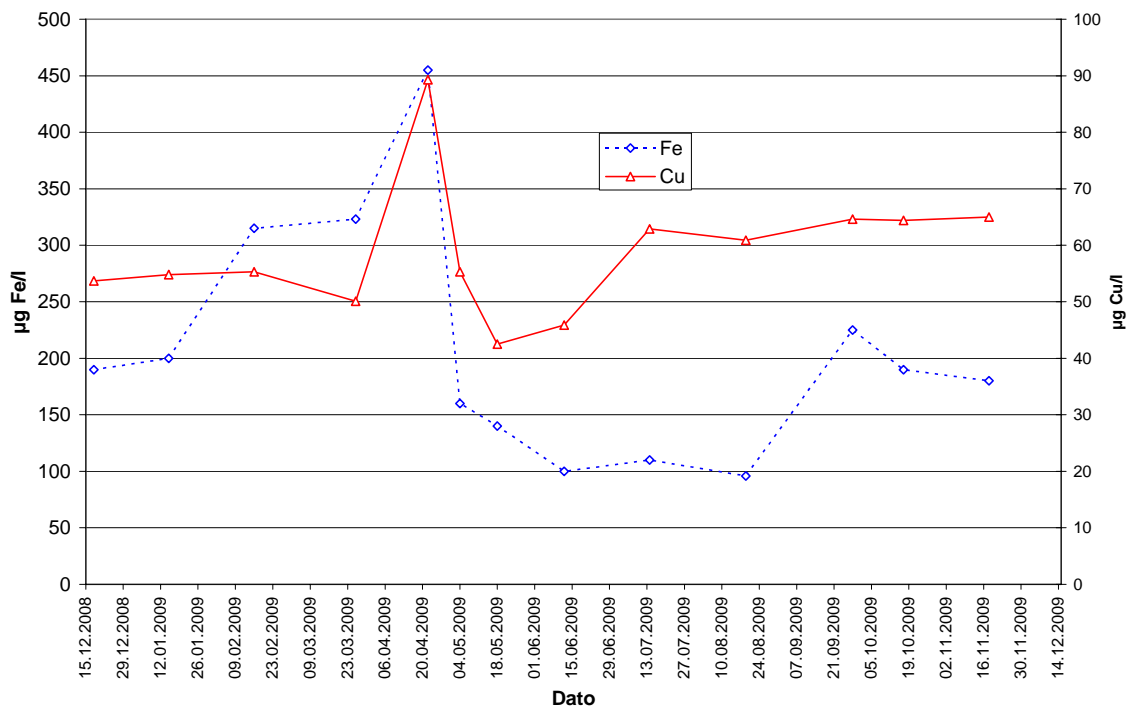
Tabell 4. Nøkkeltall for vannkvalitet ved overløp av Hjerkinndammen 2008-2009.

	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	As µg/l	Si mg/l	Vannf. l/s
Aritm.middel	7,63	27,2	65,0	42,6	4,58	16,1	206	58,8	675	1,86	74,3	0,25	2,00	148
Tidsv.middel	7,63	28,2	65,8	42,6	4,60	16,0	204	59,0	677	1,89	71,8	0,26	1,98	131
Maks.verdi	7,94	33,1	85,8	58,9	5,90	24,1	455	89,3	887	2,46	174,0	0,35	2,53	540
Min.verdi	7,05	21,4	49,4	31,5	3,47	10,0	96	42,5	444	1,18	28,5	0,10	1,53	23

Tabell 5. Nøkkeltall for overløp av Hjerkinndammen i 1997-1998.

	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Mn µg/l	As mg/l	Si µg/l	Vannf. l/s
Aritm.middel	7,74	19,0	32,8	30,9	2,91	<50	125	7,2	66,1	0,16	44,2	0,3	1,48	217
Maks.verdi	8,01	24,0	43,1	39,7	3,81	<50	320	9,3	124,9	0,28	170,1	0,4	2,16	772
Min.verdi	7,46	13,3	23,7	21,7	2,11	<50	50	4,8	27,2	0,06	10,3	<0,1	1,09	25

Ved økende vannføring som under vårfloppen kan en påvise en økning i metallkonsentrasjonene (jern og kobber) som følge av resuspensjon av utfelt metallslam på overflaten av sedimentene (se figur 14).



Figur 14. Jern- og kobberkonsentrasjoner ved utløpet av Hjerkinndammen i 2008-2009.

3.3 Folla ved stasjon Fo4 Slåi

Det ble valgt å ta en sjekk av metallnivåene i Folla nedstrøms tilførselene fra Hjerkinndammen. Prøvetakingspunktet er det samme som er benyttet i alle år mens driften på Tverrfjellet pågikk. En regner at tilførselene fra Hjerkinndammen er fullstendig innblandet ved denne lokaliteten (se figur 15).



Figur 15. Folla ved Slåi (stasjon Fo4).

Foto: Eigil Iversen 1998.

Analyseresultatene fra siste prøvetakingsperiode i 2008-2009 er samlet i tabell 13 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 6 og tabell 7 er samlet noen nøkkeltall for metallkonsentrasjoner i siste prøvetakingsperiode og for perioden 1997-1998.

