

Oppfølging av forurensnings- situasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune Undersøkelser i 2011-2012



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 Oppfølging av forurensningssituasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune Undersøkelser i 2011-2012	Løpenr. (for bestilling) 6423-2012	Dato 24.9.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-11464	Sider 25
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Nordland	Trykket CopyCat AS 2012

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for mineralforvaltning	Oppdragsreferanse Best.nr. 26/2011 11/00277-4
---	---

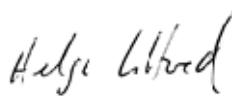
Sammendrag

De siste forurensningsbegrensende tiltakene i Nordgruvefeltet ble avsluttet i november 2004 og fikk sin virkning våren 2005 da det vannfylte gruvesystemet fikk overløp. I tiden etter har pH-verdiene i overløpsvannet sunket noe, mens konsentrasjonene for kobber og aluminium har vist en økende tendens. Da vannmengdene ut av gruva de to siste år var betydelig høyere enn i de foregående 3 år, har dette ført til økt metallbelastning på Langvann. En har ennå ikke kunnet observere noen vesentlige endringer i forurensningstilstanden ved utløpet av Langvann. Siste år ble transporten fra det vannfylte Nordgruvefeltet anslått til ca. 15 tonn kobber og 17 tonn sink, mens transporten ved utløpet av Langvann ble anslått til 22 tonn kobber og 24 tonn sink.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kisgruve	1. Pyrite Mining
2. Vannkvalitet	2. Water Quality
3. Tungmetallavrenning	3. Transport of Pollutants
4. Sulitjelma	4. Sulitjelma, Norway



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



James Dedric Berg
Forskningsdirektør

O-11464

**Oppfølging av forurensnings situasjonen i Sulitjelma
gruvefelt, Fauske kommune**

Undersøkelser i 2011-2012

Forord

Oppryddingsarbeidene etter mer enn 100 års gruvedrift i Sulitjelma har pågått over en lang tidsperiode. Arbeidene i forbindelse med sikring og begrensning av vannforurensning har vært omfattende. Norsk institutt for vannforskning har foretatt undersøkelser i området siden 1973. I denne rapporten er hovedvekten lagt på å gi en vurdering av forurensningssituasjonen etter at gruvedriften opphørte i 1991, og etter at de siste tiltakene ble avsluttet i 2004.

Direktoratet for mineralforvaltning (DIRMIN) har hatt ansvaret for miljøundersøkelsene siden 1998. Senioring. Steinar Nilssen har vært vår kontaktperson hos DIRMIN. Vi takker for samarbeidet og takker også Kjell Sture Hugaas, Fauske, som har bistått under feltundersøkelsene mens gruvedriften pågikk og alle år etter at driften ble nedlagt. En takk også til Per Arne Berg Mathisen, SKS Produksjon AS, for avrenningsdata for Langvann.

Fra NIVA har ingeniør Arne Veidel hatt ansvaret for drift av målestasjonen for vannmengde i Grunnstollen, mens undertegnede har vært prosjektleder.

Oslo, 24.september 2012

Egil Rune Iversen

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Undersøkelsesopplegg	9
2.1 Opplegg ved prøvetakingsstasjonene	9
2.2 Prøvetaking og analyse	9
3. Resultater	10
3.1 Nedbør	10
3.2 Vannkvalitet	11
3.2.1 Stasjon 5 - Utløp Langvann ved Hellarmo	11
3.2.2 Gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløpet av Grunnstollen	12
4. Transportberegninger	14
4.1 Vannmengder	14
4.1.1 Utløp Langvann	14
4.1.2 Utløp Grunnstoll	15
4.2 Forurensningstransport	17
4.2.1 St.5 – Utløp Langvann ved Hellarmo	17
4.2.2 Gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløpet av Grunnstollen	19
5. Samlet vurdering	22
6. Litteratur	24
Vedlegg A. Analyseresultater	25

Sammendrag

Gruvedriften i Sulitjelma ble nedlagt i 1991. I årene etter har det pågått et tidkrevende oppryddingsarbeid. En valgte å gå skrittvis fram og teste virkningene av nye tiltak over tid. De viktigste forurensningsbegrensende tiltakene har bestått i vannfylling av store deler av gruvesystemet i Nordgruvefeltet med samlet overløp på Grunnstoll-nivå. De siste tiltakene i Nordgruvefeltet ble avsluttet i november 2004. Det endelige overløpet kom i drift i april 2005. I tiden etter har det pågått et oppfølgingsprogram for vannkvalitet i utgående vann fra gruva og ved utløpet av Langvann. Siden sommeren 2007 har en også målt kontinuerlig vannmengder ved utløpet av gruva. Dette har gjort det mulig å beregne forurensningstransporten fra den største enkeltkilden til vassdraget.

Undersøkelsene har vist at tilførselene av kobber fra det vannfylte Nordgruvefeltet er største kilde for kobbertransporten ved utløpet av Langvann. Gruvevannet fra det vannfylte Nordgruvefeltet kommer ut på Grunnstoll-nivå og føres til elva Giken. Vannkvaliteten har endret seg noe siden overløpet kom i 2005 ved at kobber- og aluminiumkonsentrasjonene har økt. For de andre metallene har endringene vært mindre. I de to siste årene har vannføringen i Grunnstollen økt betydelig, noe som førte til økt tungmetallbelastning på Langvann. Økt metalltransport fra gruva har ennå ikke ført til en tilsvarende økning ved utløpet av Langvann bortsett fra at kobbertransporten var noe høyere siste år enn i de foregående.

Tidligere undersøkelser har påvist at de andre forurensningskildene er delvis diffuse og fordeler seg på en rekke mindre enkeltkilder på begge sider av Langvann. Den naturlige bakgrunnstransporten av kobber til Langvann er tidligere anslått til inntil 20 % av transporten ved utløpet.

Etter at en fikk etablert vannføringsmålinger i Grunnstollen i 2007, har en beregnet følgende nøkkeltall for de fem siste hydrologiske år:

Stasjon	Vannmengde m ³	SO ₄ tonn	Al tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg
Utløp Grunnstoll 2007/2008	661673	821	10,3	23,9	8,0	9,1	22,4
Utløp Grunnstoll 2008/2009	592358	722	10,4	24,7	7,3	8,3	20,5
Utløp Grunnstoll 2009/2010	520660	605	9,0	19,2	6,4	7,0	17,4
Utløp Grunnstoll 2010/2011	1029043	1182	20,2	39,5	14,5	14,4	44,2
Utløp Grunnstoll 2011/2012	1241294	1420	23,2	43,9	15,3	16,5	61,6
Utløp Hellarmo 2007/2008	1012080598	4455	54,9	107,6	19,8	24,1	61,8
Utløp Hellarmo 2008/2009	908459159	3919	31,8	56,2	14,5	19,0	55,8
Utløp Hellarmo 2009/2010	937654091	3978	38,7	70,5	17,4	21,7	55,4
Utløp Hellarmo 2010/2011	864977500	4099	32,6	54,2	16,6	19,7	52,9
Utløp Hellarmo 2011/2012	960042481	4593	39,1	62,3	21,9	24,1	65,7

Siden vannmengder og forurensningstransport økte betydelig i de to siste år sammenliknet med de foregående, anbefales det å følge situasjonen en tid fremover for å kontrollere om det innstiller seg en stabil tilstand.

Summary

Title : Water Quality and Transport of Pollutants in the Sulitjelma Mining Area in 2011-2012
Year : 2012
Author : Eigil Rune Iversen
Source : Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6158-5

The Sulitjelma mining area is located above the Arctic Circle in the community of Fauske in Nordland County close to the Swedish border. Mining operations took place in the period of 1887-1991. About 26 million tonnes of ore were processed containing 470.000 tonnes of copper, 215.000 tonnes of zinc and 5.320.000 tonnes of sulphur.

The whole mining area drains into Lake Langvann in the Sjønstå River system. The Sjønstå River flows into the Skjerstad Fjord at the Fauske community centre. The mines are located at both sides of Lake Langvann in the Southern and Northern mining area. Except for one mine, all the mines are underground mines worked from 500 metres below the water table of Lake Langvann and up to 600 metres above the lake surface. Waste rock and mines generate substantial acid rock drainage. However, the main problems are connected to the discharge of mine water in the Northern mining area. The heavy metal loading from the area has caused severe negative effects on the water system down to the fjord over a long period.

After mine closure in 1991 a complex remediation programme has been completed. About 20 mill NOK has been invested in securing the mines and in embarking on a water flooding project. In the Southern mining area the most polluting mine, Jakobsbakken, is almost completely flooded. The most time-consuming work has been carried out in the Northern mining area. Most of the mines in this area are now flooded and connected to the outlet of the main adit about 50 metres above the water table of Lake Langvann. By the end of 2012 the transport of copper at the outlet of Lake Langvann has been reduced by about 50 % compared to the situation at mine closure. The final flooding works were finished in November 2004. In April 2005 the first discharge from the flooded mine system took place.

