

Avrenning fra Killingdal og Kjøli gruver, Holtålen kommune Undersøkelser i 2011



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
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 Avrenning fra Killingdal og Kjøli gruver, Holtålen kommune Undersøkelser i 2011	Løpenr. (for bestilling) 6242-2011	Dato 28.11.2011
	Prosjektnr. Undernr. O-11312	Sider 28
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat 2011
Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning		Oppdragsreferanse Best.nr. 08/2011 11/00162-2

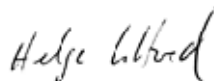
Sammendrag

Tiltakene ved Kjøli og Killingdal gruver ble gjennomført i henholdsvis 1989 og 2000. Det er gjennomført kontroller av avrenningen fra områdene i årene etterpå. De siste omfattende undersøkelser av ett års varighet ble gjennomført i henholdsvis 1995-96 og i årene 2000-2004. Resultatene viste at tiltakene medførte en reduksjon i tilførslene av kobber fra områdene med ca. 95 % ved begge gruver. Etter tiltakene utgjorde samlet transport ca 0,4 tonn Cu/år ved begge gruver. Det er liten avrenning av sink fra Kjøligruva, mens sink er viktigste tungmetall i avrenningen fra Killingdalsgruva. Avrenningen av sink fra Killingdalsgruva ble redusert med ca 85 % og utgjorde ca 4 tonn Zn/år ved siste undersøkelse i 2004. Sommeren 2011 ble det gjennomført en ny kontroll av begge områdene. Det ble ikke påvist noen endringer i forurensningstilstanden i noen av områdene sett i forhold til de foregående undersøkelser. Situasjonen synes å være stabil i begge områdene.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kisgruver	1. Pyrite Mining
2. Avrenning	2. Acid Rock Drainage
3. Tungmetaller	3. Heavy Metals
4. Holtålen	4. Holtålen Municipality



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



James Dedric Berg
Fagdirektør

ISBN 978-82-577-5977-3

O-11312

Avrenning fra Killingdal og Kjøli gruver,

Holtålen kommune

Undersøkelser i 2011

Forord

Avrenningen fra de nedlagte gravene Kjøli og Killingdal i Holtålen kommune hadde i mange år negative effekter på øvre Gaula. Tiltakene som ble gjennomført i henholdsvis 1989 og 2000 ga en betydelig forbedring i forurensningstilstanden i vassdraget med hensyn på tungmetallforurensning. Det anbefales å føre tilsyn med situasjonen i årene fremover.

Norsk institutt for vannforskning gjennomførte kontrollundersøkelser i begge områdene sommeren 2011 etter oppdrag fra Direktoratet for mineralforvaltning, DIRMIN. Vår kontaktperson har vært senioring, Steinar Nilssen. Vi takker for samarbeidet.

Oslo, 28. november 2011

Egil Rune Iversen

Innhold

Innhold	5
Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Generelt	8
1.2 Bakgrunn	8
2. Undersøkelsesopplegg	10
2.1 Kjøligruva	10
2.2 Killingdalsgruva	12
3. Resultater Kjøligruva	15
3.1 Gruvevann	15
3.2 Samlet avrenning	16
3.3 Materialtransport	18
	20
4. Resultater Killingdal gruve	21
4.1 Vannføringer	22
4.2 Vannkvalitet	22
4.3 Forurensningstransport	24
4.4 Samlet vurdering Killingdal gruve	25
5. Samlet vurdering	26
6. Litteratur	27
Vedlegg A. Analyseresultater for prøver tatt i 2011	28

Sammendrag

De siste forurensningsbegrensende tiltakene ved Kjøligruva og ved Killingdalsgruva ble gjennomført i henholdsvis 1989 og 2000. Avrenningen fra områdene har vært fulgt opp med ulike overvåkningsprogram i årene etterpå. Tiltakene som ble gjennomført førte til en betydelig reduksjon i forurensningstilførslene fra de to områdene. Tilførslene av kobber ble redusert med størrelsesorden 95 %.

Ved Kjøligruva ble tiltakene konsentrert om å redusere metallavrenningen fra den største kilden som var gruveavfallet som var deponert i dagen. Som overdekkingsstrategi ble benyttet en plastmembran som tettesjikt. Membranen ble overdekket med morene og sprengstein. Tiltaket ga en god virkningsgrad. Situasjonen ble fulgt opp i årene etterpå, inkludert en større undersøkelse med ett års varighet i 1995-1996. Siden tilførslene fra avfallet i dagen var redusert med størrelsesorden 95 % ble følgelig tilførslene fra gruva den største kilden i området. Undersøkelsene i 1995-96 viste også at det ikke lenger forekommer støtutslipp fra området når det er mye lokal nedbør. Når slike situasjoner inntreffer, fortynnes avrenningen fra gruva og veltene. I årets undersøkelse ble det kun foretatt stikkprøver av gruvevann og samlet avrenning i løpet av sommeren. Selv om undersøkelsene var enklere enn i foregående undersøkelse, viser de likevel at det ikke har foregått noen endringer i avrenningsmønsteret. Kobber er som tidligere det viktigste metallet i avrenningen fra Kjøligruva, men tilførselen er fortsatt relativt beskjeden og i størrelsesorden 300-400 kg kobber/år. Sommeren 2011 var samlet kobbertransport fra området omkring 1 kg kobber/døgn

Ved Killingdalsgruva ble de siste tiltakene avsluttet sommeren 2000. Alt gruveavfallet i dagen ble samlet over dagåpningene, overdekket med en tett morene, og gitt et beskyttende lag av sprengstein. Avrenningen fra det nye deponiet er eneste kilde av betydning i området. En konsekvens av denne tiltaksstrategien er at vann blir tilført inn i deponiet. Hensikten er å holde et høyt vanninnhold i dekket for å begrense oksygentransporten inn i deponiet. Undersøkelsene som ble gjennomført fram til høsten 2004 viste at en hadde oppnådd en god virkningsgrad for tiltaket. Kobbertransporten var redusert fra vel 6 tonn/år til 0,4 tonn/år, og sinktransporten var redusert fra 28 tonn/år til 4 tonn/år.

Undersøkelsene ved Killingdalsgruva i 2011 ble som for Kjøligruva gjennomført i løpet av sommeren 2011. Undersøkelsene ble av noe kortere varighet enn planlagt pga meget store nedbørmengder i løpet av ett døgn i august som ødela måleprofilen som ble benyttet. Datamaterialet som ble innhentet viser likevel at det ikke er noen endringer av betydning i avrenningsmønster eller forurensningstransport siden foregående undersøkelse som ble avsluttet i 2004. Som for Kjøligruva forhindrer overdekkingen støtutslipp fra området når det faller mye nedbør, men i noe mindre grad. De store lokale nedbørmengdene som falt den 15. -16. august gjorde ingen skade på overdekkingen. Døgntransporten av kobber og sink fra området var omkring 0,6 kg Cu/døgn og 4 – 7 kg Zn/døgn sommeren 2011. Dette er omkring det samme som ved foregående undersøkelse.

Vi vurderer det slik at det fortsatt er sikrest å kontrollere avrenningen fra Kjøligruva og Killingdalsgruva så nære kildene som mulig, og at behovet for kontroll av Killingdalsgruva er større enn ved Kjøligruva.

Konklusjonene i denne rapporten gir ingen forklaringer på de funn som Holtålen kommune har gjort ved egne undersøkelser i Gaula nedenfor Ålen sentrum der det er påvist økte konsentrasjoner av kobber.

Summary

Title:

Acid Rock Drainage from Killingdal and Kjøli Pyrite Mines, Holtålen Municipality, Norway in 2011

Year: 2011

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5977-3

The Kjøli mine is located in the upper part of Gaula River about 1100 m above sea level. The mine was operated as an underground mine in periods from 1766-1941 with mining of copper ore (chalcopyrite). The most extensive activities took place in the period 1886-1930 with the mining of pyrite. The main source of pollution in the area is the acid generating waste rock dump. The mine generates acid as well. Copper is the most important metal in the total drainage from the area. Mitigative measures were carried out in 1989. The waste rock was collected in one dump and covered with a plastic liner and till, and protected with an overlay of crushed rock. The water table within the mine was raised by 17 m. An investigation in 1995-96 showed a 95 % reduction of the copper loading from the area.

The Killingdal mine was first opened in 1677 as a copper mine. However, the large content of zinc in the ore resulted in large problems for the smelter. In the 1700s and up to 1857 different processes were used. Up to mine closure in 1986 zinc was the most important metal. The mine was opened as a pit, but the activities continued under ground after a short time. The mine is one of the deepest in Norway and operated to a depth of about 1500 m below the surface of the old mine openings at Gaulåsen Mountain. The old mine site is located about 900 m above sea level. The waste rock at the old mine site contains substantial amounts of zinc. The waste rock dumps are acid generating and the combined drainage is lead to Grubekken Creek, a tributary creek to the Gaula River. The mine is being flooded and the overflow will take place within the next decades. In 2000 the combined waste rock dump was covered with fine moraine soil from the area and given a protective layer of crushed rock. Investigations carried out in the period 2000-2004 showed a 95 % reduction of copper loading and 85 % reduction of zinc loading from the area.

Inspections accomplished during the summer season in 2011 did not show any changes in the pollution situation at these mining areas compared to the previous investigations in 1995-96 (Kjøli) and 2000-2004 (Killingdal).

1. Innledning

1.1 Generelt

I Holtålen kommune har det vært gruvedrift på sulfidmalm siden 1600-tallet. En rekke gruver har påvirket og påvirker fortsatt vannforekomstene. Aktiviteten ved mange av gruvene har vært relativt beskjeden og effektene på miljøet har av den grunn i hovedsak kun lokal betydning. Forurensningsproblemene ved to av gruvene, Killingdal og Kjøli gruver har imidlertid vært betydelige idet avrenningen lenge gjorde stor skade på øvre Gaula over en lang vassdragsstrekning. Gruveselskapene gjorde undersøkelser av forholdene allerede på 1940-tallet, men noen tiltak ved disse to gruvene ble ikke gjennomført før i 1981 og i 1989 (Kjøli) og 1991 og 2000 (Killingdal, øvre område). NIVA har gjennomført undersøkelser av avrenningen siden 1971. I en periode ble det også gjennomført undersøkelser av forurensningstilstanden i Gaula innenfor det statlige program for forurensningsovervåking. For oversiktens skyld er det i kapittel 6 gitt en oversikt over de undersøkelsene i gruveområdene i Holtålen kommune som NIVA har rapportert.