Tabell 6. Nøkkeltall for metallkonsentrasjoner i Folla ved Slåi i 2008-2009.

	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Co	Mn	As
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Aritm. middel	18,0	61	3,05	26,5	0,066	0,075	0,43	0,051	4,24	0,08
Maks.verdi	31,5	130	6,86	45,2	0,110	0,170	0,80	0,170	14,2	0,10
Min.verdi	5,97	20	1,52	8,22	0,025	0,020	0,25	0,010	1,30	<0,05

Tabell 7. Nøkkeltall for metallkonsentrasjoner i Folla ved Slåi i 1997-1998.

	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	As
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Aritm. middel	88	1,2	4,3	0,08	<0,01	6,8	0,6	<0,1	<0,1
Maks.verdi	440	3,3	9,9	0,38	0,04	47,5	1,2	3,5	0,2
Min.verdi	34	0,7	1,4	<0,05	<0,01	1,4	0,3	<0,1	<0,1

Resultatene for siste periode viser at metallnivåene har økt en del som følge av de nye tilførsleene fra gruva via Hjerkinndammen. Som forventet gjelder dette spesielt sink. Kobbernivåene har også økt noe. Metallnivåene er likevel ikke så høye at en kan forvente skadelige effekter på fisk i Folla. Når det gjelder bunndyrbestanden har en tilsvarende erfaringer (Iversen et al, 2004) fra undersøkelser i et annet vassdrag, Orvatnet og Orvasselva som mottar gruvevann fra overløpet av den vannfylte Joma gruve (Grong Gruber). Her er situasjonen normal ved de tilnærmet samme metallkonsentrasjonene. Denne undersøkelsen omfatter ikke biologiske undersøkelser. Situasjonen i Folla kan imidlertid enkelt kontrolleres vha. biologiske undersøkelser da en har godt bakgrunnsmateriale fra tidligere undersøkelser (Iversen et al, 1999).

3.4 Prøvetaking i loddsjakt

Sommeren 2009 ble det tatt prøver i loddsjakta (ventilasjonssjakta) ved to dyp. Analyseresultatene er samlet i tabell 8. Med dyp menes avstanden fra prøvetakingsstedet ned til de ulike dyp. Prøvene ble tatt ca 2 m under vannflaten (Nivå 1) og under Nivå 2. Sjakta kommuniserer med gruva bare ved nivåene 1, 2 og 6 (se figur 4).

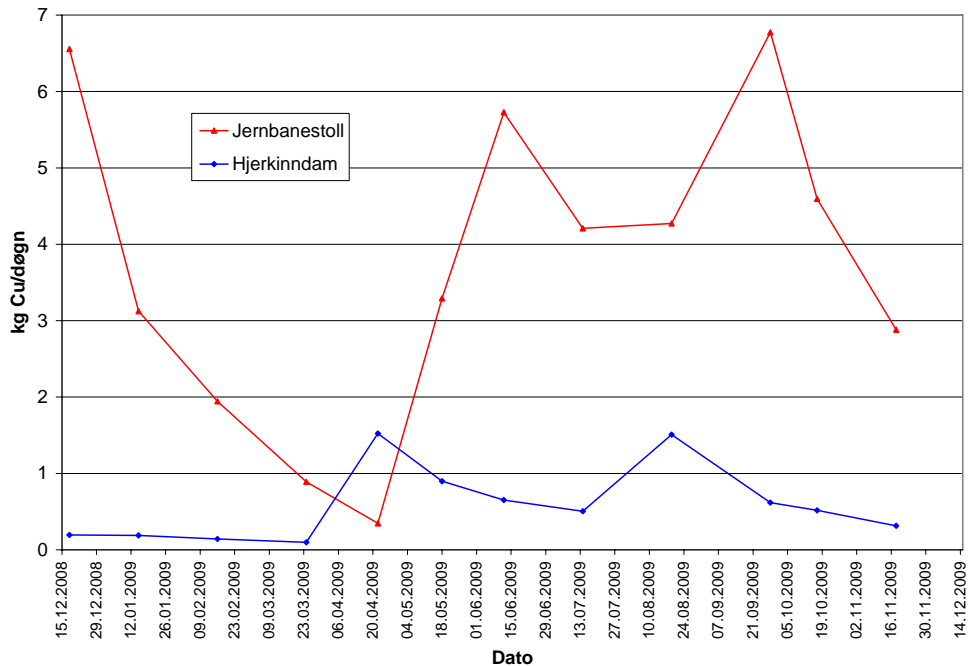
Tabell 8. Resultater fra prøvetaking i loddsjakt den 12.6.2009.