Observations over the 5 last years show that the concentrations of copper and aluminium are increasing in the mine water from the flooded Northern Mining Area. In the latest period 2011-2012 the water flow in the mine has increased as well. This will make it necessary to monitor the water quality for the foreseeable future. Last year copper transport from the flooded mine was estimated to be about 15 tonnes, which contributed to approximately 70 % of the copper transport at the outlet of the recipient Lake Langvann, which was estimated to be 22 tonnes in 2011-2012

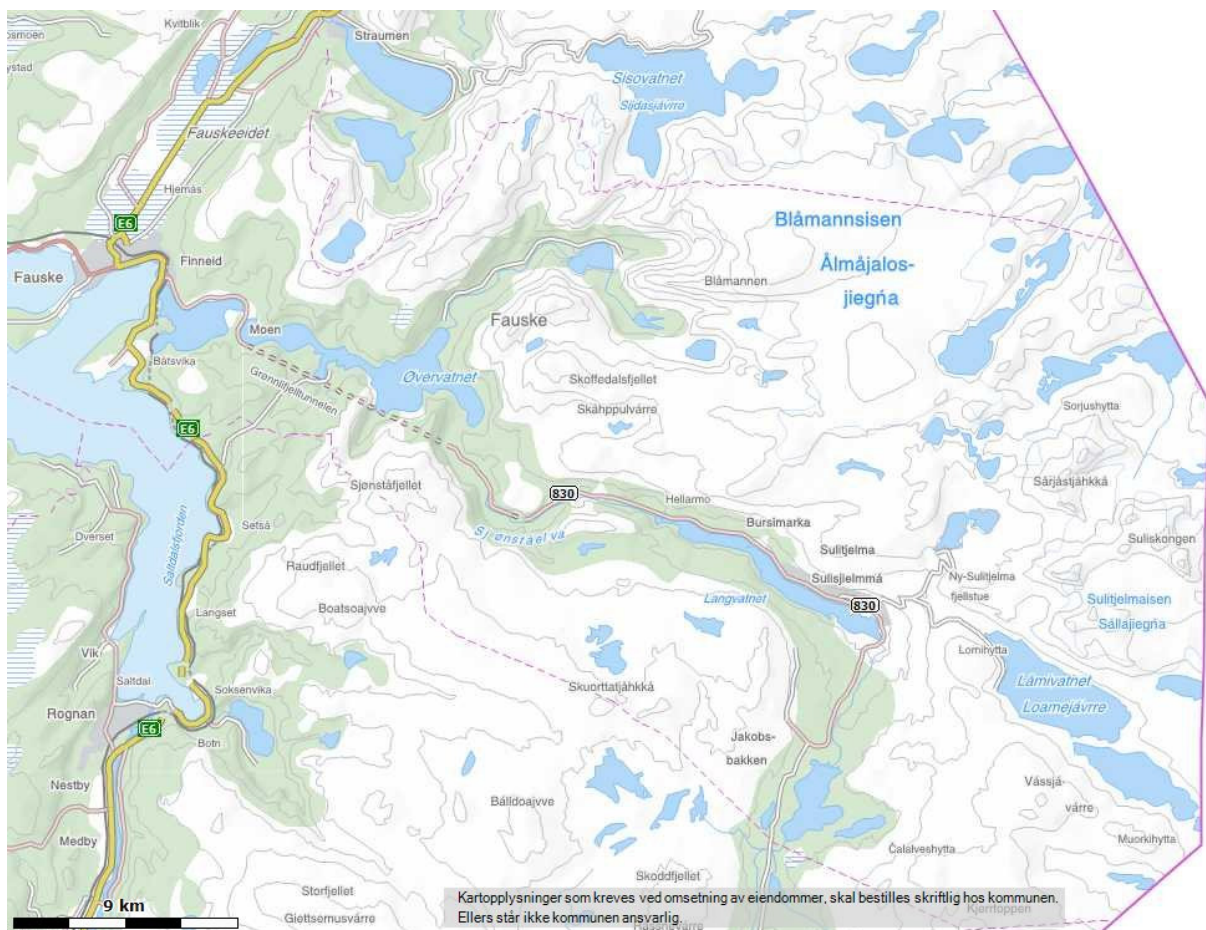
1. Innledning

Gruvedriften i Sulitjelma ble nedlagt i 1991 vel 100 år etter at driften startet. Driften har pågått under flere eiere. Det siste selskapet Sulitjelma Bergverk AS, eid av staten fra 1985, opphørte som selskap i 1998.

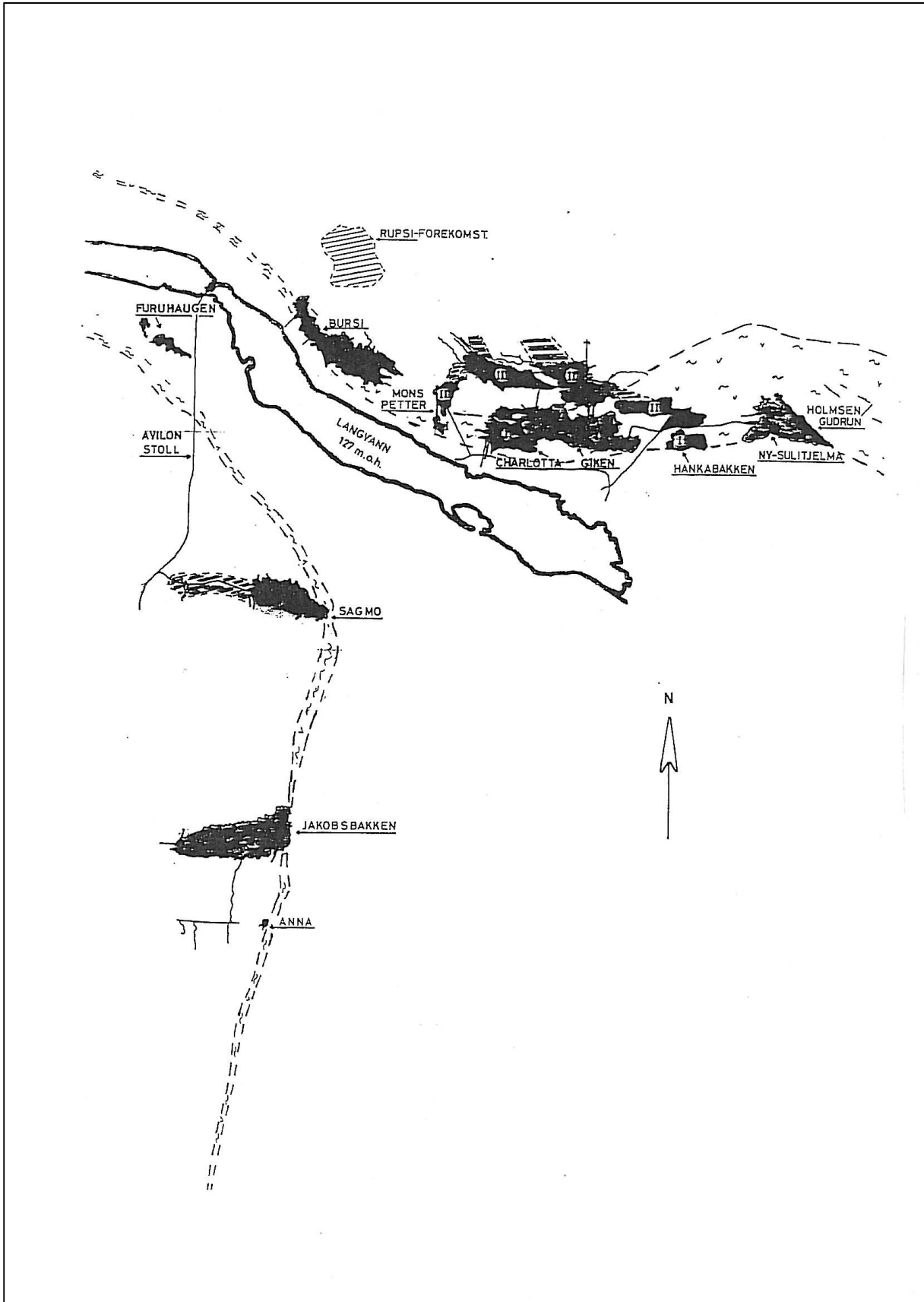
I tiden etter driftsnedleggelsen har Direktoratet for mineralforvaltning fortsatt arbeidene i forbindelse med sikring og tiltak mot vannforurensning, og fulgt opp forurensningssituasjonen i området. Forurensningsproblemene i Sulitjelmafeltet er kompliserte, idet virksomheten har vært spredd over et stort område med mange kilder som har forskjellige egenskaper. En har derfor vært nødt til å gå skrittvis framover og teste virkningene av de enkelte tiltak etter hvert som de ble avsluttet. Arbeidene i forbindelse med vannfylling av gruvene i Nordgruvefeltet ble avsluttet i november 2004. Disse arbeidene var de siste som er planlagt i Sulitjelma. Nordgruvefeltet fikk endelig overløp på Grunnstollnivå den 26.4.2005.

I 2008 ble det gjennomført både biologiske og fysisk/kjemiske undersøkelser i området (Iversen et al, 2009). I 2011 er det gjennomført supplerende biologiske undersøkelser (Kristensen, T. et al, 2012). Undersøkelsesopplegget ble endret i 2010 slik at de heretter vil pågå i perioder på hydrologiske år. Denne rapporten beskriver resultatene for perioden 1.9.2011 – 31.8.2012. Undersøkelsene har omfattet vannkvalitet og forurensningstransport fra den største enkeltkilden til Langvann, gruvevann fra Nordgruvefeltet. I tillegg har en som i tidligere år fulgt opp vannkvalitet og tungmetalltransport ved utløpet av Langvann ved Hellarmo.

Figur 1 er et kartutsnitt som viser vassdragsstrekningen fra Langvann til Fauskevika. Figur 2 viser lokaliseringen av gruveområdene på begge sider av Langvann.



Figur 1. Sulitjelmavassdraget.



Figur 2. Gruveområder i Sulitjelmafeltet.

2. Undersøkelsesopplegg

2.1 Opplegg ved prøvetakingsstasjonene

NIVAs undersøkelser i Sulitjelmafeltet har i årenes løp omfattet kartlegging av vannkvalitet ved en rekke lokaliteter. I denne undersøkelsen har en konsentrert undersøkelsen til å omfatte den største enkeltkilden for tungmetalltilførsler til Langvann, gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløpet av Grunnstollen, og tilstanden ved utløpet av Langvann.

Stasjonene er lokalisert som følgende i tabellen under:

Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2011-2012.

Navn	Posisjon målt med GPS
Gruvevann ved utløpet av Grunnstollen	N 67gr 09,091 min; Ø 16 gr 05,265 min
Stasjon 5. Langvann ved utløp på Hellarmo	N 67gr 10,112 min; Ø 15 gr 53,239 min

Ved begge stasjoner samler en inn data for vannmengder som grunnlag for beregning av forurensningstransport. Sommeren 2007 ble det montert en kontinuerlig loggende vannføringsmåler ved utløpet av Grunnstollen. I oktober 2010 ble vannføringsmålingene utført i et nytt rør som ble støpt inn i grøfta i Grunnstollen samtidig som måleutstyret ble skiftet ut med en nyere og bedre type.