1.2 Bakgrunn

NIVA gjennomførte forundersøkelser av avrenningen fra Kjøli gruve i 1977 (Arnesen et al, 1979). Etter nærmere vurderinger ønsket Industridepartementet å forsøke en kalking av veltene for å prøve ut virkningen av et slikt tiltak. Veltene ble samlet i en større velte og tilsatt 100 tonn hydratkalk. Dette arbeidet ble gjort i 1981. Virkningen ble kortvarig og allerede etter ett år begynte avrenningen fra velten å øke. Da metalltransporten fra velten etter hvert ble 5 ganger så stor som før tiltaket (Iversen, 1986) ble det besluttet å gjennomføre et mer permanent tiltak. Årsaken til denne uheldige utvikling hadde sammenheng med at de sterkt forvitrende veltene ble flyttet på og lett tilgjengelige metallmengder som var lagret i massene ble utsatt for økt utvasking. Kalkdosen som var tilsatt mistet dessuten raskt sin effekt. Etter at forurensningstransporten fra området ble 5 ganger så stor i løpet av en femårsperiode, så en imidlertid at toppen var nådd og at tilstanden var langsomt på vei tilbake til utgangspunktet igjen.

I 1989 ble det derfor gjennomført et nytt mer permanent tiltak. Denne gangen ble den arronderte tippene overdekket med en 2 mm sveiset plastmembran som ble gitt et beskyttende lag med morene og sprengstein. Etter et supplerende tiltak der lufttilgangen til velten undenifra via vannstollen ble forsøkt avstengt, ble det gjennomført en avrenningsundersøkelse i 1995-1996 (Iversen, 1997). I ettertid er det tatt stikkprøver av samlet avrenning ved noen anledninger.

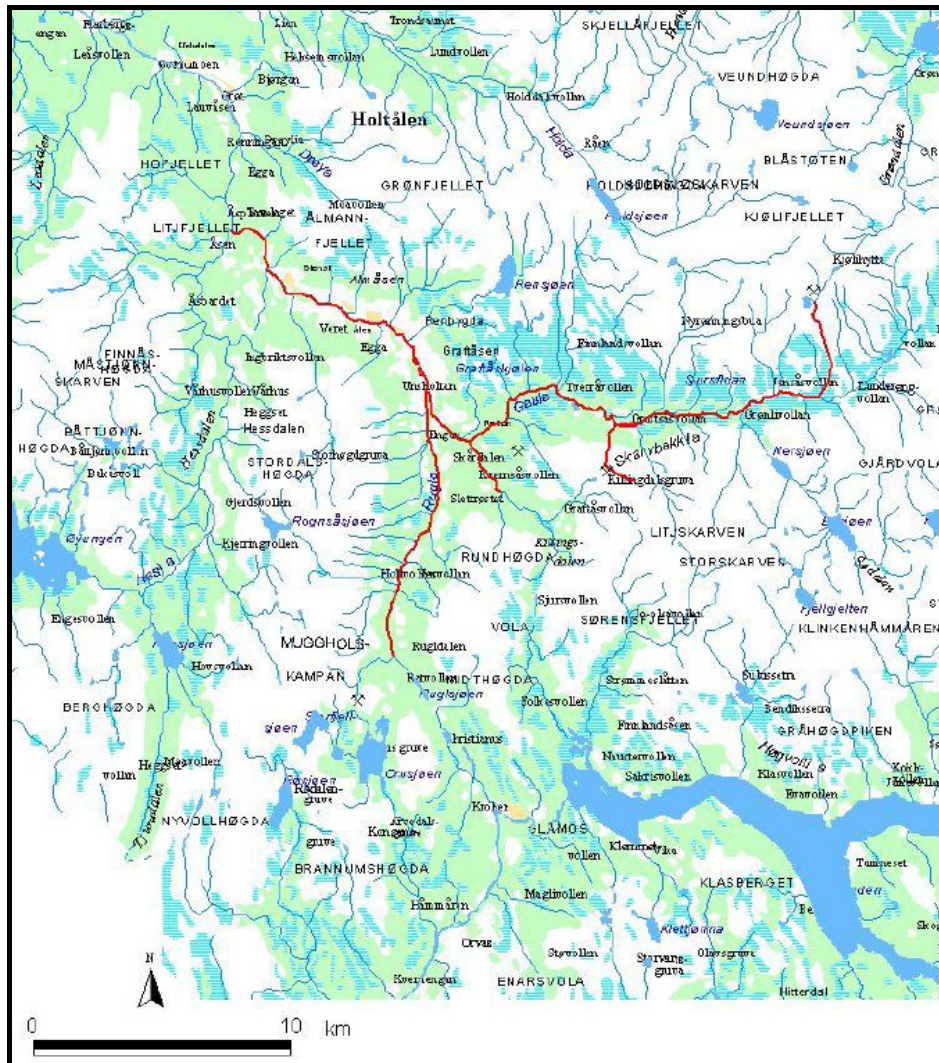
A/S Killingdal Grubeselskap gjennomførte selv kontrollundersøkelser av avrenning og vannkvalitet i Gaula i mange år. Etter oppdrag fra Industridepartementet startet NIVA kartlegging av avrenningen fra det øvre området i 1977. Den gang var utslipp av gruvevann hovedproblemet. Dette ble pumpet ut gjennom en vannstoll i det øvre området til Gruvebekken og Gaula. Støtutslipp forårsaket store problemer i Gaula. Pumpepraksis ble etter hvert endret slik at en ikke fikk store støtutslipp. Siden bergveltene oppe på Gaulsåsen også bidro med store metalltilførsler, ble det i forbindelse med nedleggelse av driften i 1986 gjennomført et overdekkningstiltak i 1991. Avfallsmassene ble først samlet over de gamle dagåpningene i en tipp som ble gitt en overdekking av morene og sprengstein. Sigevannet fra det nye deponiet ble ledet inn i gruva. Det ble antatt at den naturlige ventilasjonen i gruva som gikk via Bjørgensjakta og opp i dagen på Gaulåsen hadde kapasitet til å fordampe inngående vann. Tiltaket ble fulgt opp i årene etterpå. I 1999 skjønnte en at overdekkningstiltaket som ble gjennomført i 1991 var i ferd med å gå galt. Årsaken var tredelt:

- Kvaliteten til overdekkingen var for dårlig slik at forvitningsprosessene i det nye deponiet begynte å tilta. Dette ble påvist ved at temperaturen inne i deponiet begynte å øke. Metallavrenningen økte.

- Det viste seg at under sommersesongen hadde ventilasjonen i gruva dårlig evne til å ta opp vann. Om vinteren gikk det mye bedre, men da var tilrenningen liten. Dette fikk den konsekvensen at vannstanden i gruva steg og til slutt ble krysningspunktet mellom Bjørgensjakt og Hovedsjakta oversteget. Den naturlige ventilasjonen stoppet dermed opp.
- Drensrørsystemet som ledet forurenset sigevann inn i gruva var i ferd med å gå tett.

Det måtte derfor planlegges for nye tiltak som ble gjennomført sommeren 2000. Velten ble overdekket på nytt med finkornige lokale løsmasser som var velegnet for formålet. Overdekkingen ble beskyttet med sprengstein. Tiltaket ble fulgt opp til 2004 (Iversen, 2005). Det ble da konkludert med at metallavrenningen fra området var blitt redusert med størrelsesorden 95 %.

DIRMIN har i ettertid selv kontrollert avrenningen uten å ha påvist noe unormalt. I 2009-2010 har også Holtålen kommune gjennomført et prøvetakingsprogram i Gaula der det ble tatt prøver i Ålen sentrum. Disse undersøkelsene konkluderte med at kobbernivåene har økt i Gaula. De siste undersøkelsene er bakgrunnen for at KLIF og DIRMIN ønsket å gjennomføre nye undersøkelser av avrenningen fra de to gruveområdene. Et programforslag av 3.3.2011 som NIVA sendte DIRMIN ble lagt til grunn for undersøkelsene. Figur 1 viser det berørte vassdragsavsnittet i nedbørfeltet til øvre Gaula.



Figur 1. Vassdragsavsnittet i øvre Gaula som er berørt av tilførsler fra Kjøli, Killingdal og Muggruva (Iversen, 2003).

2. Undersøkelsesopplegg

Det kan være vanskelig å avgjøre om det har skjedd endringer i forurensningssituasjonen ved Kjøli og Killingdal gruver og særlig dersom endringene ikke er vesentlige. Resultatene fra Holtålen kommunes prøvetakinger i Gaula tyder på at det har skjedd betydelige endringer i metalltilførslene til Gaula. Siden prøvene ble tatt så langt nede som i Ålen sentrum, har en å gjøre med flere mulige kilder. De største er Kjøligruva, Killingdalsgruva (Gaulåsen), Killingdalsgruva (Bjørgåsen) og Muggruva. Dersom det er slik at det har skjedd endringer i vannkvaliteten i Gaula, er det mest nærliggende å se mer på Kjøligruva og Killingdalsgruva under Gaulåsen siden det er gjennomført tiltak i disse områdene i de senere år. Ved de to andre kildene er mulighetene for endringer lite sannsynlige slik vi kjenner disse områdene.

Tidligere har en foretatt undersøkelser av avrenningen i perioder over ett år. På grunn av beliggenheten er det en krevende oppgave å gjøre undersøkelser hele året ved Kjøligruva og ved Killingdalsgruva. Siden vi har godt erfaringsmateriale ved begge områdene fra tidligere undersøkelser, ble det vurdert slik at det var tilstrekkelig å gjøre undersøkelser bare i løpet av sommerperioden for å kunne avgjøre om det har skjedd endringer i avrenningsmønsteret. Det ble derfor valgt å gjennomføre undersøkelsene ved de to gruveområdene i tidsrommet juni-september 2011.

2.1 Kjøligruva

Ved Kjøligruva har en å gjøre med to kilder, avrenning fra velten og gruvevannet. Det siste tiltaket som ble gjort i 1989 omfattet hovedsakelig avrenning fra velten. Tiltaket førte til at avrenningen av kobber fra området ble redusert med størrelsesorden 95 %. Dette betyr at gruvevannet er største forurensningskilde etter at tiltaket ble gjennomført.