Dyp m	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l
48	5,04	179,4	1302	294	49,4	4,96	2,01	0,954	16,5	0,053	<0,010	0,092	0,109	3,02	5,20
120	6,37	184,1	1210	260	49,7	21,5	48,4	17,5	15,0	0,040	0,042	0,099	0,281	3,17	15,0

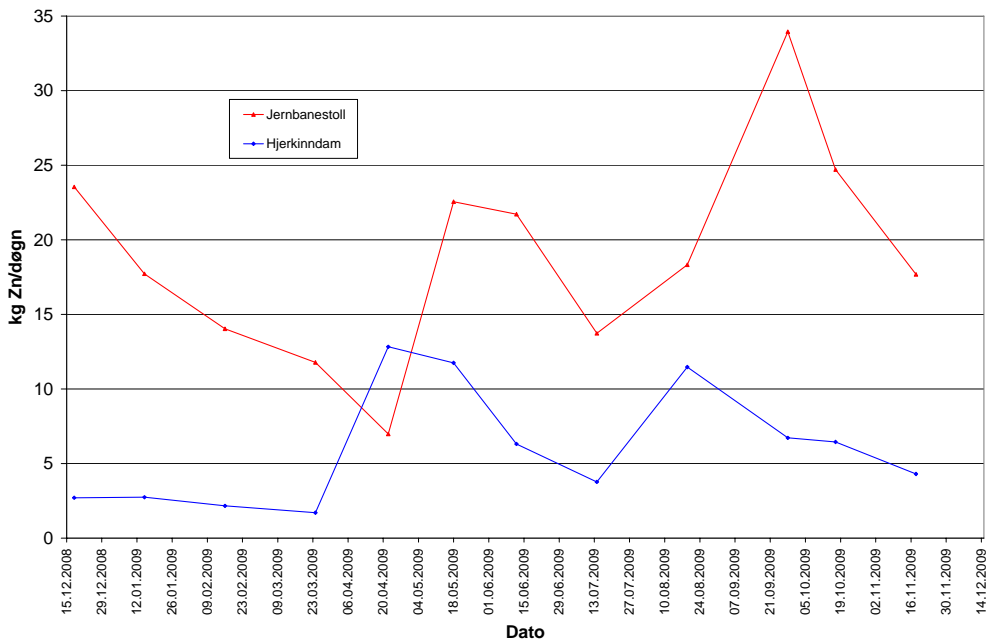
Resultatene viser at vannet er surest øverst mens jern- og kobberkonsentrasjonene er høyest ved den nederste prøven. Det er ikke mulig å tolke betydningen av resultatene uten å foreta målinger av vannhastigheten i sjakta. Det vi vet er at det er deponert forskjellig avfall i sjakta som bla løsmasser fra grøfterensning i Folldal sentrum. Det er derfor mulig at det ikke er noen vanntransport gjennom nederste nivå, dvs at vannet er stillestående. Vannkvaliteten ved laveste nivå var fargeløs og klar, noe som viser at jernet foreligger som toverdige.

4. Forurensningstransport

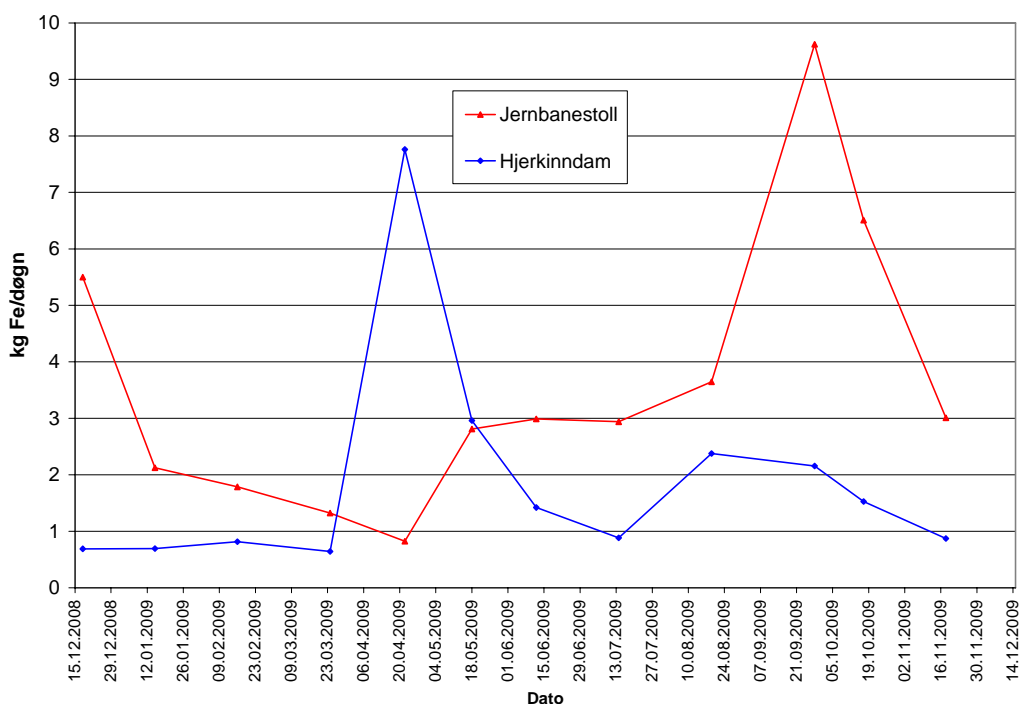
Ved hjelp av analyseresultat og døgnmiddelvannføring kan en beregne forurensningstransporten. Siden en foretar observasjoner både ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen kan det være interessant å sammenligne øyeblikksobservasjoner ved begge målepunkter, I figur 16, figur 17 og figur 18 har en fremstilt grafisk beregnet døgntransport for kobber, sink og jern ved de to prøvetakingsstasjonene.