Det viste seg etter hvert at det var vanskelig å gjennomføre målingene, delvis fordi fallet i grøfta i utløpsstollen var for lite og delvis fordi det pågår en partikkeltransport i stollen. Det avsettes mye jernslam i grøftesystemet slik at det fra tid til annen er nødvendig med spyling av grøftene. I mai 2012 ble målepunktet for vannføring flyttet til avløpsrøret utenfor stollen for å forbedre kvaliteten på målingene da det er større fall på røret her. Stasjonen ble også supplert med en sonde for kontinuerlige målinger av pH, konduktivitet og redokspotensial. Måledata er avlesbare på web. Erfaringene fra disse målingene vil bli presentert i neste årsrapport.

Vannføringen ved utløpet av Langvann beregnes av Salten Kraftsamband.

2.2 Prøvetaking og analyse

Ved valg av analyseprogram har en lagt mest vekt på tungmetallanalyser. Det er også tatt med parametre som beskriver generell vannkvalitet. Metallanalysene er utført vha. ICP-teknikk (gruvevann) eller ICPMS-teknikk (Hellarmo). Alle analysene er utført av NIVAlab etter akkrediterte metoder. Prøvene er tatt på prøveflasker utsendt av NIVA av vår lokale observatør, Kjell Sture Hugaas, Fauske som har hatt ansvaret for prøvetakingen siden den tiden da han var ansatt i gruveselskapet.

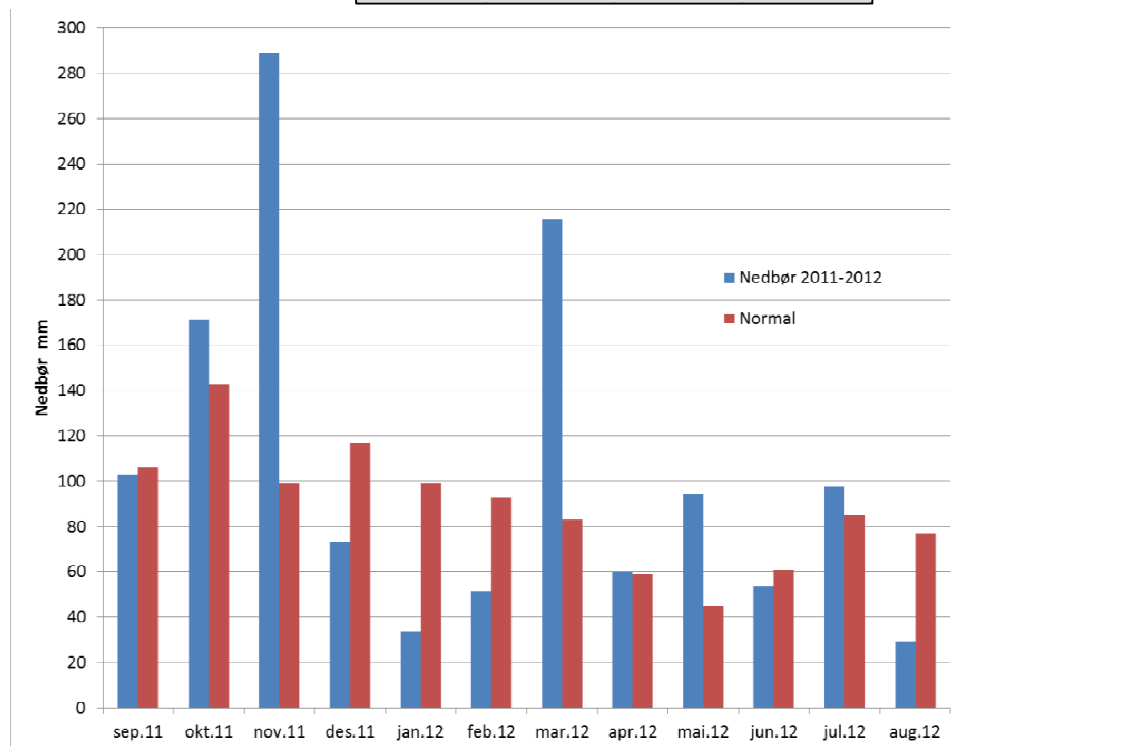
3. Resultater

3.1 Nedbør

Nedbørmengdene kan ha betydning for avrenningen fra gruvene. Når det gjelder Langvann, betyr kjøringen av kraftverkene også mye. DNMI har hatt en nedbørstasjon i Sulitjelma i drift siden 1895. I denne rapporten vil vi ta med månedsnedbør og normaler for året 2011-2012 (tabell 2 **tabell 2**). Figur 3 viser en grafisk fremstilling av observasjonene

Tabell 2. Månedsnedbør og normaler for stasjonen DNMI 81900 Sulitjelma i 2011-2012.

	Nedbør	Normal	Nedbør
	mm	mm	%
sep.11	102,7	106	96,9
okt.11	171,3	143	119,8
nov.11	288,9	99	291,8
des.11	73,1	117	62,5
jan.12	33,6	99	33,9
feb.12	51,3	93	55,2
mar.12	215,7	83	259,9
apr.12	60,1	59	101,9
mai.12	94,3	45	209,6
jun.12	53,5	61	87,7
jul.12	97,5	85	114,7
aug.12	29,5	77	38,3
Året	1271,5	1067	119,2



Figur 3. Nedbørhøyder og normaler for 2011-2012 ved stasjonen DNMI 81900 Sulitjelma.

I året 2011-2012 falt det 119 % nedbør i forhold til et normalår. Mest nedbør falt det i månedene november 2011, mars 2012 og mai 2012. I disse månedene falt det mer enn 200 % i forhold til normalene. I månedene januar 2012 og august 2012 falt det lite nedbør.

3.2 Vannkvalitet

3.2.1 Stasjon 5 - Utløp Langvann ved Hellarmo

I tabell 3 **Error! Unknown switch argument.** er det beregnet tidsveiede årlige middelverdier for de viktigste analyseparametere for alle år etter 1993 da gruvedriften ble nedlagt. Figur 4 viser observasjonsmaterialet for kobber for perioden 1988-2012. Resultatene for siste måleperiode er samlet i tabell 9 **Error! Unknown switch argument.** vedlegg A bak i rapporten.

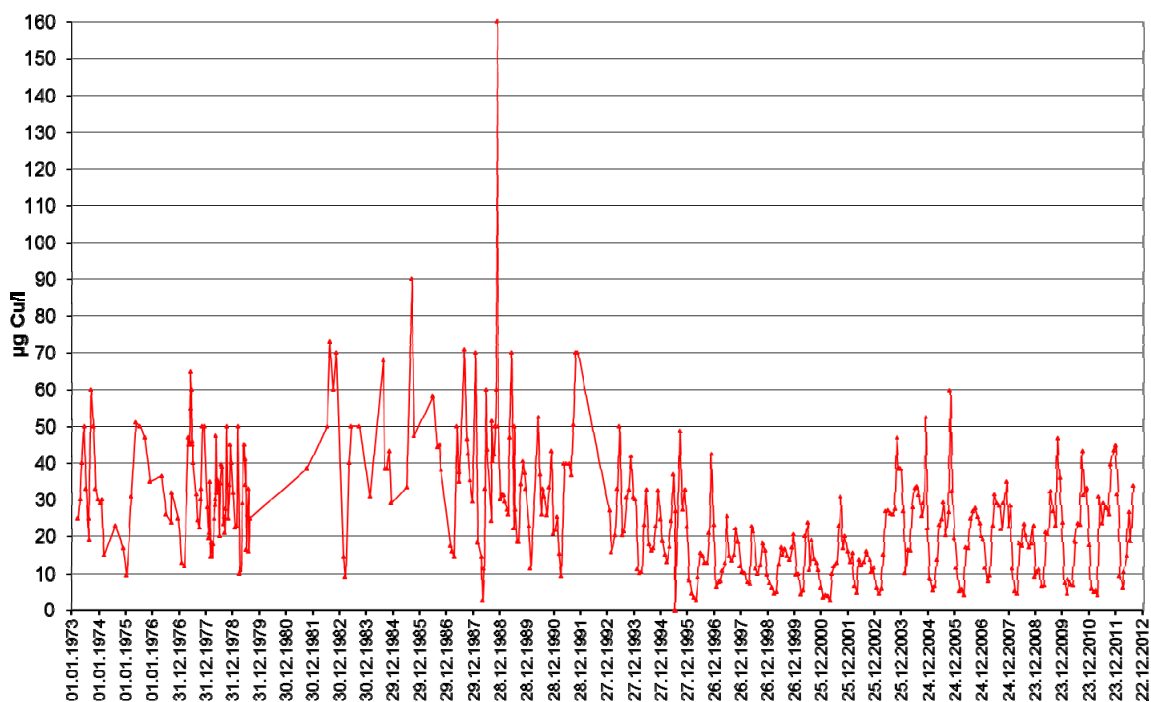
Vanligvis synker metallkonsentrasjonene i løpet av vinteren og øker igjen om våren og i løpet av sommeren og høsten. I året 2011-2012 ble høyeste kobberkonsentrasjon målt til 44,9 µg/l den 15. desember 2011. Konsentrasjonene er delvis avhengig av nedbør og klima og produksjonen ved kraftverkene, dvs. vanngjennomstrømningen gjennom Langvann. Om vinteren er tilførslene av surt, metallholdig gruvevann mindre fordi tilsiget til gruva avtar når det er frost. Likeledes er det mindre metallavrenning fra gruveavfall som er deponert i dagen om vinteren.

Tabell 3. Tidsveiede årsmiddelverdier for St.5 Langvann ved Hellarmo. Hydrologiske år 1993-2012.