Resultatene fra undersøkelsene i 1995-1996 og stikkprøvetaking etterpå tydet ikke på at det hadde skjedd noen endringer av betydning i avrenningsmønsteret. Vi valgte derfor å basere årets undersøkelser på å ta 4 stikkprøver ved de to kildene i løpet av sommeren. Prøvene ble tatt av NIVA på laboratoriets kontrollerte prøveflasker og analysert ved NIVAs laboratorium. Metallanalysene ble utført vha akkreditert ICP-teknikk og på ufiltrerte prøver. Vannføringen ble målt ved hver prøvetaking og pH-verdi og konduktivitet ble analysert umiddelbart etter hver prøvetaking. Figur 2, figur 3 og figur 4 viser prøvetakingspunktene.



Figur 2. Måledam for samlet avrenning fra Kjøligruva den 19.7.2011 (Foto: E.R. Iversen, NIVA).



Figur 3. Gruvevann fra Kjøligruva ved måleprofil utenfor vannstollen. Foto: E.R. Iversen 19.7.2011.



Figur 4. Kjøligruva med prøvetakingspunktene, St.1 Samlet avrenning og St.2 Gruvevann.

2.2 Killingdalsgruva

Ved Killingdalsgruva i det gamle driftsområdet under Gaulåsen hadde en tidligere to hovedkilder, utpumpet gruvevann og samlet avrenning fra området. Gruva er for tiden under oppfylling og fremtidig gruvevann ventes å komme ut fra Bjørgensjakta med avrenning til Skurru og Gaula om noen tiår. Etter at tiltakene ble avsluttet i 2000, har kontrollopplegget kun omfattet ett punkt, måledammen for samlet avrenning til Gruvebekken og Gaula (se figur 7). Siste årsundersøkelse var i 2003-2004 (Iversen, 2005).

Tiltaket som ble gjennomført i 2000 ga en god effekt med en reduksjon i avrenningen av kobber på ca 95 %. Det er noen svakheter knyttet til det nye deponiet som gjør at det er nødvendig med en tettere oppfølging av dette deponiet enn tippen på Kjøli. Antakelig er det slik at det er demmet opp noe vann under dekkjiktet. Dette ser en ved at det strømmer ut noe vann et stykke opp på sidene av deponiet. I motsetning til overdekkingen på Kjøli strømmer det vann gjennom dekkjiktet. Det er også hensikten da dekkjiktet skal være vannmettet. Lekkasje fra deponiet vil derfor antakelig variere noe mer enn hva som er tilfelle på Kjøli (figur 5).

Med denne bakgrunn ble det derfor lagt opp til en mer detaljert undersøkelse enn på Kjøli. Den tidligere måledammen for samlet avrenning var fortsatt brukbar etter fjerning av en del løsmasser i dammen (figur 6). Det ble lagt opp til kontinuerlig vannføringsmåling ut av dammen med lokal logging av vannføring hver time. Det ble planlagt en undersøkelsesperiode på 3 måneder i perioden 1.7-1.10.2011. Det ble videre tatt en daglig stikkprøve med automatisk prøvetaker som ble blandet til en ukeblandprøve. Prøvene ble analysert etter samme opplegg som for Kjøli gruve.



Figur 5. Lekkasje fra deponiet ved Killingdalsgruva.

Foto: E.R. Iversen, 6.9.2011.



Figur 6. Måledam for samlet avrenning fra Killingdalsgruva.

Foto: E.R. Iversen 19.7.2011.



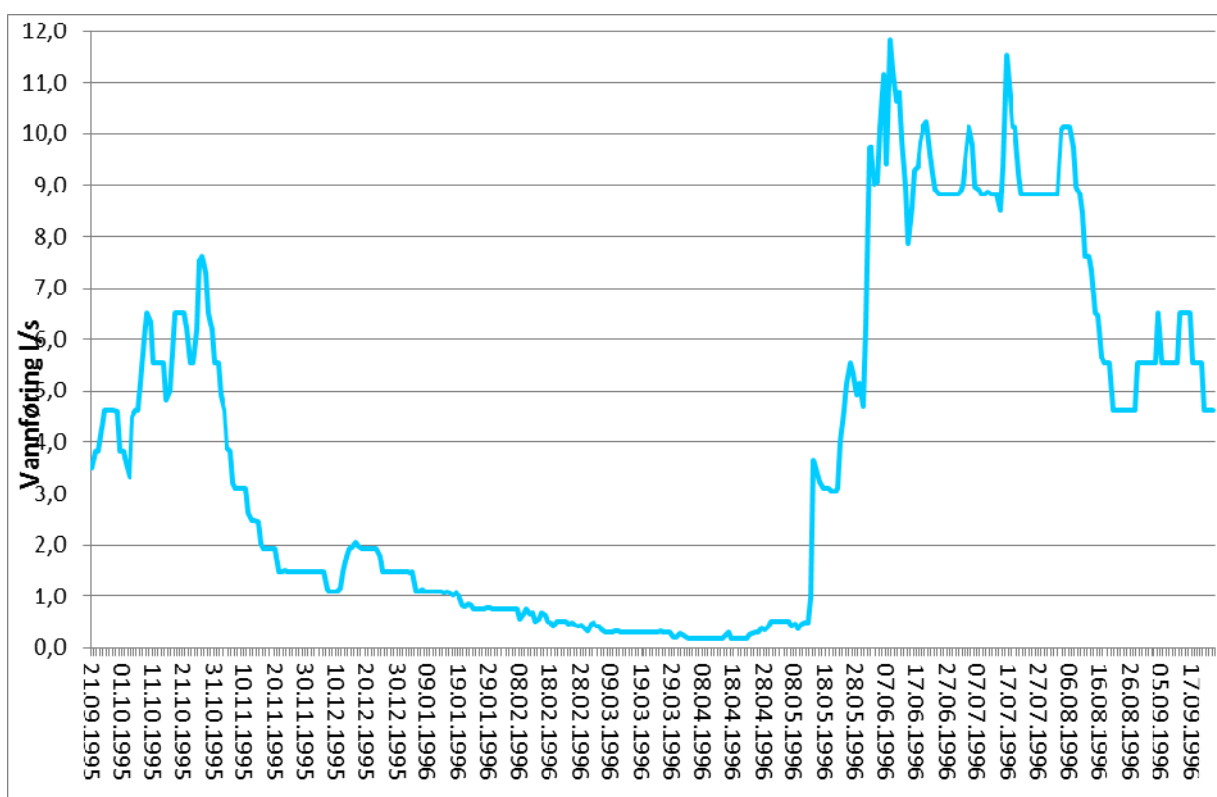
Figur 7. Flyfoto av Killingsdalsgruva med avrenning til Gruvebekken og Gaula.

3. Resultater Kjøligruva

3.1 Gruvevann

NIVA har analysedata for gruvevannet fra og med 1974. Det ble også målt vannføring ved noen av prøvetakingene. Undersøkelsen i 1995-1996 var den første der vi målte vannføring kontinuerlig. Figur 8 viser døgnmiddelvannføringene for denne undersøkelsen. Det ble den gang montert en trekantprofil inne i stollen. Senere ble det montert en ny profil utenfor (se figur 3). I årets undersøkelse er denne profilen benyttet. Forløpet av vannføringskurven er forskjellig fra måledammen for samlet avrenning (se figur 10). Dette skyldes at gruvevannet nå i hovedsak kommer fra kilder under dagen.

Vannføringen er lite påvirket av nedbør. Ut over høsten når frosten kommer og i løpet av vinteren avtar vannføringen. Ved slutten av mai øker vannføringen igjen, men den varierer forholdsvis lite om sommeren. Slik var også situasjonen ved årets prøvetakinger som en ser av tabell 8 i vedlegget.



Figur 8. Vannføring i vannstollen 1995-1996 (døgnmiddel).

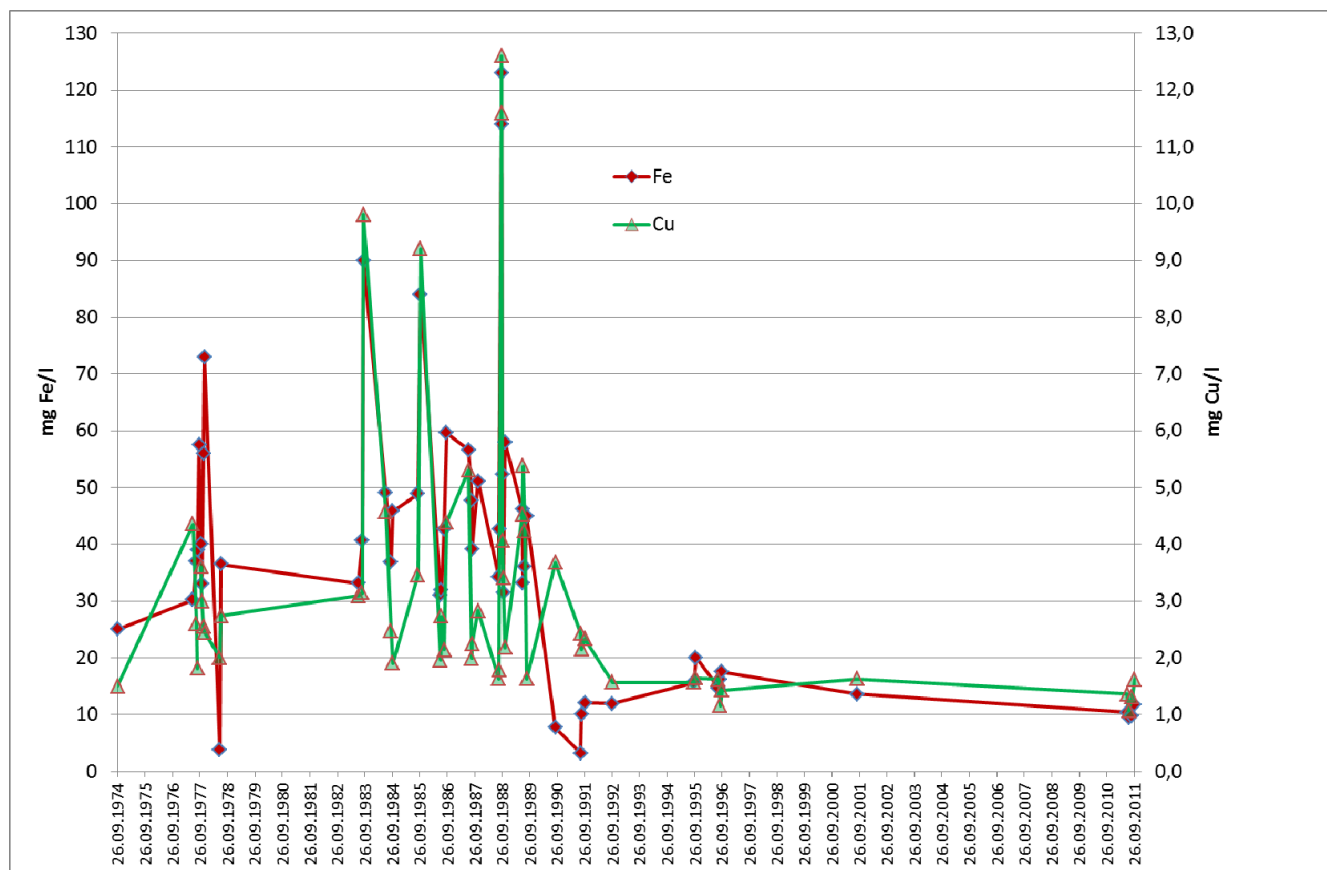
Analyseresultatene for gruvevannet er samlet i tabell 8 i vedlegg A. I tabell 1 er det sammenstilt middelerverdier for de to undersøkelsesperiodene 1995/96 og 2011. Resultatene tyder ikke på store endringer i vannkvaliteten siden 1995.