Figur 16. Døgntransport av kobber ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen.



Figur 17. Døgntransport av sink ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen.



Figur 18. Døgntransport av jern ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen.

Det er en del usikkerheter knyttet til å gjøre slike sammenligninger som skyldes at øyeblikkverdiene ofte kan variere mer ved utløpet av Jernbanestollen enn ved utløpet av dammen der tilførselene fra gruva er mer utjevnet. Ved økende vannføring, som f.eks. under snøsmeltingen om våren, kan det også forekomme en resuspensjon av utfelt metallslam i bekkesedimentet i Kvernbekken og i slamdammen. Figurene gir likevel et tydelig bilde av at det foregår en utfelling av metaller på strekningen fra utløpet av røret fra Jernbanestollen og fram til utløpet av dammen. En del utfelling foregår i selve Kvernbekken og særlig i områder der den passerer gjennom roligere partier i myrområder. Noe utfelling pågår også i dammen der pH-verdien er en del høyere.

Ved hjelp av årsmiddelverdi for analyseresultat og beregnet årsavrenning basert på feltnålingene er det i tabell 9 beregnet årstransporten for de viktigste komponenter ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen.

Tabell 9. Årstransport ved utløpet av Jernbanestollen og ved utløpet av Hjerkinndammen

	SO ₄ ²⁻ tonn/år	Al kg/år	Fe kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cd kg/år
Jernbanestoll	250	54	1256	1317	6740	21,9
Hjerkinndammen	267	66	845	241	2768	7,6

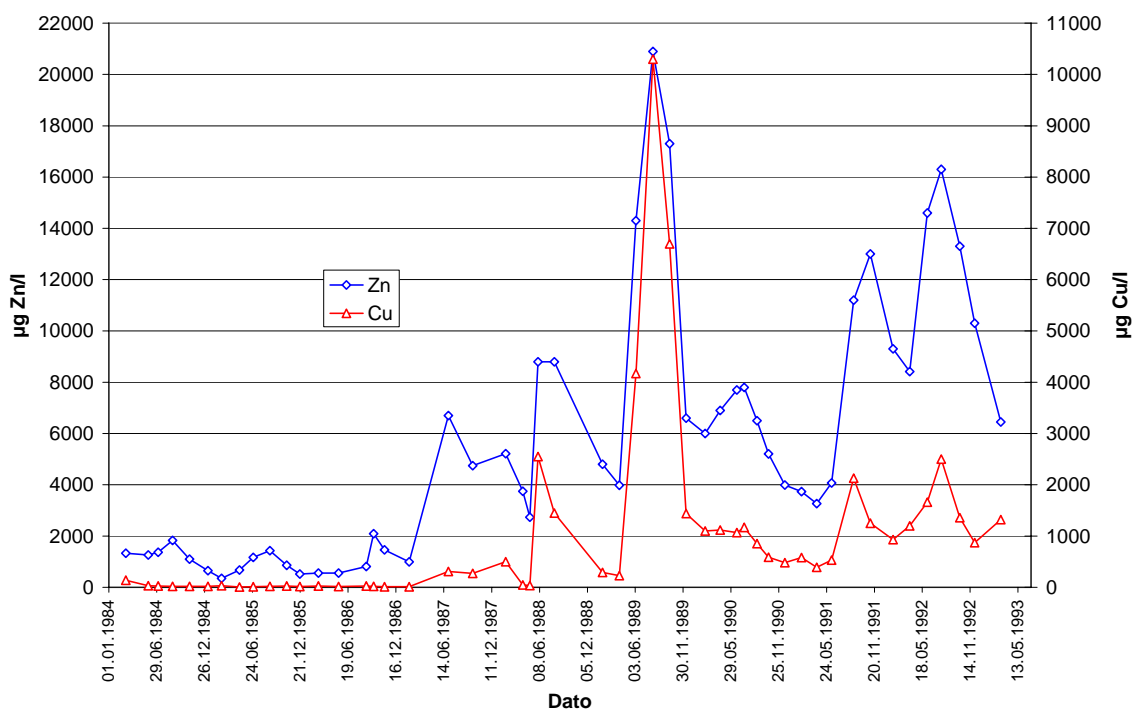
Beregningene viser at det ikke skjer noen utfelling av sulfater eller aluminium på veien fra gruva til utløpet av dammen. Transporten av aluminium er imidlertid relativt beskjeden. Når det gjelder de øvrige metaller er det tydelig at det skjer en utfelling på veien. En kan si at dammen virker som et slags sedimenteringsbasseng for metallslam og at effektiviteten mht utfelling av kobber synes å være størst.