År	pH	Kond	Turb	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Cr
		mS/m	FNU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1993-1994	6,98	3,60	0,51	3,78	3,46	0,54	40,0	58,7	24,0	19,8	0,092	0,047	6,54	0,53	0,45	0,5
1994-1995	7,06	3,75	1,18	4,71	4,16	0,62	60,8	116,1	23,0	20,6	0,233	0,056	6,34	0,74	0,49	<0,5
1995-1996	7,04	3,39	0,61	4,19	3,86	0,54	42,8	82,0	16,8	15,2	0,097	0,052	4,82	1,07	0,38	<0,5
1996-1997	6,95	3,77	0,50	4,62	4,19	0,64		110,2	16,6	29,8	0,827	0,066	11,15	0,81	0,52	<0,5
1997-1998	6,95	3,54	0,51	4,53	3,90	0,60		101,3	14,1	23,6	0,072	0,056	10,16	0,57	0,48	<0,5
1998-1999	6,97	3,53	0,31	4,50	3,76	0,55		80,4	11,8	22,2	0,496	0,057	7,24	0,61	0,42	<0,5
1999-2000	6,98	3,62	0,54	4,70	4,08	0,58		117,5	14,2	20,8	1,522	0,061	8,27	0,69	0,43	<0,5
2000-2001	7,07	3,43	0,57	4,25	3,88	0,55		79,0	9,7	16,7	0,190	0,047	6,35	0,59	0,32	<0,5
2001-2002	7,06	3,90	0,54	5,30	5,23	0,66		109,0	14,9	21,9	0,381	0,055	9,17	0,84	0,45	<0,5
2002-2003	7,01	3,93	0,76	4,54	4,59	0,61		72,5	15,7	19,2	0,092	0,057	6,49	0,65	0,36	<0,5
2003-2004	6,93	4,01	1,04	5,20	4,82	0,69		107,8	29,0	35,6	0,130	0,099	7,71	0,89	0,59	<0,5
2004-2005	6,94	4,02	0,96	5,28	5,13	0,68		115,1	21,8	34,8	0,579	0,099	10,10	0,79	0,58	<0,5
2005-2006	7,14	4,11	0,55	5,26	5,23	0,68		81,7	20,1	34,4	0,110	0,159	8,80	0,76	0,54	<0,5
2006-2007	7,17	4,10	0,48	5,12	5,01	0,68	34,1	68,4	21,4	32,4	0,164	0,089	7,50	0,71	0,54	<0,5
2007-2008	7,08	3,85	1,27	4,42	4,76	0,62	50,0	98,3	19,9	24,3	0,116	0,093	6,90	0,51	0,45	<0,5
2008-2009	7,04	3,96	1,08	4,36	4,74	0,61	37,1	67,4	17,0	20,7	0,164	0,063	6,20	0,71	0,38	<0,5
2009-2010	7,12	4,03	0,80	4,34	4,58	0,61	41,5	74,1	19,1	23,5	0,131	0,060	7,04	0,70	0,44	<0,5
2010-2011	7,14	3,97	0,97	4,79	4,94	0,66	81,8	146,4	21,4	25,0	0,163	0,068	8,42	0,72	0,51	0,29
2011-2012	6,92	4,13	0,78	4,95	5,27	0,71	42,2	67,0	25,5	27,8	0,149	0,077	7,22	0,65	0,55	0,08

Figuren og tabellen viser at etter hvert som tiltakene ble igangsatt, sank kobberkonsentrasjonene gradvis fram til 1997. I perioden 1997-2002 var situasjonen forholdsvis stabil. Fra og med høsten 2003 økte konsentrasjonene en del for igjen å vise en avtakende tendens igjen i 2006. Resultatene for de 8 siste årene tyder på en stabil forurensningssituasjon. De variasjonene en har i metallkonsentrasjonene i løpet av året har sammenheng med hvor mye vann som tilføres innsjøen via kraftverkene samt av klima og nedbør. De noe høyere jern- og aluminiumkonsentrasjonene for 2010-2011 hadde trolig sammenheng med nedtapping av Langvann i juli måned 2011. Dette medførte utvasking av partikler

fra sedimentene i den tørrlagte strandsonen. Middelverdien for kobber var den nest høyeste etter at gruvedriften ble nedlagt.



Figur 4. Kobberkonsentrasjoner ved utløpet av Langvann ved Hellarmo 1988-2012.

3.2.2 Gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløpet av Grunnstollen

Tiltakene i Nordgruvefeltet ble avsluttet i november 2004 og vannfyllingen av gruvesystemet ble startet umiddelbart. Det ble overløp fra Kjell Lund sjakt den 26.4.2005 kl. 12:00. Fra og med den 27.4 ble det startet et månedlig prøvetakingsprogram der det ble tatt prøver av overløpsvannet fra Kjell Lund sjakt og lenger ut i Grunnstollen ved utløpet. Fra og med 2009 er det bare tatt prøver ved utløpet av Grunnstollen da erfaringene viste at det var forholdsvis beskjedne forskjeller i vannkvalitet mellom overløpet av Kjell Lund sjakt og ved utløpet av Grunnstollen. Resultatene for prøvetakingene i 2011-2012 er samlet i tabell 10 i vedlegg A. I tabell 4 er det beregnet tidsveiede årlige middelverdier for de enkelte analyseparametere for Grunnstollen.

Tabell 4. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 2005-2012. Utløp Grunnstoll.

Hyd.år	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
2005-2006	3,74	200,2	1276	332	50,1	10,2	45,1	8,70	16,83	0,025	0,036	4,17	0,112	0,26	12,5
2006-2007	3,19	205,2	1273	301	47,8	14,8	35,9	11,62	15,16	0,029	0,034	3,57	0,095	0,25	13,3
2007-2008	3,22	196,1	1231	287	45,0	15,3	35,7	11,74	13,69	0,033	0,033	3,25	0,085	0,23	13,0
2008-2009	3,19	199,2	1211	280	48,6	17,4	40,4	12,17	14,02	0,037	0,034	3,37	0,093	0,25	13,7
2009-2010	3,10	195,1	1140	257	46,4	17,4	35,5	12,37	13,44	0,040	0,033	3,16	0,087	0,25	13,3
2010-2011	3,12	197,0	1148	253	48,0	19,7	38,4	14,09	14,04	0,043	0,036	3,14	0,093	0,26	13,8
2011-2012	3,17	183,3	1144	257	47,2	18,7	35,4	12,30	13,27	0,050	0,032	3,13	0,091	0,25	13,9

Beregningene tyder på at samlet gruvevann har blitt gradvis noe surere etter 2005. Den tilsynelatende økte surhet har ført til økte kobberkonsentrasjoner og aluminiumkonsentrasjoner, mens det ikke kan påvises endringer av betydning mht. de andre metallene eller sulfatkonsentrasjonene. Forholdene kan ha sammenheng med at på Grunnstollnivå har en å gjøre med gruvevann fra flere kilder som kan ha ulike avrenningsmønstre avhengig av nedbør og klima. En eller flere av kildene kan ha fått økt betydning. Det vil gå noen tid før en får tilstrekkelig erfaring mht. om en har en stabil tilstand eller ikke.

Det er imidlertid vanskelig å vurdere utviklingene i konsentrasjonene mer detaljert uten også å sammenligne med vannføringsobservasjoner slik at en også kan beregne utslippsmengder. Vannføringsmålingene kom først i gang i 2. halvår i 2007. Det har vært noen driftsproblemer med vannføringsmålingene slik at en trenger noe mer tid for å få erfaring for hvor mye vedlikehold måleopplegget trenger. Erfaringene fra de to siste år er at vannføringen i Grunnstollen har økt, og særlig etter fra omkring årsskiftet 2010/2011. Dette har også de som har sitt arbeid i museumsgruva bemerket.

4. Transportberegninger

4.1 Vannmengder

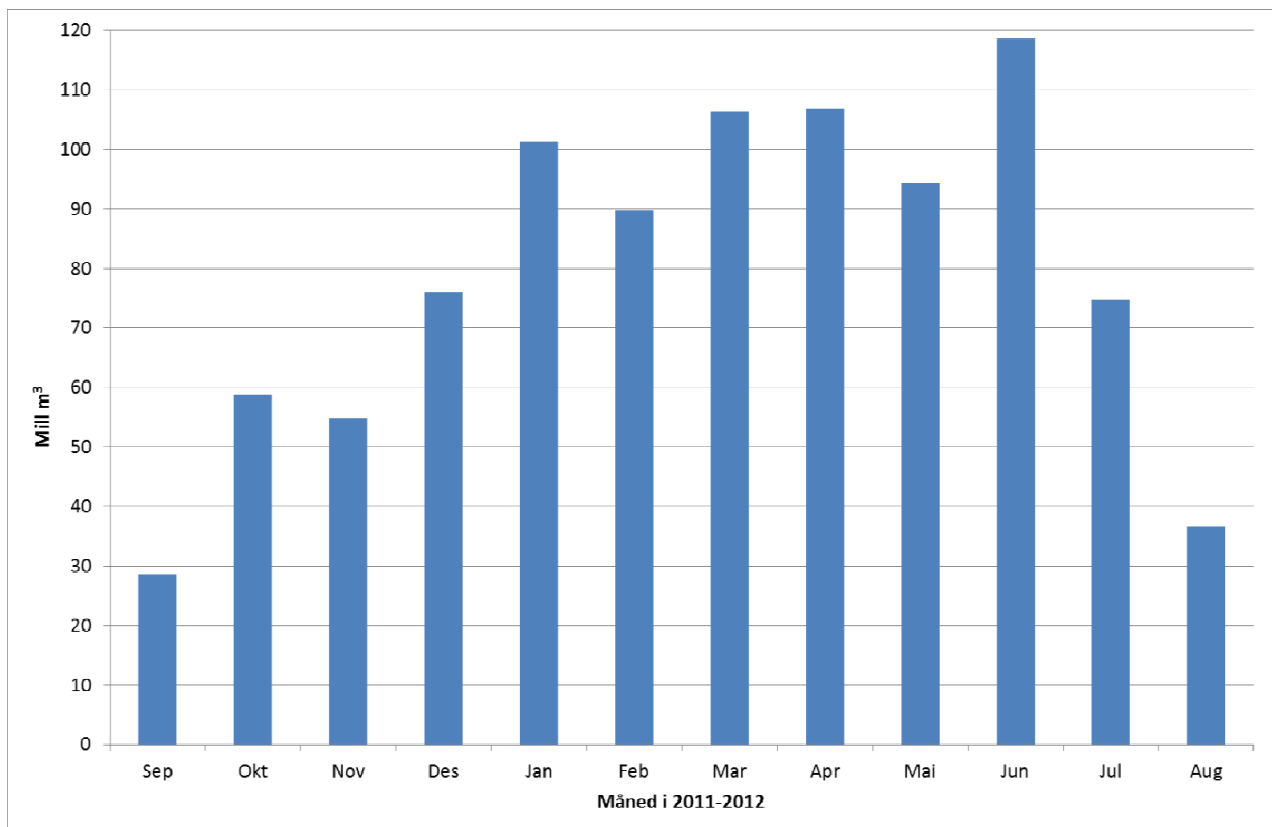
4.1.1 Utløp Langvann

Vanligvis overføres hele avrenningen fra Langvann til Sjønstå Kraftverk. Når det er overløp på inntaksdammen, blir dette registrert. Samlet avrenning i det hydrologiske året 2011 -2012 var nær normalt, 960 mill. m³.