Tabell 1. Middelerverdier for prøver av gruvevann ved undersøkelsene i 1995-1996 og i 2011

År	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	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	mg/l	l/s
1995/96	3,17	58,6	181,1	19,7	8,06	8,21	16,8	1,48	0,13			0,148	0,07	0,033	9,50	5,63
2011	3,24	46,58	150,5	15,3	6,97	5,88	10,3	1,34	0,077	<0,001	<0,01	0,107	0,021	0,019	8,00	7,33

Figur 9 viser alle observasjoner av jern og kobber som NIVA har for gruvevannet (1974-2011). Før tiltaket i 1989 ser en at konsentrasjonene varierte forholdsvis mye. Dette har trolig sammenheng med

at gruva fikk en del tilførsler fra bergveltene som var deponert over de gamle gruveåpningene. En av veltene dekket dessuten åpningen til vannstollen slik at prøvetakingspunktet også fanget opp noe avrenning fra tippen. Tiltaket innbar at veltene ble overdekket og dermed også mulige åpninger til gruva. En annen mulig effekt kan være at vannstanden i gruva ble hevet. Resultatene for de siste 20 år tyder på en meget stabil situasjon og at vannkvaliteten varierer forholdsvis lite i løpet av året.



Figur 9. Jern- og kobberkonsentrasjoner i gruvevannet. Alle observasjoner 1974-2011.

3.2 Samlet avrenning

Ved måledammen for samlet avrenning er tilførslene fra gruva blandet sammen med lekkasjevann fra den overdekkede tippen samt noe annen uforurenset overflateavrenning. Ved denne stasjonen vil konsentrasjonene variere avhengig av nedbør, klima og vannføring.

I tabell 7 i vedlegg A er resultatene for prøvetakingen i 2011 samlet. I tabell 2 er det gjort en sammenligning mellom analyseresultater fra undersøkelsen i 1995-1996 (juni-september) og årets undersøkelse.

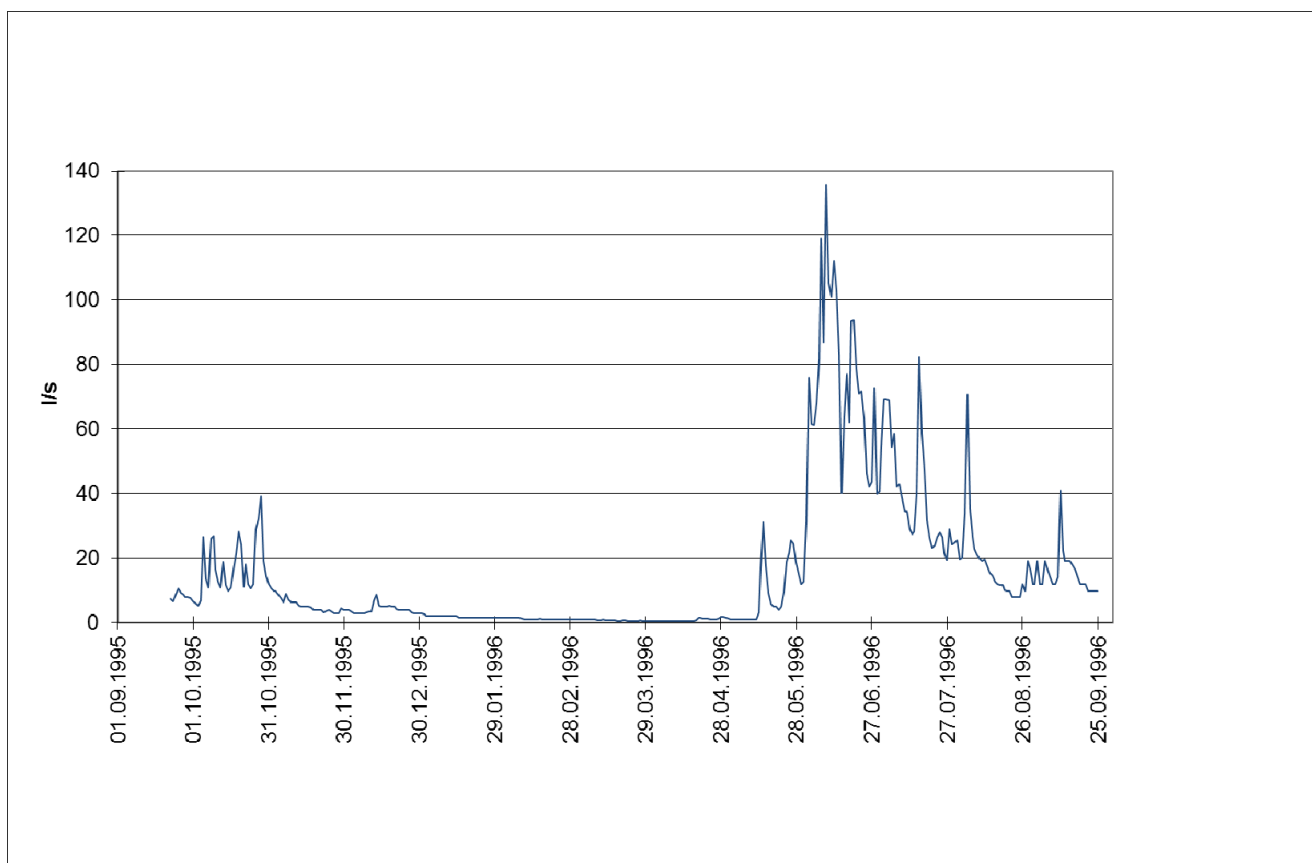
Tabell 2. Middelerverdier for prøver tatt i juni-september 1995/96 og i 2011

År	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	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	mg/l	l/s
1995/96	3,28	49,2	138,3	17,5	7,88	6,79	8,04	1,11	0,081			0,200	0,053	0,023	6,91	24,4
2011	3,51	34,1	111,1	12,0	5,59	4,28	4,67	0,874	0,057	<0,001	<0,01	0,113	0,017	0,015	5,89	15,4

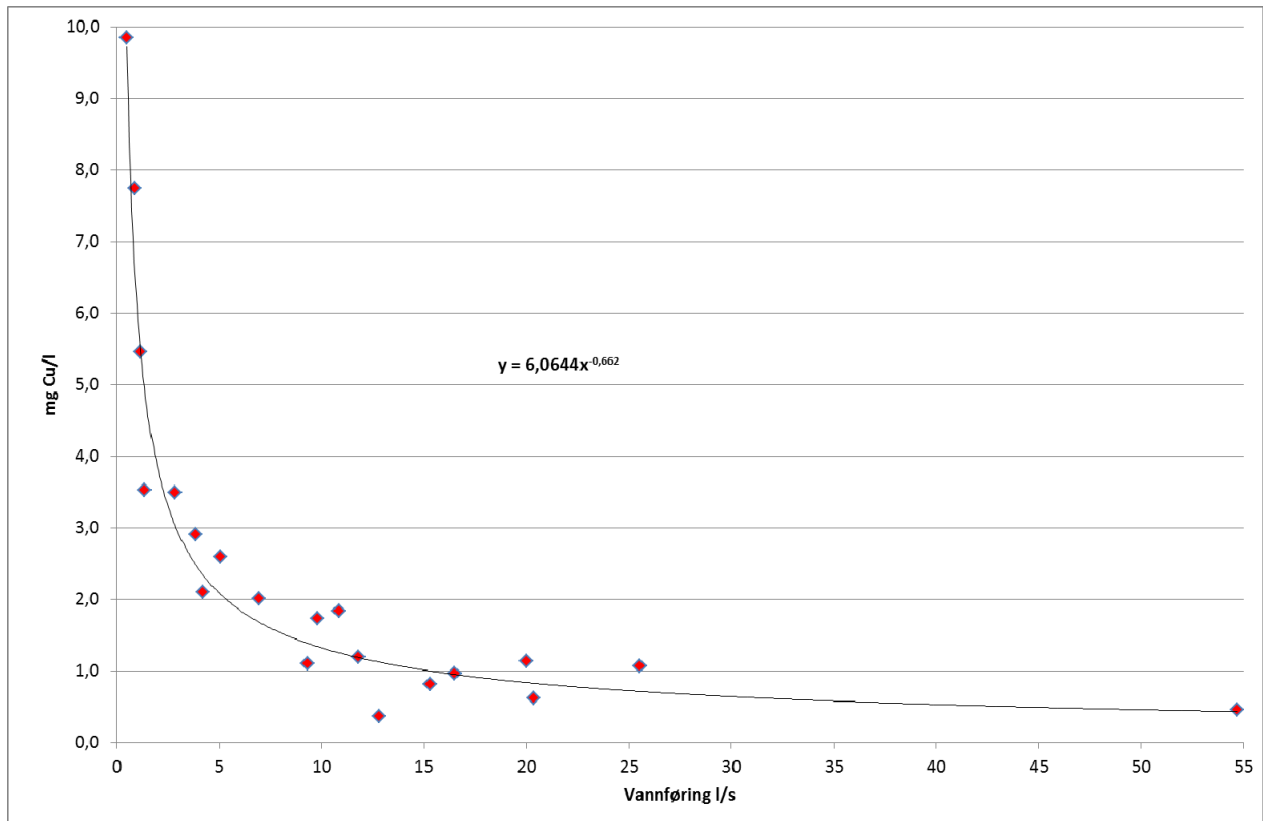
Når en vurderer avrenningen fra Kjøigruva og mulige effekter i Gaula, ser en at kobber er viktigste metall i avrenningen. Drensvannet inneholder også en del jern og aluminium, men store deler av dette

vil felles ut nedover i Storbekken, noe en også ser. pH-verdiene i avrenningen er litt høyere enn den optimale fellingsverdien for jern (pH 3,3). Avrenningen inneholder beskjedne mengder av de øvrige tungmetallene. Det kan være vanskelig å sammenligne resultatene for foregående undersøkelsesperiode med årets. Årsaken til dette er at vannføringene er forskjellige.