5. Samlet vurdering av forurensningssituasjonen

Hensikten med å la Tverrfjellet gruve fylles med vann til så høyt nivå som mulig var å begrense den fremtidige tungmetall-lekkasjen fra gruva. En har etter hvert fått en del erfaringer fra tilsvarende andre vannfylte sulfidmalmgruver som er nesten fullstendig vannfylte. I gruvene Nordre Geitryggen i Folldal (Iversen, 2003) og Joma gruve i Røyrvik kommune (Iversen 2006) er pH-verdien i overløpsvannet omtrent som på Tverrfjellet. I overløpsvannet fra disse gruvene er sink viktigste metall, mens kobberkonsentrasjonene er relativt lave. En hadde antatt at noe tilsvarende også ville skje på Tverrfjellet etter at gruva fikk overløp.

Overløpsvannet fra Tverrfjellet inneholder imidlertid mer kobber enn forventet. Resultatene for sulfat, kalsium, samt de øvrige metallene viser at det pågår en forvitring av sulfidmineraler et eller annet sted inne i gruva og at disse prosessene mest sannsynlig pågår i de delene av gruva som ikke er vannfylt. Av mulige kilder i denne forbindelse har flere nevnt lasteanleggene inne i Jernbanestollen. Andre mulige kilder kan være nivåene over Mellomortsnivå i Malmsone 5 eller dremsvann fra Malmsone 1. Undersøkelsen fra 1998 viste at det allerede den gang pågikk en metalltransport fra Jernbanestollen, men at transporten var avtakende fram til utgangen av 1998. Vi har derfor antatt at bidraget fra området der lasting av konsentrater pågikk etter hvert ville bli av mindre betydning.

Når det gjelder mulig sigevann fra områder over Jernbanestollnivå i sone 5 har vi ingen informasjon om vannkvaliteten her. Under driftsperioden gjennomførte NIVA kontroll av samlet gruvevann som ble pumpet fra Nivå 2. Dette besto av vann fra flere kilder. I de årene kontrollen ble foretatt var pH-verdiene stort sett i området 7-7,5, men en hadde et par kortvarige episoder med pH-verdier ned mot 3,5-4. Kobber- og sinkkonsentrasjonene var økende under hele driftsperioden, noe som var en konsekvens at stadig større sulfidholdige flater ble avdekket og utsatt for forvitring. Dette hadde ingen praktiske konsekvenser da gruvevannet ble blandet inn sammen med avgangen, noe som førte til adsorpsjon av metaller på mineralpartiklene. Etter gruva var fylt med vann regnet en med at dette ville føre til en reduksjon i den fremtidige metallavrenningen sett i forhold til situasjonen under driften. Under driften var metallkonsentrasjonene moderate, noe som figur 19 viser.



Figur 19. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i samlet gruvevann fra Tverrfjellet utpumpet fra Nivå 2 i perioden 1984-1993.

Den tredje kilden til dagens metallavrenning kan være tilførsler fra Malmsone 1. Som nevnt ble det deponert en del forurensede masser fra gruveområdet i Follidal sentrum her. Vannstanden i malmsonen ble hevet ved naturlig tilsig etter at adkomsten ved de lavere nivåene ble plugget med betongpropper. Overløpet kom på Mellomortsnivå, sannsynligvis i 1996. Overløpsvannet ble prøvetatt ved noen anledninger fram til 1998. Resultatene er samlet i tabell 10.

Tabell 10. Analyseresultater for stikkprøver av overløp fra Malmsone 1.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Si
		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	mg/l
06.10.1996	6,88	62,8	260	96	1,79	0,76	15,1	1,59	11,3	<0,1	0,03	0,04	0,04	0,07	3,72
01.09.1997	4,35	85,3	476	118	21,8	0,91	16,2	14,2	33,6	<0,05	0,14	2,61	0,07	0,12	5,39
07.08.1998	3,08	149	731	159	27,0	3,58	80,1	36,9	60,5	<0,05	0,27	3,49	0,12	0,21	4,96

Resultatene viser en betydelig forsurening av overløpsvannet i perioden, noe som også hadde som konsekvens at metallkonsentrasjonene også økte betydelig. Så lenge avløpet gikk til gruva som var under oppfylling hadde dette ingen konsekvenser. Det ble imidlertid ikke foretatt vannføringsmålinger slik at det er vanskelig å vurdere hvor stor transporten av metaller fra malmsonen var på det tidspunktet.

Siden det tydeligvis ikke er noe overløp til Mellomorta lenger, betyr dette at sigevannet fra Malmsone 1 har tatt en annen vei inn i gruva. Det er mest sannsynlig at det har oppstått en lekkasje ved proppene, enten ved Nivå 1 eller lenger nede ved Nivå 2. Deler av deponiet i Malmsone 1 er derved blitt tørrlagt og er utsatt for forvitring. Det er ikke mulig å kartlegge dette spesifikt på noen enkel måte. En prøvetaking ved ulike nivåer i heissjakta kunne vært interessant, men det er ikke lagt til rette for dette. Prøvetakingen i loddsjakta bidro ikke til å avklare forholdet. I denne sjakta er en nødt til også å måle vannhastigheten for å se om det er noen gjennomstrømming.