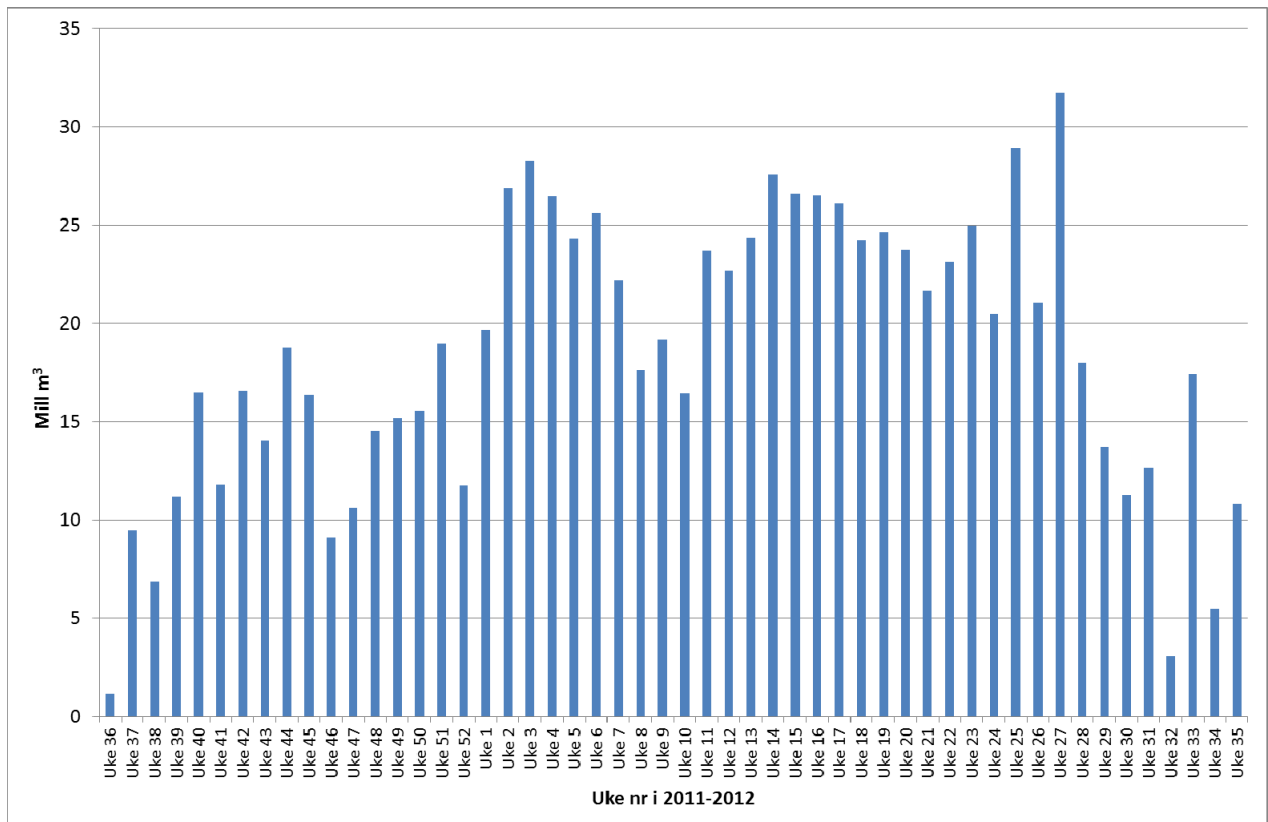
I tabell 5 er det gjort en sammenstilling av beregnede verdier for årsavrenning i perioden 1996 - 2012. Figur 5 viser hvordan vannføringen fordelt seg på de enkelte måneder i 2011 – 2012 mens figur 6 viser fordelingen på de enkelte uker.

Tabell 5. Beregnet årsavrenning ved utløpet av Langvann 1996-2012.

Hyd.år	Mill.m ³	Hyd.år	Mill.m ³
1996-1997	1012,0	2004-2005	997,1
1997-1998	1118,0	2005-2006	939,1
1998-1999	811,3	2006-2007	897,2
1999-2000	1143,0	2007-2008	1008,2
2000-2001	971,7	2008-2009	934,9
2001-2002	899,1	2009-2010	947,7
2002-2003	948,0	2010-2011	865,0
2003-2004	873,6	2011-2012	960,0



Figur 5. Vannmengder ved utløpet av Langvann fordelt på måneder i 2011-2012.



Figur 6. Vannmengder hver uke ved utløpet av Langvann i 2011-2012 (SKS Produksjon AS).

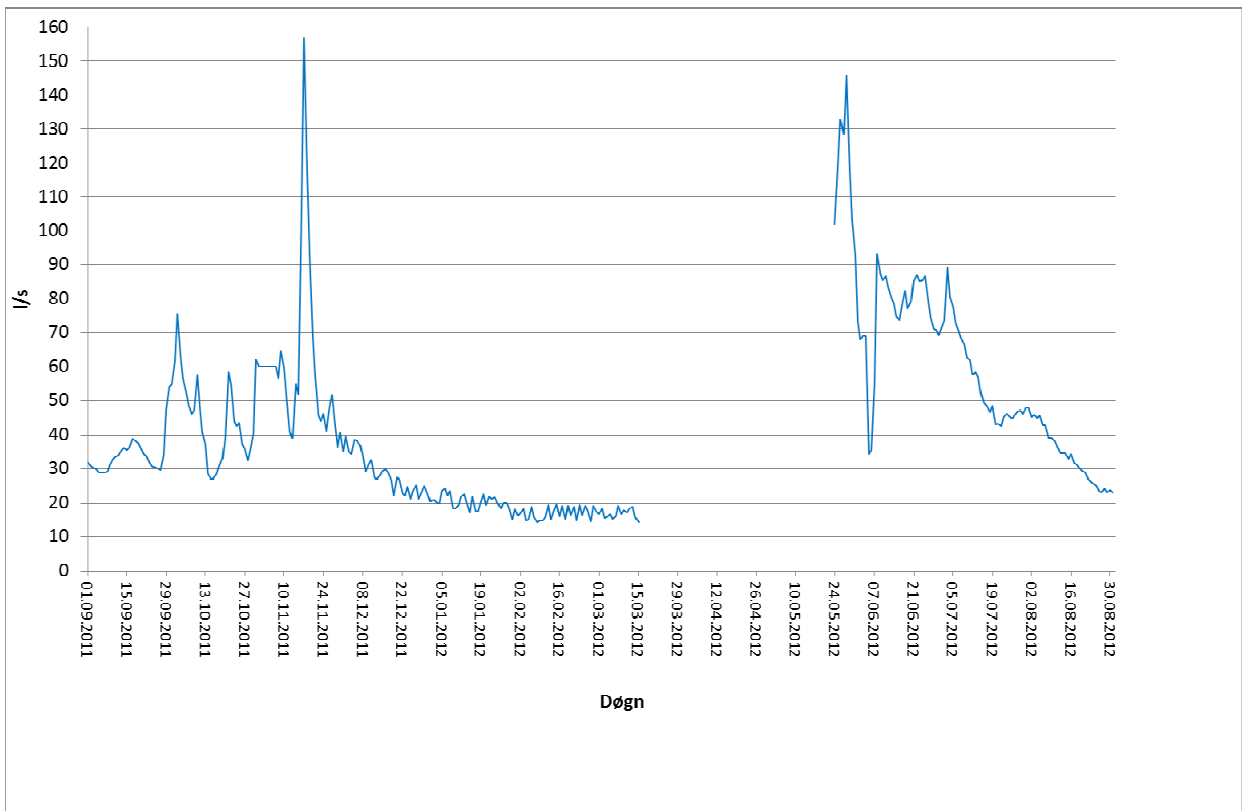
4.1.2 Utløp Grunnstoll

Vannføringsmålingene i Grunnstollen kom i drift den 13.6.2007. Tabell 6 viser beregnet årsavrenning for alle år, mens figur 7 viser døgnmiddelvannføringene for året 2011 - 2012. Høyeste øyeblikksvannføring ble målt til 171,6 l/s den 17.november 2011 kl. 01:15. Sannsynligvis var vannføringen enda høyere da det var overløp på røret der målingene ble foretatt. Da det var nødvendig å fjerne måleprofilen før vårfloppen 2012, er det en periode der en ikke har data. Fra 15.3 til 15.5 var vannføringen liten og stabil. I denne perioden har en benyttet en middelvannføring på 20 l/s som grunnlag for beregning av avrenning. Fra 15.5 og fram til en fikk stabil drift på målingene, har en benyttet en døgnmiddelvannføring på 100 l/s. I siste måleperiode var det stor vannføring høsten 2011 og fra midten av mai 2012. Vintervannføringen var også en del høyere enn det en har observert tidligere.

Tabell 6. Årsavrenning fra Grunnstollen.

Hyd.år	m ³
2007-2008	661720
2008-2009	592358
2009-2010	540000
2010-2011	1029043 *
2011-2012	1241294

*Gjelder 18.10.10-17.10.11



Figur 7. Døgnmiddelvanntføringer i Grunnstollen i 2011-2012.