Figur 11 viser alle analyseresultater for kobber i perioden 1995-2011. Resultatene viser at verdiene ligger på en fortynningskurve (hyperbelform). Dette er som forventet når gruvevannet er den dominerende kilde, en kilde som er lite påvirket av nedbør. Den andre kilden, gråbergtippen, er overdekket og dermed også lite påvirket av nedbør. Når det er mye nedbør vil derfor tilførslene fra gruva og sigevann fra tippet fortynnes i varierende grad, avhengig av nedbørmengdene. Siden kobberresultatene for alle prøvene som er tatt i perioden 1995-2011 fortsatt ligger nær fortynningskurven, må en konkludere med at det ikke har skjedd noen vesentlige endringer i vannkvaliteten i denne perioden og at det heller ikke har skjedd noen forandringer av betydning i avrenningen fra den overdekkede tippet.



Figur 10. Vannføring ved måledam for samlet avrenning i 1995-1996.



Figur 11. Cu-observasjoner 1995-2011

3.3 Materialtransport

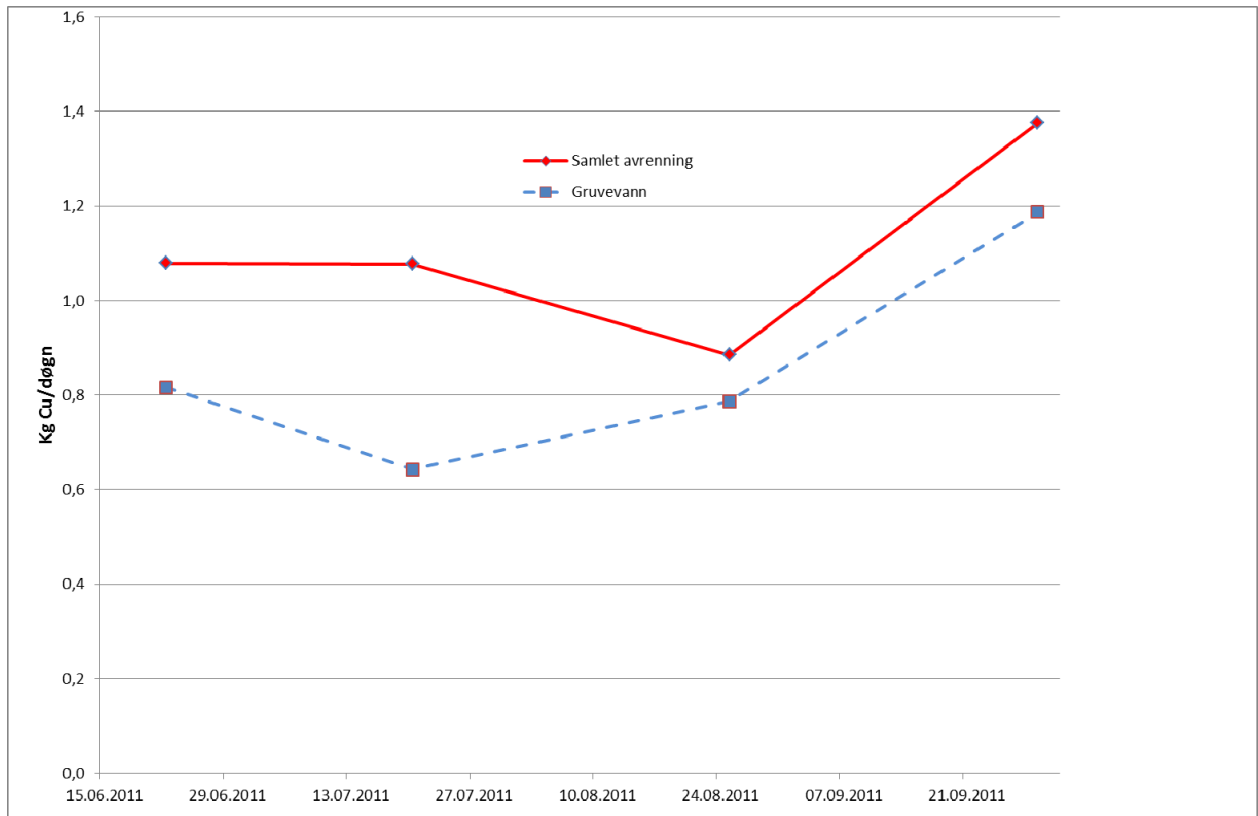
Årets undersøkelse gir ikke grunnlag for å beregne noen årstransport. Ved hjelp av analyseverdi og vannføring er det i tabell 3 beregnet momentane transportverdier for de viktigste komponenter ved de 4 prøvetakingene som ble foretatt i 2011.

Tabell 3. Momentan transport ved måledam for samlet avrenning og ved utløp av gruva i 2011.

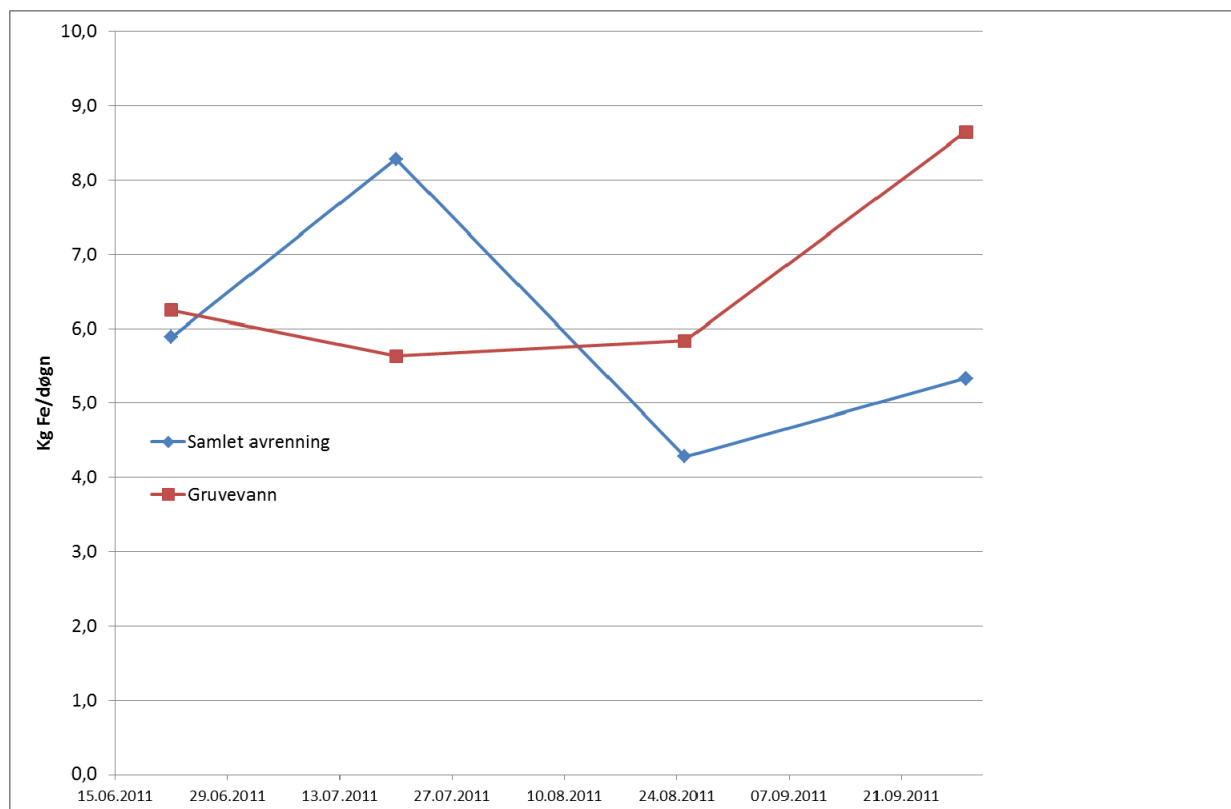
Samlet avrenning					Gruvevann			
Dato	Cu	Fe	Al	SO ₄	Cu	Fe	Al	SO ₄
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
22.06.2011	1,08	5,89	5,31	127,4	0,82	6,24	3,59	90,4
20.07.2011	1,08	8,29	5,91	144,5	0,64	5,63	3,21	83,2
25.08.2011	0,88	4,28	4,32	107,4	0,79	5,84	3,42	87,9
29.09.2011	1,38	5,33	6,04	183,9	1,19	8,65	4,75	122,0

Resultatene viser at gruvevannet utgjør en vesentlig del av avrenningen fra gruveområdet. Dette betyr at lekkasjen fra den overdekkede tippen er beskjeden. Dette var også konklusjonen fra de foregående undersøkelsene.

I figur 12 og figur 13 er øyeblikkstransporten av kobber og jern vist grafisk. Figurene viser tydelig at gruvevannet er den dominerende forurensningskilden i Kjøligruveområdet. Når det gjelder jern er forløpet noe forskjellig fra kobber. Dette skyldes at det felles ut jern i bekkeleiene fram til måledammen, noe en også forøvrig ser. Denne prosessen pågår også hele veien ned til Gaula. Dersom en anslår en gjennomsnittlig samlet kobbertransport på ca 1 kg kobber pr. døgn, blir årstransporten av størrelsesorden 300-400 kg/år. I tabell 4 er det til orientering gjengitt de beregningene av samlet transport som ble gjort i den foregående undersøkelse i 1995/96. Resultatene fra årets undersøkelser tyder ikke på at det har skjedd vesentlige forandringer i avrenningen fra området siden den gang. En stikkprøve som NIVA tok i 2001 viste også dette.