Siden det fortsatt antas å gå mye grunnvann inn i Malmsone 1, slik situasjonen også var under driften, antas det derfor at tilførsler fra Malmsone 1 er en betydelig kilde og kanskje den viktigste årsaken til de metallkonsentrasjonene en påviser i Jernbanestollen i dag.

Det positive i situasjonen er at utgående vann har en relativt høy pH-verdi, omkring pH 7. Dette viser at gruva har kapasitet til å nøytralisere de antatt sure tilførselene fra Malmsone 1. Det er mulig at betydelige metallmengder felles ut i gruva på veien ut mot Jernbanestollen. En kan forenklet si at vannet har blitt tilført kalk fra sideberget i gruva. Når pH-verdien er så vidt høy som 7, innebærer dette at treverdige jern og aluminium er fullstendig utfelt idet optimal pH-verdi for treverdige jern er så lav som 3,3. I tillegg er også mesteparten av kobberet utfelt. Optimal pH-verdi for kobber er omkring 7,5. Når store mengder jern felles ut, kan jernet likevel ta med seg kobber og sink selv om pH-verdien ikke er optimal. Dette betyr at i utgående vann fra gruva foreligger metallene jern, aluminium og kobber utfelt som partikler, mens sink i hovedsak foreligger som løste ioner. Under forvittringsprosessen frigjøres jernet som toverdige. Dersom drens vannet fra Malmsone 1 inneholder treverdige jernioner når det kommer inn i den vannfylte gruva, vil det treverdige jernet felles på veien gjennom gruva samtidig som det sure vannet nøytraliseres. pH-verdien i den vannfylte gruva er imidlertid ikke så høy at toverdige jern felles ut. Når vannet kommer til overflaten av heissjakta eller loddsjakta, oksiderer det toverdige jernet raskt til treverdige. Utfellingen skjer som regel som finkornige partikler som kan holde seg svevende i vannmassene. En del jern sedimenterer likevel på veien ut gjennom Jernbanestollen og særlig innenfor betongterskelen. I bekken nedenfor utløpet av røret fra stollen ser en at det felles ut mer jern. En del partikler transporteres videre ned Kvernbecken og inn i Hjerkinndammen der ytterligere metallslam sedimenterer. En pH-heving i dammen som følge av de alkaliske massene som er deponert der, bidrar til å forsterke utfellingen. Hjerkinndammen virker for tiden som et sedimenteringsbasseng for metallslam.

En kan påvise forhøyede metallkonsentrasjoner i Folla sett i forhold til foregående undersøkelse i 1998. Effekten er tydeligst for sink. Når det gjelder tungmetallnivåene, og spesielt kobbernivåene, er de trolig ikke så høye at de er problematiske for fiskebestanden i Folla. En har her godt erfaringsgrunnlag fra andre lokaliteter med tilsvarende vannkvalitet. Vi anbefaler likevel at det foretas en kontroll av de biologiske forhold ved å foreta en undersøkelse av bunndyrsamfunnene. En har her et godt bakgrunnsmateriale fra tidligere undersøkelser. I selve Hjerkinndammen var det fortsatt fisk i 2009 til tross for høye metallkonsentrasjoner. Dette skyldes at metallene i hovedsak er utfelt. Fisken ernærer seg av det som kommer tilført fra overflaten. Sedimentet i Hjerkinndammen gir trolig dårlig livsgrunnlag for næringsdyr for fisk.

Denne rapporten tar ikke sikte på vurderinger av tiltak. Vi vil likevel i korthet gi en generell vurdering av mulige tiltak dersom en ser det som nødvendig å gjennomføre tiltak. Det ser ut som det er vanskelig å gjennomføre tiltak for å redusere omfanget av forvittringsprosessen inne i gruva gruva. Det mest aktuelle tiltaket her ville være å heve vannstanden i gruva ytterligere. Derved ville en også sette mer av Malmsone 1 under vann. I følge de som har vurdert dette tidligere er det ikke tilrådelig å heve vannstanden ytterligere på grunn av dårlig fjell med sprekkesoner. Det alternative en da står igjen med er å behandle utgående vann. Her har en flere alternativer fra passiv behandling gjennom ulike filtermedier utenfor gruva. Når filteret er fullt må alt deponeres. Alternativ kan en rense vannet f.eks ved hjelp av et sandfilteranlegg der filteret regenereres ved spyling. Dette innebærer et teknisk anlegg med kontinuerlig drift som krever tilsyn. Avfallsmengdene vil imidlertid bli mindre, og vil bare bestå av avvannet hydroksidslam. Vannet som går inn på anlegget kan betraktes som tynnslam. Ved en mindre tilleggsdosering av kalk vil en også kunne fjerne sink dersom dette er ønskelig. Direktoratet for mineralforvaltning har for tiden ulike løsninger til vurdering.

6. Referanser

Beck, P. Å., 1991. Plan for tiltak mot forurensning ved nedleggelse av driften (Folldal Verk A.S). Det Norske Veritas Industry A/S – DN, Veritas Miljøplan, Høvik, 1991.

Kleiv, R.A., 1996. Fremtidig utvikling av gruvevann i Tverrfjellet gruver. Hovedoppgaven, NTH 1995/96, Institutt for geologi og bergteknikk.