4.2 Forurensningstransport

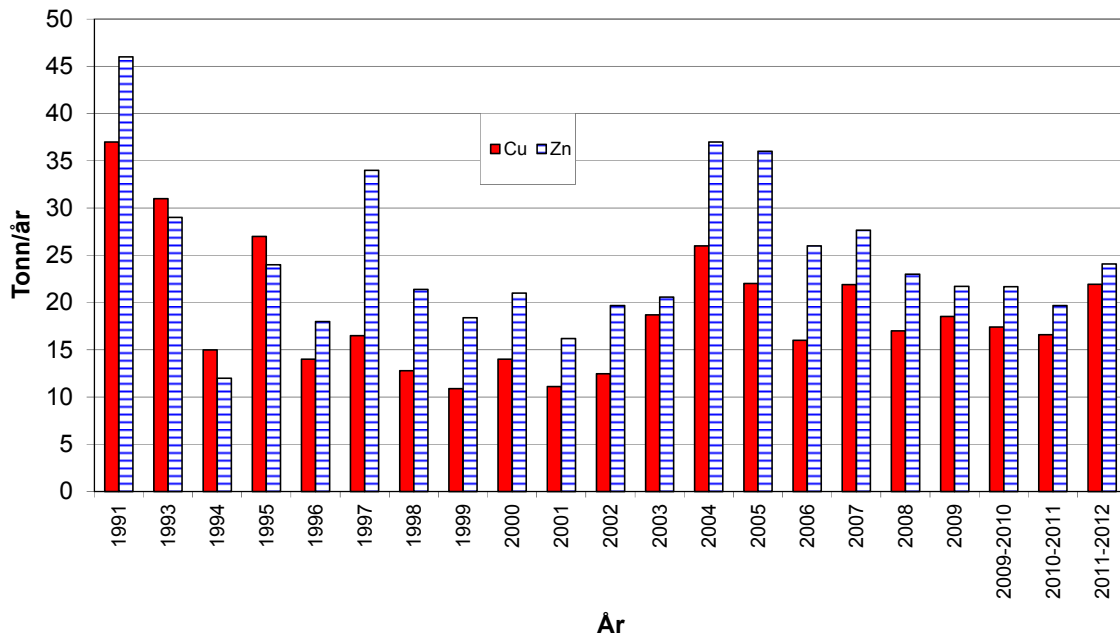
4.2.1 St.5 – Utløp Langvann ved Hellarmo

Ved hjelp av tidsveiede middelerverdier for de viktigste komponenter og samlet årlig avrenning fra Langvann (sum av vannmengde gjennom Sjonstå kraftverk og overløp på inntaksdam) kan en beregne et forholdsvis pålitelig tall for den årlige forurensningstransporten ved utløpet av Langvann. I tabell 7 har en på denne måten beregnet materialtransporten ved utløpet av Langvann for årene 1986-2012. Kobber- og sinktransporten for årene 1991 - 2012 er vist grafisk i figur 8.

Beregningene viser at kobber- og sinktransporten økte en del i perioden 2003-2005. Økt kobbertransport i 2003 hadde sannsynligvis sin årsak i tilførsler av overløpsvann fra Mons Petter gruve. Den høye transporten i 2004 skyldes nedtapping av Ny-Sulitjelma gruve senhøstes 2004. I 2006 sank transporten en del igjen, men var fortsatt noe høyere enn i årene før det siste tiltaket ble gjennomført. I 2007 økte kobbertransporten en del til nivået en hadde i 2005. I årene etterpå har transporten variert forholdsvis lite selv om vannmengdene har vært svært forskjellige. Kobbertransporten økte noe i 2011-2012 og var på samme nivå som i 2007.

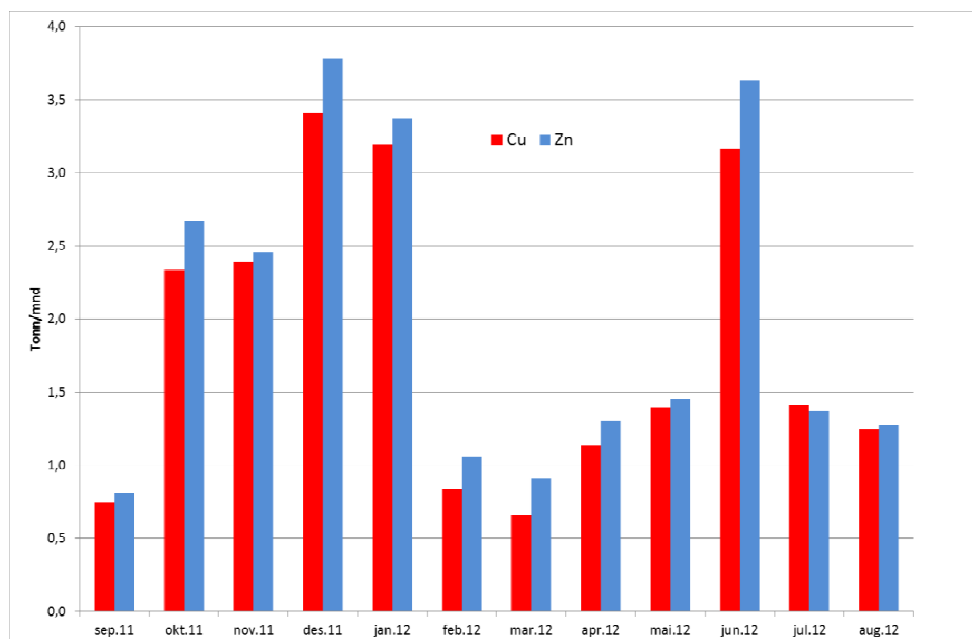
Tabell 7. Forurensningstransport ved utløpet av Langvann ved Hellarmo 1986-2012.

År	Jern tonn/år	Kobber tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år	Aluminium tonn/år	Sulfat tonn/år	Vannmengde mill. m ³ /år
1986	243	43	50	282			854
1987	160	28	41	137			780
1988	95	35	44	121		6288	827
1989	313	45	68	172		8852	1304
1990	175	34	45	97		6205	1116
1991	120	37	46	122		6078	926
1993	83	31	29	58		5150	1086
1994	46	15	12	47		3132	721
1995	120	27	24	76		4687	1000
1996	88	14	18	45		4172	1002
1997	127	17	34	71		5433	1176
1998	91	13	21	49		4268	970
1999	81	11	18	60		4113	857
2000	126	14	21	58		5112	1164
2001	97	11	16	45		4306	897
2002	93	12	20	51		5102	1020
2003	58	19	21	60		3607	771
2004	113	26	37	106		5400	964
2005	105	22	36	95		5476	1016
2006	66	16	26	128		4548	900
2007	71	22	28	80	36	4644	974
2008	104	17	23	59	53	4551	1056
2009	61	19	22	61	38	3878	834
2009-2010	70	17	22	55	39	3978	938
2010-2011	54	17	20	53	33	4099	865
2011-2012	62	22	24	66	39	4593	960

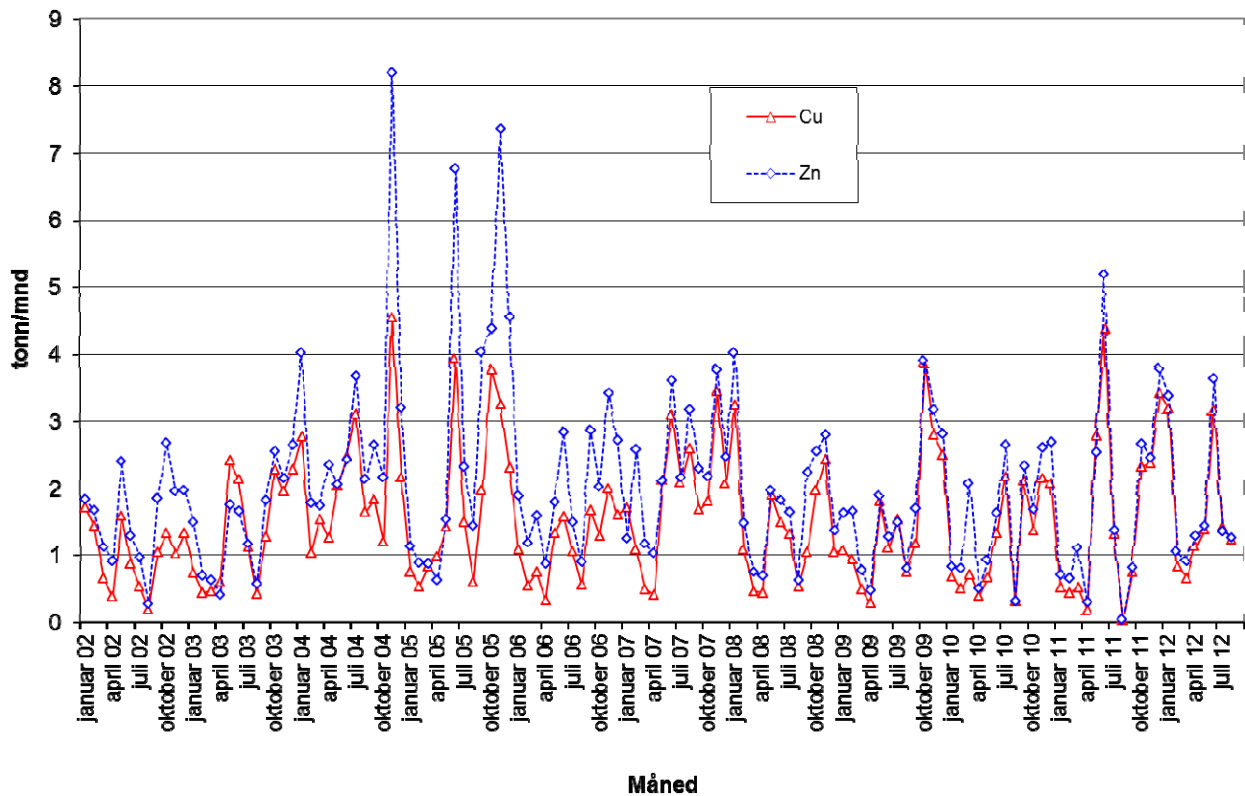


Figur 8. Årstransport for kobber og sink ved utløpet av Langvann ved Hellarmo 1991-2012.