Figur 12. Momentan transport av kobber i 2011.



Figur 13. Momentan transport av jern i 2011.

Tabell 4. Samlet transport fra Kjøligruva 1981-1996.

År	Ca Tonn/år	SO ₄ Tonn/år	Al Tonn/år	Fe Tonn/år	Cu Tonn/år	Zn Tonn/år	Vannmengde m ³
1981	3,5	175,9		29,2	3,05	0,10	458054
1982	7,7	270,8		49,0	4,15	0,21	311766
1983	6,1	417,7		60,5	5,49	0,23	711431
1984	7,1	332,9	17,4	51,1	5,54	0,22	453513
1985	16,3	797,3	48,7	149,6	15,23	0,48	402296
1986	11,6	539,6	31,3	93,0	9,65	0,30	385042
1987	11,3	690,9	48,5	118,0	12,37	0,34	430566
1988	12,7	602,6	38,9	102,2	10,99	0,30	430572
1989	13,2	429,9	25,0	71,8	8,08	0,22	567697
1990	13,2	172,4	14,5	18,3	2,30	0,13	547197
1991	8,04	77,2	3,5	4,6	0,71	0,05	415150
1992	8,27	69,5	3,1	5,4	0,57	0,09	424473
1995/96	5,61	51,3	2,48	3,45	0,41	0,03	348370

4. Resultater Killingdal gruve

Ved det gamle anlegget på Gaulåsen er det nå bare en kilde, avrenning fra den overdekkede tippen. Tidligere hadde en også gruvevannet som ble pumpet ut gjennom vannstollen. Gruva ventes å få overløp ut av Bjørgensjakta og videre til Skurru og Gaula. Det vil ennå gå noen 10-år før dette skjer. I denne undersøkelsen vil vi bare kommentere resultatene etter siste tiltak i 2000 og etter foregående undersøkelse av avrenningen som ble gjennomført i 2003-2004.

Det kan av og til være en stor utfordring å gjennomføre en feltundersøkelse over ett år i dette området. Dette skyldes at området der målepunktet er lagt ofte kan bli dekket med flere meter snø om vinteren. Når denne blir vannmettet, vil en få alt for høye vannhøyder i loggeren i måleprofilen som vi benytter. Flytting av målepunktet litt lenger opp i bekken og tak over måledammen hjalp godt under foregående undersøkelse. Et annet problem er at det også transporteres en del fine løsmasser i bekken. Disse har av og til fylt igjen dammen.

Sommeren 2011 var heller ikke uten problemer. Ekstremt mye nedbør den 15. - 16. august førte til store vannføringer i Holtålen kommune, både i Gaula og i alle bekker. Figur 14 viser at bekkeløpet og måledammen er fylt igjen av løsmasser. I tillegg har vannmassene tatt et nytt løp utenom dammen som ble bygget i 2003.

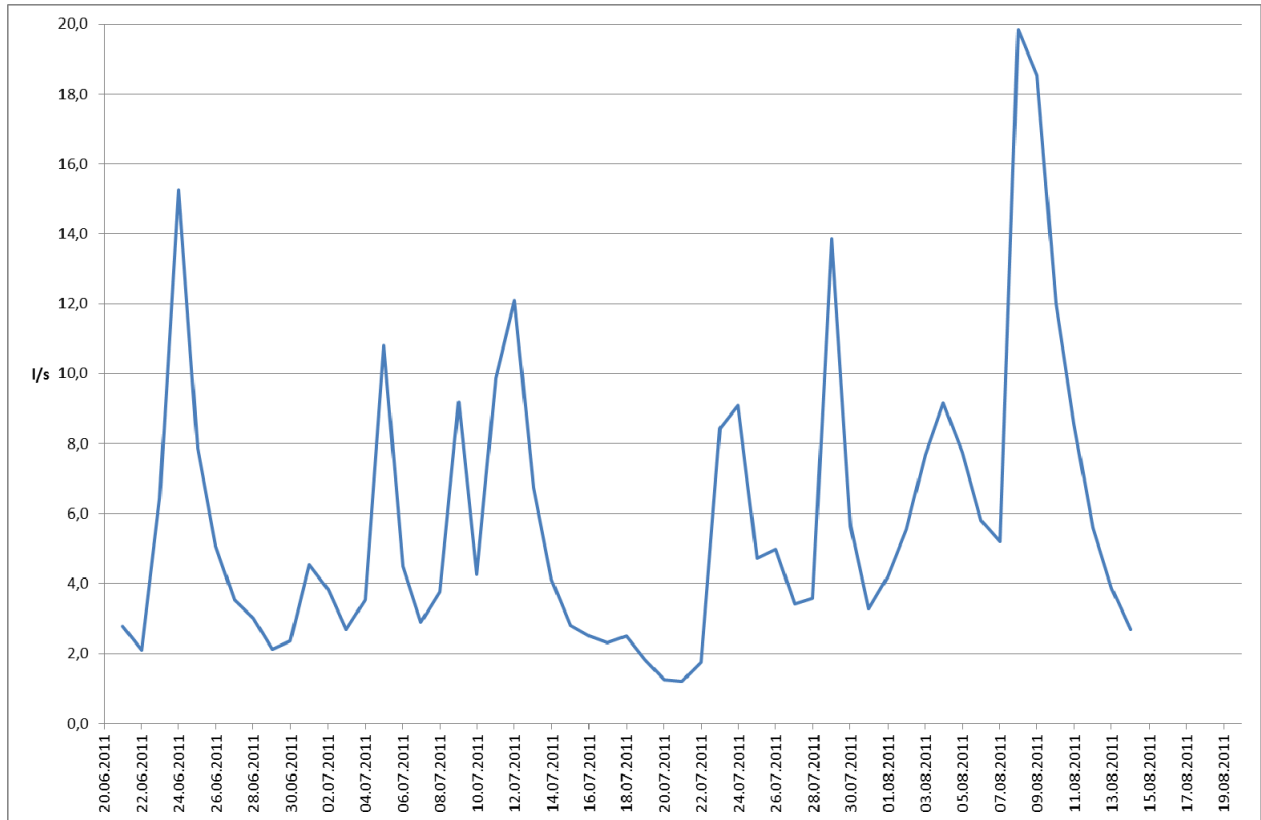


Figur 14. Måledam for samlet avrenning etter flommen den 15.- 16.8.2011. Foto: E.R. Iversen.

Undersøkellesperioden ble av den grunn en del kortere enn planlagt, men vi vurderer det slik at det datamaterialet som er innhentet likevel gir et godt grunnlag for å vurdere forurensningstilstanden i forhold til tidligere observasjoner.

4.1 Vannføringer

Vannføringen ble logget hver time i perioden 21.6 – 14.8.2011. Figur 15 viser døgnmiddelvannføringene så lenge målingene foregikk. Dammen ble ødelagt natten mellom 15. og 16. august.



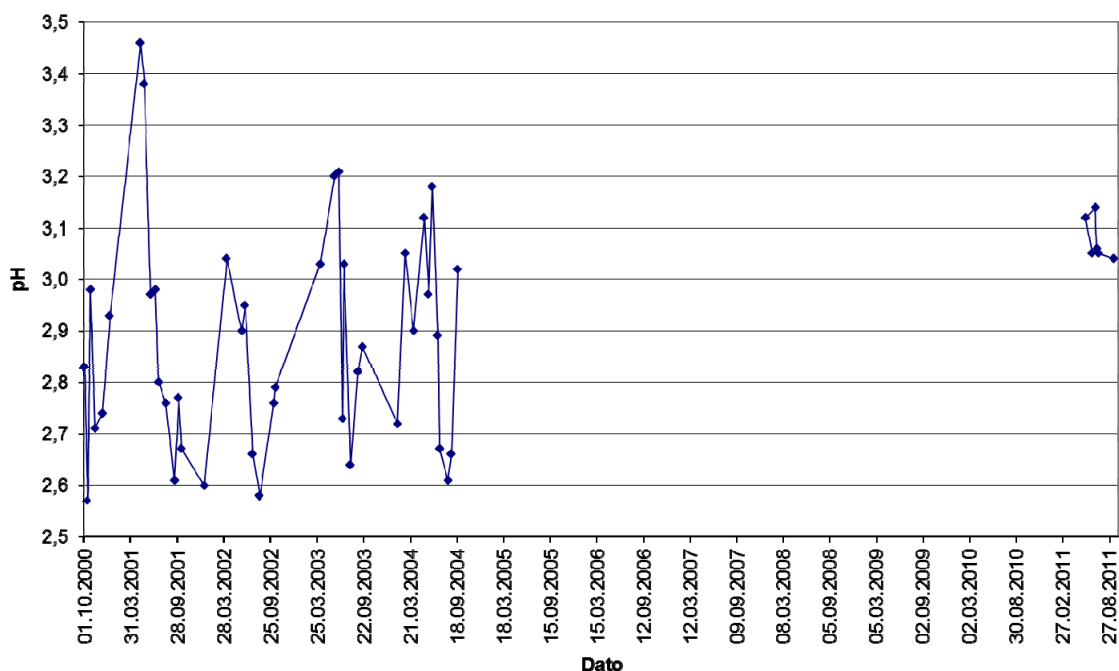
Figur 15. Døgnmiddelvannføring ved måledam for samlet avrenning sommeren 2011.