Norges Vassdrags- og Energiverk. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling, 1987. Avrenningskart over Norge.

Iversen, E.R., Grande, M. og Aanes, K.J., 1999. Norsulfid as, avd. Folldal Verk. Kontrollundersøkelser etter nedleggelse av driften. NIVA-rapport. O-64120, l.nr. 4036-1999. 91 s.

Iversen, E.R., 2003. Avrenning fra Folldal Verk, Folldal sentrum. Undersøkelser i 2001-2003. NIVA-rapport, O-21709, O-21265, l.nr. 4734-2003. 38 s.

Iversen, E.R., Grande, M., Brettum, P., Løvik, J.E. og Bækken, P., 2004. Kontrollundersøkelser i vassdrag. Norsulfid as, avd. Grong Gruber. NIVA-rapport, O-69120, l.nr. 4871-2004. 97 s.

Iversen, E.R., 2006. Oppfølgende undersøkelser etter vannfylling av Joma gruve. Fysisk/kjemiske undersøkelser i perioden 1999-2006. Sluttrapport. NIVA-rapport, O-99215, l.nr. 5297-2006, 29 s.

Vedlegg A. Analyseresultater 2008-2009

Tabell 11. Analyseresultater. Gruvevann ved utløp av rør fra Jernbanestollen.

		x) Overløp terskel inne i jernbanestollen														
Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf. l/s
x) 05.11.2008	6,02	118,2	657	209	34,2	<0,02	0,0066	6,34	25,4	0,103	<0,005	0,036	0,078	2,50	4,43	10,0
05.11.2008	6,96	92,2	468	205	33,0	<0,02	<0,002	1,77	18,5	0,073	<0,005	0,025	0,051	1,95	5,40	
18.12.2008	7,02	97,0	530	150	25,1	0,250	3,48	4,15	14,9	0,051	0,02	0,028	0,041	1,67	4,51	18,3
15.01.2009	7,05	98,4	536	153	25,2	0,060	1,63	2,40	13,6	0,045	0,01	0,025	0,037	1,60	4,28	15,1
16.02.2009	7,17	100,0	521	163	27,1	0,076	1,68	1,83	13,2	0,041	<0,01	0,023	0,036	1,63	4,19	12,3
24.03.2009	7,11	105,9	557	177	29,5	0,047	1,39	0,94	12,4	0,035	0,01	0,022	0,034	1,66	4,18	11,0
22.04.2009	7,06	83,6	398	131	21,6	0,024	0,86	0,36	7,30	0,019	<0,01	0,014	0,020	1,05	3,92	11,1
18.05.2009	7,09	94,9	485	155	23,4	0,079	1,57	1,84	12,6	0,040	<0,01	0,023	0,039	1,46	4,34	20,7
12.06.2009	6,48	116,2	817	172	25,6	0,076	2,05	3,93	14,9	0,051	<0,01	0,030	0,043	1,79	4,71	16,9
14.07.2009	6,75	127,4	641	185	28,4	0,221	3,66	5,24	17,1	0,060	0,01	0,033	0,050	1,98	4,84	9,29
19.08.2009	6,85	108,0	599	178	27,3	0,130	3,66	4,29	18,4	0,067	0,01	0,030	0,046	1,88	4,76	11,5
28.09.2009	6,44	106,3	587	173	27,1	0,220	5,98	4,21	21,1	0,070	<0,01	0,030	0,050	1,81	4,74	18,6
17.10.2009	6,74	96,8	545	164	25,5	0,150	4,90	3,46	18,6	0,058	0,01	0,030	0,045	1,69	4,63	15,4
18.11.2009	6,95	100,0	539	164	26,5	0,120	3,03	2,90	17,8	0,056	0,01	0,030	0,045	1,83	4,36	11,5
xx) Aritm.middel	6,89	102,9	563	164	26,0	0,121	2,82	2,96	15,2	0,049	0,01	0,027	0,041	1,67	4,46	14,3
xx) Tidsv.middel	6,89	103,6	566	165	26,3	0,117	2,81	2,96	15,4	0,050	0,01	0,027	0,041	1,69	4,46	13,8
xx) Maks.verdi	7,17	127,4	817	185	29,5	0,250	5,98	5,24	21,1	0,070	0,02	0,033	0,050	1,98	4,84	20,7
xx) Min.verdi	6,44	83,6	398	131	21,6	0,024	0,86	0,36	7,30	0,019	<0,01	0,014	0,020	1,05	3,92	9,29