Dersom en beregner vannmengden gjennom kraftverket på månedsbasis og multipliserer med analyseresultatene for den månedlige stikkprøven tatt den 15. i hver måned, kan en få et anslag for hvordan transporten fordeler seg i løpet av året. Figur 9 viser månedstransporten for kobber og sink i året 2011-2012. Resultatene viser at transporten var høyest om høsten og sommeren. Det knytter seg en del usikkerhet til beregningen av månedstransport idet beregningsgrunnlaget kun baserer seg på en observasjon i hver måned. Figur 10 viser alle månedstransporter for kobber og sink etter 2002.



Figur 9. Månedstransport av kobber og sink ved utløpet av Langvann ved Hellarmo i 2011-2012.



Figur 10. Alle transportobservasjoner ved utløpet av Langvann ved Hellarmo 2002-2012.

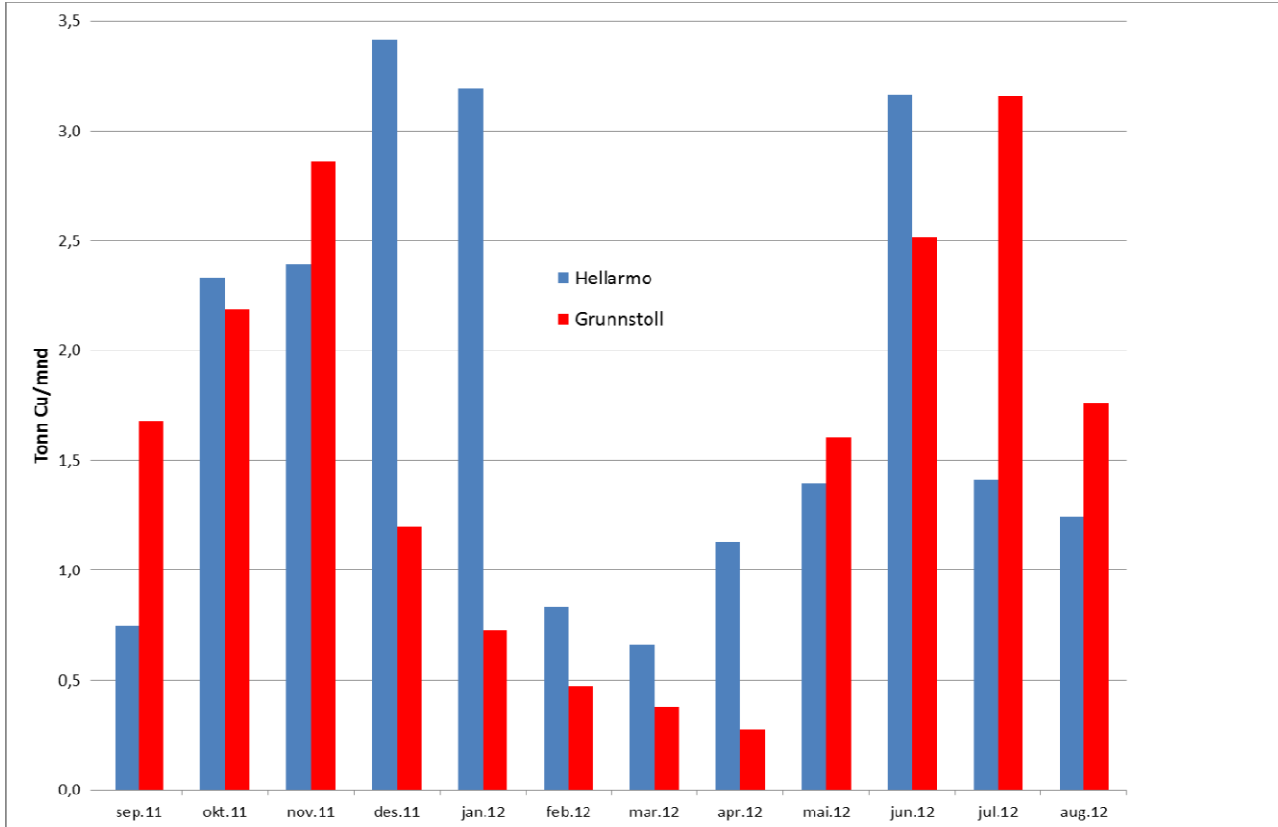
4.2.2 Gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløpet av Grunnstollen

Vannføringsmålingene i Grunnstollen startet sommeren 2007. I tiden 15.3 -24.5 er vannføringsmålingene ufullstendige. Da det foreligger enkeltobservasjoner ved alle prøvetakingstidspunktene, har vi imidlertid vist grafisk beregnet øyeblikkstransport for kobber og sink i figur 11. Metalltransporten ut av Grunnstollen viser samme variasjonsmønster som vannføringen i Grunnstollen. Transporten var høyest under vårflommen og om sommeren.

Siden tilførsle fra Grunnstollen betyr mye for vannkvaliteten og metalltransport ut av Langvann, kan det være interessant å sammenligne den beregnede månedstransporten ved de to målepunktene. Figur 12 viser beregnet månedstransport for kobber i 2011 - 2012. For Grunnstollen har en anslått månedstransporten vha. analysedata for den månedlige stikkprøven og vannmengden. Det er vanskelig å tolke en slik sammenligning idet vannet fra Grunnstollen har en viss oppholdstid på veien til utløpet av Langvann. I tillegg vet en at mye kobber også felles ut sammen med jern og aluminium i Langvann. Resultatene for 2011-2012 viser likevel at tilførsle fra Grunnstollen betyr mye for vannkvaliteten i Langvann. Som nevnt er det vanskelig å gjøre slike sammenligninger fordi en også må ta oppholdstiden i Langvann i betraktning. Vann fra Grunnstollen kan f.eks. lagre seg inn i de dypere lag av Langvann og vil evt. først komme ut igjen under sirkulasjonsperiodene. Når en likevel skal gjøre en sammenligning, er det trolig riktigst å betrakte avrenningen over perioder på hydrologiske år (vannår). I dette tilfelle bruker vi perioden fra 1.september – 31.august.



Figur 11. Momentan transport av kobber og sink i Grunnstollen i 2011-2012.



Figur 12. Månedstransport av kobber i Grunnstollen og ved utløpet av Langvann i 2011-2012.

I tabell 8 er det gjort en beregning av årstransporten ved utløpet av Langvann og ved utløpet av Grunnstollen for de fem periodene en har data for.

Tabell 8. Årstransport i Grunnstollen og ved utløpet av Langvann.

Stasjon	Vannmengde m³	SO₄ tonn	Al tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg
Utløp Grunnstoll 2007/2008	661673	821	10,3	23,9	8,0	9,1	22,4
Utløp Grunnstoll 2008/2009	592358	722	10,4	24,7	7,3	8,3	20,5
Utløp Grunnstoll 2009/2010	520660	605	9,0	19,2	6,4	7,0	17,4
Utløp Grunnstoll 2010/2011	1029043	1182	20,2	39,5	14,5	14,4	44,2
Utløp Grunnstoll 2011/2012	1241294	1420	23,2	43,9	15,3	16,5	61,6
Utløp Hellarmo 2007/2008	1012080598	4455	54,9	107,6	19,8	24,1	61,8
Utløp Hellarmo 2008/2009	908459159	3919	31,8	56,2	14,5	19,0	55,8
Utløp Hellarmo 2009/2010	937654091	3978	38,7	70,5	17,4	21,7	55,4
Utløp Hellarmo 2010/2011	864977500	4099	32,6	54,2	16,6	19,7	52,9
Utløp Hellarmo 2011/2012	960042481	4593	39,1	62,3	21,9	24,1	65,7

Beregningene for de to siste år viser at gruvevannet fra Nordgruvefeltet i denne perioden er en stor og økende forurensningskilde i området. Resultatene avviker en del fra de tre første årene. Det har også vært en reell økning i vannmengdene ut av Grunnstollen siste år. Dette har de som ferdes i gruva også observert. Dette var spesielt merkbart i siste halvår. I tillegg har en også påvist at kobber- og aluminiumkonsentrasjonene er økende. Dette tyder på at det har skjedd en endring i betydningen av de enkelte kildene i Nordgruvefeltet. En økt vanntilførsel kan ha forårsaket en økt tilførsel av metaller i områdene der vannet kommer inn. Økt sulfattransport fra Grunnstollen indikerer økt forvitring i gruva.

5. Samlet vurdering

En har nå vel 7 års erfaringer fra observasjoner av forurensningstilstanden i Sulitjelmafeltet siden de siste tiltakene ble avsluttet. De siste tiltakene omfattet vannfylling av Nordgruvefeltet. Det første overløpsvannet fra det vannfylte gruvesystemet kom våren 2005.

Når det gjelder situasjonen i Langvann, er metallnivåene avhengig hvordan tilførslene fra det vannfylte Nordgruvefeltet varierer og hvor stor fortynningen er i Langvann til enhver tid. I året 2011-2012 var vannmengdene som passerte gjennom Langvann nær det normale. Metallkonsentrasjonene er vanligvis lavest på ettervinteren og øker i løpet av sommeren og høsten. I 2011-2012 ble den høyeste kobberkonsentrasjonen påvist i desember måned 2011 (45 µg/l). Normalt kan en forvente fiskedød ved en slik konsentrasjon. Når fisk likevel overlever, har dette sammenheng med metallenes tilstandsform. I Langvann foreligger trolig deler av kobberinnholdet som bundet til partikler. Det vil være mulig å studere dette nærmere ved å foreta analyse av metallinnholdet etter membranfiltrering. Slike undersøkelser ble utført sommeren 2011 og er rapportert i en annen NIVA-rapport (T. Kristensen et al, 2012). I dette rutinemessige programmet bestemmes imidlertid metallinnholdet bare som totalt metallinnhold. Undersøkelsene i 2008 viste at det var fisk i innsjøen og at den var i god kondisjon (Iversen et al, 2009). Den ernærte seg imidlertid stort sett bare av den næring den fikk gjennom overflaten. I bunnsedimentet i Langvann er de biologiske forholdene svært fattige som følge av utslipp fra gruvevirksomheten.

Tungmetallkonsentrasjonene har avtatt noe etter at gruvedriften opphørte i 1991, men har økt litt etter at effektene av det siste vannfyllingstiltaket fikk sin virkning våren 2005. Årsaken til dette har sammenheng med at den vannfylte gruva fikk en økt metallbelastning. Situasjonen ved utløpet av Langvann ser forholdsvis stabil ut, men kobbertransporten og konsentrasjonen økte noe siste år.