Forløpet av vannføringskurven viser at bekken er en typisk flombekk der vannføringen kan variere mye fra dag til dag, avhengig av nedbøren. I prøvetakingsprogrammet ble det som tidligere nevnt tatt daglige prøver som ble blandet til en ukeblandprøve for analyse. I måleperioden som strakte seg over 55 døgn har en gjort følgende observasjoner:

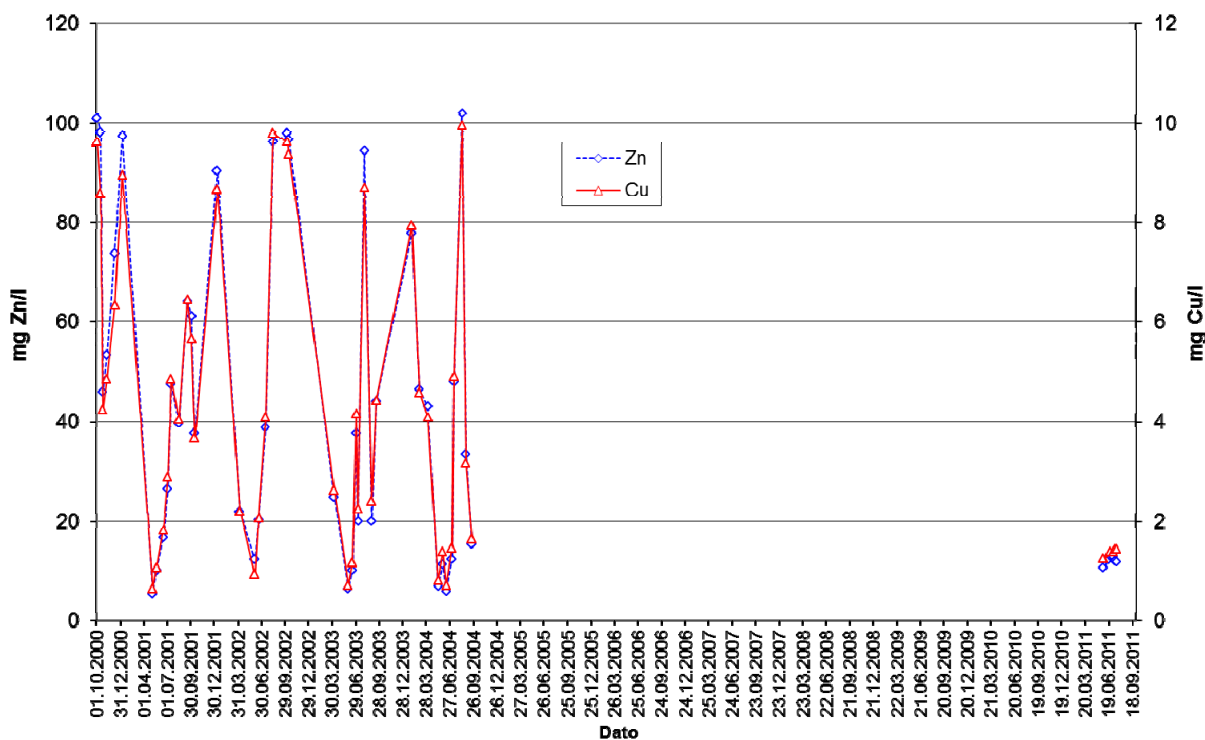
Samlet avrenning	27907	m ³
Aritm. middel	5,87	l/s
Maks. verdi	19,9	l/s
Min. verdi	1,20	l/s

4.2 Vannkvalitet

Analyseresultatene for de prøver som ble tatt er samlet i tabell 9 i vedlegg A. Resultatene viser at avrenningen fortsatt er sterkt sur med pH-verdier omkring 3. Figur 16 viser observasjonene av pH for perioden 2000-2011. Når det gjelder 2011, er pH-verdiene for blandprøvene benyttet. Observasjonene fremtrer derfor som mer samlet. Figur 17 viser resultatene for kobber og sink for den samme perioden.



Figur 16. Observasjoner av pH i samlet avrenning fra Killingdalsgruva, 2000-2011.

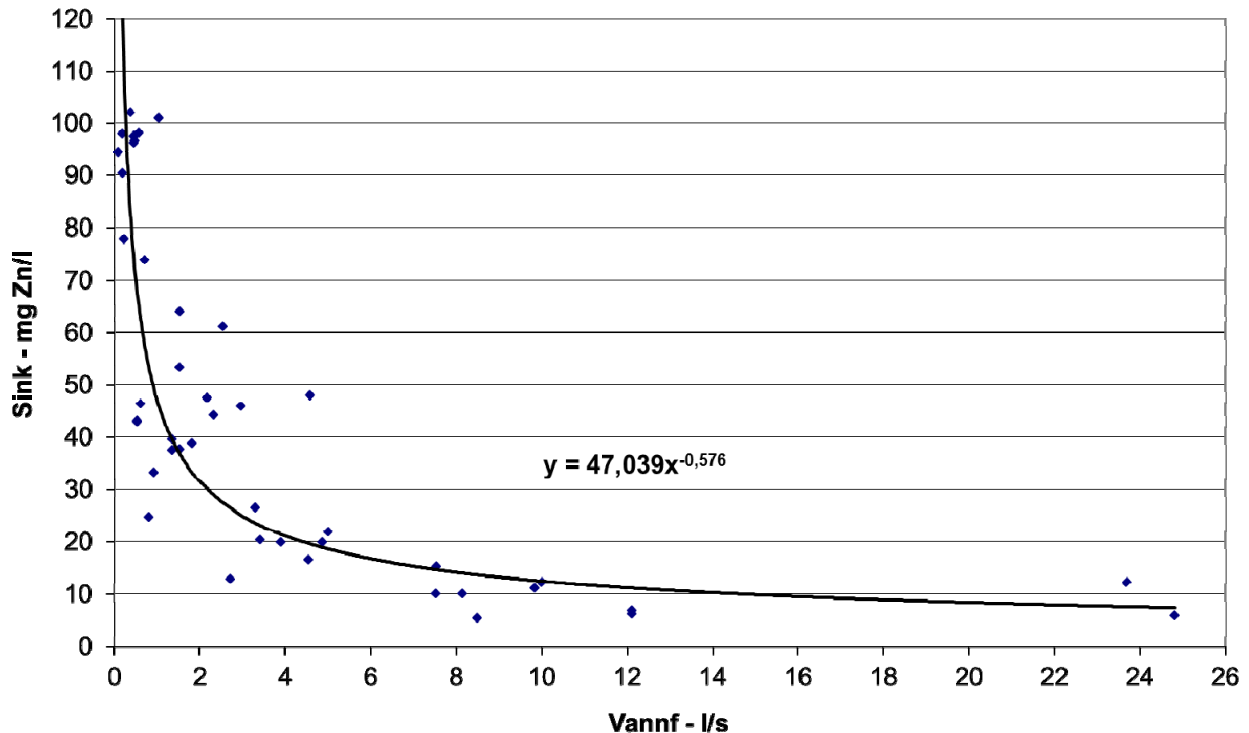


Figur 17. Observasjoner av kobber og sink i samlet avrenning fra Killingdalsgruva, 2000-2011.

Resultatene viser at avrenningen inneholder relativt lite kobber. Sink er viktigste metall i avrenningen.

I figur 18 er gjort en sammenligning mellom alle observasjoner av sink etter 2000 og vannføring. En ser at mange av observasjonene ligger i nærheten av en hyperbel. En slik sammenheng får en når en har en fortynningssituasjon. En har en tilsvarende situasjon ved Kjøligruva. Der er tippen overdekket med en tett plastmembran. Avrenningen fra deponiet er derfor lite påvirket av nedbøren. Deponiet ved

Killingdalsgruva er overdekket med en finkorig morene. Den slipper noe vann igjennom og det er også meningen for at overdekkingen skal holde seg vannmettet for å begrense tilgangen på luft inn i deponiet. Avrenningen fra tippen er derfor noe mer påvirket av nedbørmengdene enn hva som er tilfelle ved Kjøligruva. Det er likevel tydelig at overdekkingen forhindrer støtbelastninger på vassdraget når det er mye nedbør i området.



Figur 18. Sinkkonsentrasjoner og vannføring i samlet avrenning fra Killingdalsgruva 2000-2011.

4.3 Forurensningstransport

I tabell 5 er det gjengitt en beregning av forurensningstransporten fra Killingdalsgruva slik den ble presentert i rapporten fra undersøkelsene i 2000-2004 (Iversen, 2005). Det ble beregnet gjennomsnittlig årstransport for tre perioder, for 1986-1987 før tiltak, for 1992-1998 etter det første tiltaket i 1991 og for 2000-2004 etter det siste tiltaket i 2000. Det siste tiltaket førte til en reduksjon av avrenningen av kobber med ca 95 % og ca 85 % for sink dersom en sammenligner med situasjonen i 1986-1987.

Tabell 5. Forurensningstransport fra Killingdalsgruva.

Periode	SO ₄ tonn/år	Ca tonn/år	Al tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd kg/år
1986-1987	390			82,5	6,2	27,5	79,2
1992-1998	77,1	5,8	3,3	11,7	0,7	5,1	15,6
2000-2004	97,6	8,5	3,0	17,9	0,4	4,1	8,6

Årets undersøkelse gir ikke grunnlag for å beregne en årstransport med noen stor presisjon. Beregning av døgntransporten vil likevel gi nyttig informasjon om tilstanden. I tabell 6 er det gjort en beregning av døgntransporten for måleperioden i 2011. For ukeblandprøvene har en lagt analyseresultat og

vannmengde i den aktuelle uka til grunn. For de to stikkprøvene har en benyttet analyseverdi og øyeblikksvannføring til grunn.

Tabell 6. Døgntransport i samlet avrenning fra Killingdalsgruva i 2011.

Dato/periode	Cu	Zn	Cd	Fe	Al	SO₄
	kg/d	kg/d	g/d	kg/d	kg/d	kg/d
21.06.2011	0,32	3,0	6,6	7,6	2,9	96,0
21.06 - 27.06.11	0,66	5,6	12,2	3,1	5,6	178,3
28.06 - 04.07.11	0,38	3,5	7,4	4,5	3,2	107,0
05.07.- 11.07.11	0,80	6,7	14,5	8,0	6,3	222,3
12.07 - 18.07.11	0,58	4,8	10,6	5,0	5,1	172,3
15.09.2011	0,32	2,8	6,0	27,0	2,9	120,2

Dersom en vurderer en mulig årstransport, vil trolig døgntransporten om våren være høyere, mens den vil være mindre om vinteren. Resultatene tyder derfor ikke på at det har skjedd vesentlige endringer i forurensningstransporten fra området sett i forhold til måleperioden 2000-2004.

Stikkprøven i september måned var tatt etter de store nedbørmengdene i august. Den kraftige nedbøren i området ser ikke ut til å ha ført til noen skade på overdekkingen. Intet unormalt kunne heller ikke observeres ved lekkasjene i underkant av den overdekkede tippet.