xx) 18.12.2008 – 18.12.2009

Tabell 12. Analyseresultater. Overløp Hjerkinndammen.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	As µg/l	Si mg/l	Vannf. l/s
05.11.2008	7,95	25,8	67,6	53,9	6,12	<20	13,1	58,2	927	1,34	<5	<5	<1	28,6	<10	2,63	
18.12.2008	7,74	29,0	66,1	47,4	4,70	24,1	190	53,7	746	2,07	2,57	1,7	0,91	59,3	0,32		42
15.01.2009	7,62	30,5	76,1	51,1	5,30	14,9	200	54,8	793	2,17	2,33	1,9	1,0	89,4	0,35		40
16.02.2009	7,44	32,2	75,5	53,3	5,40	13,4	315	55,3	835	2,23	2,09	1,9	1,4	148	0,32		30
26.03.2009	7,22	31,9	85,8	58,9	5,90	13,3	323	50,1	856	2,20	1,65	2,0	1,4	162	0,31		23
22.04.2009	7,05	28,5	62,1	50,4	5,20	22,4	455	89,3	752	2,01	1,06	1,9	1,5	174	0,21		197
04.05.2009	7,64	21,4	49,4	31,5	3,47	18,1	160	55,3	471	1,26	0,62	1,5	0,65	76,1	0,10	1,98	540
18.05.2009	7,76	23,9	62,3	35,4	4,09	14,7	140	42,5	555	1,44	0,85	1,4	0,70	68,1	0,20	1,90	245
12.06.2009	7,62	23,3	59,6	35,3	4,02	13,5	100	45,9	444	1,18	0,54	0,98	0,61	37,6	0,29	1,53	165
14.07.2009	7,92	25,4	66,2	38,2	4,29	10,0	110	62,9	470	1,45	0,49	0,98	0,62	28,8	0,20	1,55	93
19.08.2009	7,91	23,8	57,5	35,6	4,11	12,3	96,0	60,9	463	1,42	0,31	0,82	0,52	28,5	0,21	1,88	287
28.09.2009	7,94	24,4	58,1	36,7	4,17	22,8	225	64,6	702	2,05	2,47	1,4	0,64	28,8	0,27	2,28	111
17.10.2009	7,60	33,1	62,3	38,3	4,32	18,8	190	64,4	803	2,29	1,72	1,7	0,76	35,6	0,28	2,32	93
18.11.2009	7,77	26,5	64,7	41,3	4,61	11,6	180	65,0	887	2,46	1,36	1,7	0,84	29,5	0,20	2,53	56
Aritm.middel	7,63	27,2	65,0	42,6	4,58	16,1	206	58,8	675	1,86	1,39	1,5	0,88	74,3	0,25	2,00	148
Tidsv.middel	7,63	28,2	65,8	42,6	4,60	16,0	204	59,0	677	1,89	1,42	1,5	0,87	71,8	0,26	1,98	131
Maks.verdi	7,94	33,1	85,8	58,9	5,90	24,1	455	89,3	887	2,46	2,57	2,0	1,50	174,0	0,35	2,53	540
Min.verdi	7,05	21,4	49,4	31,5	3,47	10,0	96	42,5	444	1,18	0,31	0,8	0,52	28,5	0,10	1,53	23

Tabell 13. Analyseresultater. Folla ved Slåi.**Stasjon: Folla ved stasjon Fo4 Slåi**

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Ni µg/l	Co µg/l	Mn µg/l	As µg/l
18.12.2008	7,58	8,85	7,62	10,1	1,20	9,99	32	1,92	22,8	0,059	0,098	0,26	0,010	2,26	0,08
15.01.2009						7,87	33	2,19	22,8	0,047	0,093	0,40	0,027	2,11	0,06
16.02.2009						5,97	20	1,89	28,3	0,053	0,059	0,25	0,020	1,30	0,05
26.03.2009	7,11	7,95				25,2	60	6,86	39,4	0,095	0,170	0,50	0,170	5,56	0,09
22.04.2009	7,24	6,34				28,6	120	5,11	35,5	0,098	0,110	0,80	0,110	14,2	0,08
18.05.2009						31,5	130	2,50	24,2	0,052	0,059	0,60	0,056	4,80	0,08
12.06.2009						25,1	58	2,07	15,0	0,036	0,032	0,41	0,047	3,89	0,10
14.07.2008						15,4	55	1,52	8,22	0,025	0,023	0,29	0,029	2,66	0,07
19.08.2009						23,7	57	2,93	17,3	0,053	0,020	0,42	0,032	3,64	0,07
28.09.2009						17,1	69	2,87	25,1	0,072	0,088	0,34	0,046	4,52	<0,05
17.10.2009						15,0	46	3,23	34,7	0,088	0,079	0,43	0,039	4,01	<0,05
18.11.2009						10,1	48	3,56	45,2	0,110	0,074	0,44	0,029	1,90	<0,05
Gj.snitt						18,0	61	3,05	26,5	0,066	0,075	0,43	0,051	4,24	0,08
Maks.verdi						31,5	130	6,86	45,2	0,110	0,170	0,80	0,170	14,2	0,10
Min.verdi						5,97	20	1,52	8,22	0,025	0,020	0,25	0,010	1,30	<0,05

Tabell 14. Analyseresultater. Stikkprøver tatt i loddsjakt (ventilasjonssjakt) den 12.6.2009.

Stasjon: Loddsjakt

Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l
12.06.2009	48	5,04	179,4	1302	294	49,4	4,96	2,01	0,954	16,5	0,053	<0,010	0,092	0,109	3,02	5,20
	120	6,37	184,1	1210	260	49,7	21,5	48,4	17,5	15,0	0,040	0,042	0,099	0,281	3,17	15,0

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no