Vannkvaliteten ved overløpet av det vannfylte gruvesystemet i Nordgruvefeltet har vært fulgt opp siden det første overløpet kom i 1997. I 2007 ble det også montert utstyr for kontinuerlig vannmengdemåling i Grunnstollen. Tidligere ble det tatt stikkprøver både av selve overløpet fra Kjell Lund sjakt og ved utløpet av Grunnstollen. Da det var liten forskjell i vannkvaliteten mht. totalt metallinnhold ble det bare tatt prøver i Grunnstollen fra 1.1.2009. Der gruvevannet kommer opp fra Kjell Lund sjakt, foreligger sannsynligvis jerninnholdet i større grad som toverdige. På veien ut over i stollen fram til målepunktet oksiderer mye av det toverdige jernet, noe som fører til utfelling av treverdige jernslam i grøftene.

Det var i flere år svært lave kobberkonsentrasjoner ved overløpet fra Kjell Lund sjakt. Etter at avløpet fra Mons Petter gruve ble koblet til høsten 2004, har det vært en gradvis forverring av vannkvaliteten ved overløpet ved at pH-verdiene har falt og kobberkonsentrasjonene har økt betydelig. Kobberkonsentrasjonene i Grunnstollen har vært forholdsvis stabile i de tre siste år, men en økende tendens kan registreres. pH-verdiene er forholdsvis lave, men har falt noe de tre siste år ned mot 3. Det er bare kobber- og aluminiumkonsentrasjoner som har økt noe de tre siste år. Det er mulig at endringene kan ha sammenheng med variasjoner i vannmengdene som passerer gruvesystemet og at det er flere kilder med ulike egenskaper som bidrar til den samlede gruvevannskvaliteten.

En har hittil 5 års observasjoner av utgående gruvevann fra Nordgruvefeltet som grunnlag for å beregne årstransport slik at den kan vurderes i forhold til forurensningstilstand og transport ut av Langvann. I perioden 2007-2010 så det ut til at bidraget fra Nordgruvefeltet hva kobber angår utgjorde omkring 50 % av kobbertransporten ut av Langvann. I siste år hadde tilførslene fra gruva større betydning. Dette skyldes at vannmengdene ut av Grunnstollen var vesentlig høyere enn i de foregående år. I tillegg ser det ut til at kobberkonsentrasjonene i gruvevannet er økende. Det må her

bemerket at måleopplegget i Grunnstollen ikke har vært helt tilfredsstillende i perioder. For å sikre bedre data ble målepunktet flyttet ut i dagen på avløpsrøret.

Ved utløpet av Langvann kan en ennå ikke se noen vesentlig effekt av økte tilførsler fra gruva, men siste år var middelveiden for kobber noe høyere enn de foregående. I denne sammenheng må det bemerkes at det også skjer en utfelling av metaller i Langvann. De store jernmengdene fra gruva fører sikkert også til en medfelling av kobber i Langvann. Dette kan eventuelt studeres nærmere ved undersøkelser av overflatesedimentet i Langvann.

Av årsaker som vi ikke har oversikt over har vannmengdene ut av gruva vært betydelig høyere de to siste år enn de foregående. Siden dette ikke har ført til noen vesentlige endringer i vannkvaliteten, betyr dette at gruva avgir økende mengder tungmetaller. En fortsatt oppfølging av tilstanden vil gi mer informasjon om det har skjedd en permanent endring i avrenningen fra Nordgruvefeltet og Grunnstollen.

6. Litteratur

Iversen, E. R., Kristensen, T. og Aanes, K. J. 2009. Oppfølging av forurensningssituasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune. Undersøkelser i 2008. NIVA-rapport, O-28155 og 28323, L.nr. 5750-2009. 67 s.

Iversen, E. R., 2010. Oppfølging av forurensningssituasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune. Undersøkelser i 2009. NIVA-rapport, O-29136. L.nr. 5917-2010. 22.s.

Iversen, E.R., 2010. Oppfølging av forurensningssituasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune. Undersøkelser i 2009-2010. NIVA-rapport, O-10116. L.nr. 6057-2010. 23 s.

Iversen, E.R., 2011. Oppfølging av forurensningssituasjonen i Sulitjelma gruvefelt, Fauske kommune. Undersøkelser i 2010-2011. NIVA-rapport, O-10408. L.nr. 6236-2011. 23 s.

Kristensen, T., Holen, S., Garmo, Ø., Kvassnes, A. og Iversen, E., 2012. Utredning av forhold knyttet til gruveavrenning fra Sulitjelma-feltene: Tålegrenser for ferskvannsfisk, effekter på marint miljø, samt bruksmønster og holdninger til området hos lokalbefolkningen. NIVA-rapport, O-11256, L.nr. 6330-2012, 49 s.

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 9. Analyseresultater. Stasjon 5 Utløp Langvann ved Hellarmo

Dato	pH	Kond	Turb	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Cr
		mS/m	FNU	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
15.09.2011	7,18	3,78	0,33	4,83	4,91	0,56	36,3	56	26,0	28,3	0,070	0,089	8,49	0,63	0,608	<0,1
15.10.2011	6,46	4,36	1,76	6,13	5,96	0,88	55,4	88	39,6	45,3	0,180	0,120	11,6	0,80	0,858	<0,1
15.11.2011	7,07	4,39	0,38	6,16	5,97	0,75	48,4	79	43,6	44,9	0,384	0,120	10,3	0,83	0,883	<0,1
15.12.2011	7,07	4,73	1,30	7,04	6,17	0,70	61,8	100	44,9	49,7	0,190	0,140	11,3	0,73	0,982	0,2
15.01.2012	6,24	4,24	0,24	5,58	5,03	0,93	45	79	31,5	33,3	0,207	0,088	8,04	0,62	0,655	<0,1
15.02.2012	6,90	3,56	1,20	3,65	4,54	0,61	42,6	67	9,29	11,8	0,150	0,034	3,76	0,48	0,240	<0,1
15.03.2012	7,17	3,59	0,63	3,51	4,78	0,61	35,4	49	6,21	8,51	0,251	0,022	3,53	0,47	0,180	<0,1
15.04.2012	6,89	4,08	0,47	4,18	5,17	0,67	25,1	36	10,6	12,2	0,047	0,033	3,53	0,55	0,269	0,1
15.05.2012	6,76	3,94	0,41	4,52	5,34	0,69	30,1	40	14,8	15,4	0,060	0,046	4,44	0,52	0,376	<0,1
15.06.2012	7,12	5,52	0,58	5,29	5,68	0,80	43,9	78	26,7	30,6	0,083	0,077	7,49	0,73	0,602	0,2
15.07.2012	7,01	3,24	1,01	3,66	4,34	0,53	39,3	69	18,9	18,3	0,073	0,052	5,38	0,57	0,340	<0,1
16.08.2012	7,23	4,07	1,09	4,87	5,31	0,73	42,9	62	33,8	34,6	0,090	0,100	8,75	0,83	0,654	<0,1
Gj.snitt	6,93	4,13	0,78	4,95	5,27	0,71	42,2	67	25,5	27,7	0,149	0,077	7,2	0,65	0,554	0,3
Maks.verdi	7,23	5,52	1,76	7,04	6,17	0,93	61,8	100	44,9	49,7	0,384	0,140	11,6	0,83	0,982	1,5
Min.verdi	6,24	3,24	0,24	3,51	4,34	0,53	25,1	36	6,2	8,5	0,047	0,022	3,53	0,47	0,180	<0,1

Tabell 10. Analyseresultater. Gruvevann fra Nordgruvefeltet ved utløp av Grunnstollen

Dato	pH	Kond	SO ₄	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Pb	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	mg/l	l/s
15.09.2011	2,99	203	1192	247	49,7	22,9	42,8	19,1	15,3	0,054	0,042	3,35	0,100	0,287	15,3	35,5
15.10.2011	3,04	205	1180	242	48,4	23,8	41,3	18,2	14,8	0,051	0,041	3,05	0,098	0,280	14,8	26,9
15.11.2011	3,00	190	1135	234	45,7	21,2	42,8	18,0	14,0	0,062	0,040	2,88	0,088	0,268	14,0	51,7
15.12.2011	3,08	177	955	215	41,4	18,1	32,3	15,6	12,7	0,043	0,034	2,58	0,081	0,239	12,5	29,4
15.01.2011	3,08	184	1042	229	42,7	16,4	29,2	13,4	12,8	0,048	0,031	2,99	0,084	0,237	12,9	17,3
15.02.2012	3,22	175	1090	255	46,2	18,1	30,2	11,2	13,0	0,047	0,030	3,02	0,090	0,246	13,3	19,6
15.03.2012	3,25	186	1102	258	45,7	16,6	26,2	9,28	12,1	0,044	0,026	3,23	0,085	0,233	13,3	14,2
15.04.2012	3,28	176	1063	262	45,3	12,4	57,8	6,95	11,2	0,034	0,023	3,25	0,076	0,208	12,4	20
15.05.2012	3,19	177	1072	265	43,5	14,2	37,8	8,77	12,3	0,030	0,029	2,86	0,074	0,216	12,2	20
15.06.2012	3,07	180	1060	243	45,6	17,1	35,9	12,9	12,3	0,050	0,031	2,71	0,079	0,242	13,3	74,7
15.07.2012	2,99	172	1045	192	41,7	22,2	32,4	20,8	13,6	0,055	0,038	2,47	0,091	0,263	14,6	52,1
16.08.2012	3,01	188	997	210	41,7	21,6	28,8	19,7	13,4	0,054	0,037	2,62	0,089	0,260	13,6	34,2
Gj.snitt	3,10	184,4	1078	238	44,8	18,7	36,5	14,5	13,1	0,048	0,033	2,92	0,086	0,248	13,5	33,0
Maks.verdi	3,28	205,0	1192	265	49,7	23,8	57,8	20,8	15,3	0,062	0,042	3,35	0,100	0,287	15,3	74,7
Min.verdi	2,99	172,0	955	192	41,4	12,4	26,2	7,0	11,2	0,030	0,023	2,47	0,074	0,208	12,2	14,2

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