4.4 Samlet vurdering Killingdal gruve

Tilførslene fra det gamle gruveanlegget til Killingdal gruve på Gaulåsen var tidligere den største forurensningskilden til øvre Gaula hva tungmetalltilførsler angår. Tilførslene av kobber var noe større enn tilførslene fra Kjøligruva mens tilførslene av sink var mye større enn for kobber. Da gruvedriften ble nedlagt i 1986 førte dette til at utslippet av gruvevann opphørte. Tiltaket i 1991 der avfallstippene ble samlet i en stor tipp og overdekket med morene førte til en betydelig reduksjon i metallavrenningen. Dessverre var tiltaket ikke stabilt. Overdekkingen måtte derfor forsterkes i 2000. Tiltaket som ble gjennomført i 2000 stabiliserte situasjonen slik at avrenningen av kobber til Gaula ble redusert med ca 95 % og sink med ca 85 %. Undersøkelser gjennomført i perioden 2000-2004 viste at situasjonen hadde stabilisert seg. Undersøkelsene som er gjennomført sommeren 2011 tyder ikke på noen endringer av betydning. Forurensningssituasjonen synes fortsatt å være stabil.

En følge av tiltaket som ble valgt er at det alltid vil være en lekkasje av surt metallholdig sigevann fra tippet. De lokale forhold gjør det vanskeligere å kontrollere tilstanden enn ved Kjøligruva. Ved å gjennomføre rutinemessige kontroller vil det likevel være mulig å etablere et erfaringsgrunnlag som kan benyttes for kontrollformål. Rent visuelt vil en også kunne observere om endringer skjer i avrenningen i underkant av tippet. Vi anbefaler at den rutinemessige kontroll gjøres så nær kilden som mulig, dvs at en benytter det målepunktet som er etablert for samlet avrenning. Det kunne ikke observeres noen skade ppå overdekkingen som følge av det kraftige regnværet den 15.-16. august 2011, men det er nødvendig å reparere måleprofilen for framtidig kontroll

5. Samlet vurdering

Avrenningen fra gruveområdene ved Kjøli og Killingdal gruver gjorde lenge stor skade på øvre Gaula. Tiltakene som ble foretatt i årene 1989-2000 førte til en betydelig reduksjon i tungmetallbelastningen på Gaula. I årene etterpå er det gjennomført flere kontroller av tiltakene. Denne siste ble gjennomført i løpet av sommeren 2011.

Kjøli gruve var en kobbergruve, noe også analyseresultatene for prøver av avrenningen viser. Kobber er viktigste tungmetall og drensvannet inneholder lite sink. Det er to hovedkilder for tilførslene fra Kjøligruva, gruvevannet og sigevann fra det overdekkede deponiet. Før tiltaket i 1989 var avrenning fra bergveltene den største forurensningskilde i området. Overdekkingsiltaket førte til at tilførslene av kobber til Gaula ble redusert med størrelsesorden 95 %. En følge av tiltaket ble derfor at gruvevannet nå er største kilde. Den tette overdekkingen medfører at en ikke får støtbelastninger på Gaula når det faller nedbør i området. Når vannføringen ved målepunktet for samlet avrenning øker, synker kobberkonsentrasjonene som følge av fortykning med lite forurenset overflatevann. Undersøkelsene som ble gjennomført i løpet av sommersesongen 2011 tyder ikke på at det har skjedd noen endringer i forurensningstransporten fra området. Situasjonen synes stabil og det er også relativt enkelt å føre kontroll med den.

Situasjonen ved gruveområdet til Killingdal gruve ved Gaulåsen er mer komplisert. Her har en nå kun en kilde, den overdekkede tippen der siste tiltak ble gjennomført i 2000. Tiltaket innebærer at det alltid vil være en lekkasje av drensvann i underkant av tippen. Tiltaket førte til en betydelig reduksjon i avrenningen av kobber fra tippen, omkring 95 %. For sink ble reduksjonen omkring 85 %. Undersøkelsene som ble gjennomført sommeren 2011 tyder ikke på noen endringer av betydning sett i forhold til kontrollprogrammet i 2000-2004. Det er mer komplisert å gjennomføre en kontroll ved Killingdalsgruva enn ved Kjøligruva. Den framtidige kontroll vil ha som mål å kontrollere lekkasjen fra tippen. Det kraftige regnværet i august 2011 førte ikke til noen skade eller økt metallavrenning fra området, bortsett fra selve måleprofilen som bør repareres for framtidig kontroll.

Bakgrunnen for årets undersøkelser i gruveområdene var en undersøkelse foretatt av Holtålen kommune der det ble påvist økte kobberkonsentrasjoner i Gaula ved Ålen sentrum. De undersøkelsene som vi har utført tyder ikke på noen endringer i forurensningstilstanden i gruveområdene. Situasjonen synes stabil ved begge områder.

Årets undersøkelse har ikke hatt som målsetting å kontrollere tilstanden i Gaula. Når det gjelder videre oppfølging av tilstanden i gruveområdene er det vår oppfatning at det er mest effektivt å kontrollere tilstanden så nære kildene som mulig. Vi har nå etter hvert innhentet et godt bakgrunnsmateriale for slik kontroll.

6. Litteratur

- Arnesen, R.T, Grande, M., Tjomsland, T., 1979. Vannforurensning fra gruver. Røstvangen og Kjøli. NIVA-rapport, l.nr. 1109, O-77061, 49 s.
- Iversen, E.R., 1986. Arrondering og kalking av bergvelter ved Kjøli gruver. Vurdering av tiltaket etter 5 år. NIVA-rapport, l.nr. 1853, O-81071. 42 s.
- Iversen, E.R., 1988. Killingdal og Kjøli gruver. Forurensningstilførsler til Gaula. NIVA-rapport, l.nr. 2094, O-87044, 36 s.
- Iversen, E.R., 1997. Kjøligruve. Avrenning 1995-1996. NIVA-rapport, l.nr. 3598-97. O-95171, 19 s.
- Mundheim, Ø., Berglund, L., 1971. Vurdering av avløpsvann fra Killingdal gruver, Ålen i Sør-Trøndelag. NIVA-rapport, l.nr. 328, O-70075, 21 s.
- Arnesen, R.T, Grande, M., Tjomsland, T., 1979. Vannforurensning fra gruver - Killingdal. NIVA-rapport, l.nr. 1107, O-77061, 39 s.
- Arnesen, R.T., 1997. Killingdal Gruber – Avrenning fra velte. Resultater fra målingene i årene 1992-1996. NIVA-rapport, l.nr. 3655-97. O-96105 og 95182, 34 s.
- Arnesen, R.T., Iversen, E.R., 1999. Killingdal Gruber. Avrenning fra velte. Resultater fra målinger i 1993-1998. NIVA-rapport, l.nr. 4122-99. O-99096, 37 s.
- Iversen, E.R., 2001. Killingdal gruve – Avrenning fra velte, tilførsler til Gaula. Undersøkelser i 1999. NIVA-rapport, l.nr. 4346-2001, O-99086 og 99096. 31 s.
- Iversen, E.R., 2005. Killingdal gruve, Holtålen kommune. Avrenning fra velte i perioden 2000-2004. NIVA-rapport, l.nr. 4943-2005. O-23351, 25 s.

Vedlegg A. Analyseresultater for prøver tatt i 2011

Tabell 7. Analyseresultater. Måledam for samlet avrenning fra Kjøligruva.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	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	mg/l	l/s
22.06.2011	3,91	26,9	72,5	7,81	3,86	3,02	3,35	0,614	0,039	<0,001	<0,01	0,079	0,010	0,0099	3,91	20,4
20.07.2011	3,47	33,2	109,3	11,9	5,72	4,47	6,27	0,815	0,055	<0,001	<0,01	0,110	0,017	0,015	5,97	15,3
25.08.2011	3,33	39,9	133,5	14,8	6,95	5,37	5,32	1,10	0,074	<0,001	<0,01	0,145	0,021	0,018	7,21	9,31
29.09.2011	3,33	36,5	129,0	13,3	5,82	4,24	3,74	0,966	0,059	<0,001	<0,01	0,118	0,021	0,016	6,45	16,5

Tabell 8. Analyseresultater. Gruvevann fra Kjøligruva. Utløp vannstoll.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	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	mg/l	l/s
22.06.2011	3,26	46,1	150,6	15,5	7,22	5,98	10,4	1,36	0,079	<0,001	<0,01	0,109	0,021	0,019	8,42	6,95
20.07.2011	3,34	43,0	138,6	15,0	6,50	5,34	9,38	1,07	0,069	<0,001	<0,01	0,100	0,018	0,016	7,86	6,95
25.08.2011	3,21	45,7	146,4	14,8	6,59	5,70	9,72	1,31	0,074	<0,001	<0,01	0,100	0,020	0,018	7,40	6,95
29.09.2011	3,16	51,5	166,5	15,8	7,56	6,48	11,8	1,62	0,086	<0,001	0,01	0,121	0,025	0,022	8,31	8,48

Tabell 9. Analyseresultater. Måledam fra samlet avrenning fra Killingdal gruve, Gaulåsen

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni	Co	Si	Vannmengde
		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	m ³
21.06.2011	3,05	96,9	410,2	56,5	19,1	12,3	32,6	1,38	12,9	0,028	0,01	1,85	0,067	0,067	11,1	
21.06 - 27.06.11	3,12	90,2	335,3	48,9	16,1	10,5	5,75	1,24	10,5	0,023	0,02	1,59	0,072	0,056	10,7	3722
28.06 - 04.07.11	3,14	98,0	392,2	59,5	20,7	11,9	16,5	1,38	12,7	0,027	0,02	1,94	0,083	0,067	14,4	1910
05.07.- 11.07.11	3,06	103,3	398,2	57,6	19,8	11,3	14,3	1,43	12,0	0,026	0,02	1,85	0,091	0,065	16,2	3908
12.07 - 18.07.11	3,05	109,7	422,2	57,4	19,9	12,6	12,3	1,42	11,7	0,026	0,01	1,90	0,081	0,064	16,5	2857
15.09.2011	3,04	74,3	278,1	27,4	9,94	6,64	62,5	0,74	6,52	0,014	0,01	0,90	0,038	0,031	7,81	

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