

RAPPORT LNR 3862-98

Killingdal gruve

Avrenning fra Bjørgåsen



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel KILLINGDAL GRUVE Avrenning fra Bjørgåsen	Løpenr. (for bestilling) 3862-98	Dato 28. april 1998
	Prosjektnr. Undernr. O-95169	Sider 31
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Industri	
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 1998

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse Best. nr. 51/95
---------------------------------	--------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført feltundersøkelser for kartlegging av forurensningstransport fra Bjørgåsen gruveområde ved Killingdal gruve i Holtålen kommune. Transporten utgjør ca 0,6 tonn kobber og 1,6 tonn sink på årsbasis. Avrenningen påvirker vannkvaliteten i Skurru i stor grad. Skurru løper inn i Gaula ved Reitan. Kobbertransporten fra Bjørgåsen utgjør ca. 30 % av kobbertransporten i Gaula ved Reitan sett på årsbasis, men betydningen for vannkvaliteten i Gaula varierer mye i løpet av året. De høye kobberkonsentrasjonene som er påvist i Gaula tidlig på våren synes i stor grad å være forårsaket av tilførselene via Skurru. Etter at forurensningsbegrensende tiltak er gjennomført ved gruveområdene i øvre Gaula, gjenstår nå Bjørgåsen som en av hovedkildene for dagens forurensningssituasjon.

Fire norske emneord 1. Kisgruve 2. Forurensningstransport 3. Drensvann 4. Killingdal gruve, Bjørgåsen	Fire engelske emneord 1. Pyrite Mining 2. Transport of pollutants 3. Acid Rock Drainage 4. Killingdal mines, Bjørgåsen field
---	--

Eigil Rune Iversen

Eigil Rune Iversen

Prosjektleder

ISBN 82-577-3444-6

Bente M. Wathne

Bente M. Wathne

Forskningsssjef

O-95169

Killingdal gruve

Avrenning fra Bjørgåsen

1995-1996

Forord

Norsk institutt for vannforskning har foretatt en rekke undersøkelser av forurensningstransport fra våre kisgruver. Etterhvert har en fått godt erfaringsmateriale for hva slags utsagnskraft det ligger i slike beregninger og hvilket omfang slike undersøkelser bør ha. Formålet med transportundersøkelsene har som regel vært å påvise de viktigste forurensningskilder for eventuelle tiltaksvurderinger eller oppfølging av effekten av utførte tiltak.

I Bjørgåsen gruveområde er det hittil ikke vært gjennomført tiltak og hensikten med den foreliggende undersøkelse har vært å vurdere hvor store tilførslene er, hva som er kildene og vurdere hva man kan få igjen for å gjennomføre tiltak.

I gjennomføringen av slike undersøkelser er vi avhengige av gode observatører i lokalmiljøet. I øvre Gauldal har John K. Bjørgård vært vår faste observatør i mange år. Vi takker herved for all assistanse i forbindelse med feltarbeidet.

Vi takker også Bergvesenet med o.ing. Harald Ese for samarbeidet og bidraget til å øke kunnskapen om denne type forurensning.

Oslo, 28. april 1998

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Bjørgåsen gruveområde, lokalisering	7
1.2 Forurensningskilder	8
1.3 Tidligere undersøkelser	8
2. Undersøkellesprogram- og metoder	9
2.1 Program	9
2.2 Metoder	13
3. Vannkvalitet	14
3.1 Bjørgåsen	14
3.2 Skurru og Gaula	16
4. Transportberegninger	18
4.1 Bjørgåsen	18
4.2 Skurru og Gaula	23
5. Konklusjoner	25
6. Referanser	26
Vedlegg A. Analyseresultater	27

Sammendrag

Det er gjennomført en feltundersøkelse av avrenningen fra Bjørgåsen gruveområde ved Killingdal gruver i Holtålen kommune. Feltundersøkelsene har pågått i tiden august 1995 til august 1996.

Undersøkelsene viser at forurensningstilførslene fra området kan lokaliseres til to hovedkilder, tippet utenfor Bjørgensjakten og lasteområdet ved jernbanelinjen ved Storvoll. Avfallet i begge områdene produserer sterkt sur og metallholdig avrenning.

Tippet ved Bjørgensjakten består hovedsaklig av masser fra utdriving av sjakten. En del spill av råmalm etter rensking av sjakt og transportstoll er i årenes løp sannsynligvis deponert på tippet. Dette er den sannsynligste årsak til tungmetallavrenningen fra tippet. Avfallet nede ved Storvollen er sterkt forvitret og består foruten råmalmerester en del kisholdig gråberg som er benyttet til oppfylling og veiformål i området. Betydelige mengder forvitningsprodukter ligger trolig lagret i avfallet og er lett tilgjengelig for utvasking.

Hovedkildene synes likeverdige når det gjelder tungmetallavrenning. Samlet overflateavrenning av kobber og sink er beregnet til henholdsvis 0,5 tonn Cu/år og 0,9 tonn Zn/år. Deler av avrenningen transporteres til Skurru gjennom grunnen. Transporten i Skurru nedenfor gruveområdet er anslått til 0,6 tonn Cu og 1,6 tonn Zn i undersøkelsesperioden, men avfallet avgir trolig omkring ett tonn kobber idet løsmassene nedenfor gruveområdet trolig tar opp deler av kobberavrenningen.

Kobbertilførslene til Gaula via Skurru utgjør ca. 30 % av kobbertransporten i Gaula ved Reitan på årsbasis, med andelen kan variere betydelig i løpet av året. Forurensningsbegrensende tiltak i Bjørgåsen vil derfor ha en vesentlig betydning for vannkvaliteten i Gaula i deler av året. De forholdsvis høye kobberkonsentrasjonene som er påvist i Gaula ved Reitan tidlig om våren, har vesentlig sin årsak i tilførslene fra Bjørgåsen via Skurru.

Summary

Title: Killingdal mines, transport of pollutants from Bjørgåsen field

Year: 1998

Author: Eigil Rune Ivesen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3444-6

On assignment from the norwegian Directorate of Mining (Bergvesenet) NIVA has performed an investigation of transport of pollutants from Bjørgåsen mine field at the abandoned Killingdal mines in the municipality of Holtålen, Sør-Trøndelag county. The field observations were carried out during the period august 1995-august 1996. Killingdal mine was opened first time in 1674 as a copper mine. In the last period up to the closure in 1986 concentrates of zinc and pyrite were the main products. The raw ore was transported to the company concentrator located at the Trondheim fiord by rail.

The investigations showed that the main sources of pollution could be located to the dump outside the Bjørgen shaft and to different waste material deposited at the loading area at the railway line. The waste rock in both areas is acid generating and the transport of copper and zinc is calculated to 0,5 tons Cu/year and 0,9 tons Zn/year in the open seeps. Measurements carried out in the receiving creek Skurru indicated the parts of the total run-off from the mine field is transported in the ground down to the creek. Bjørgåsen mine field is responsible for about 30 % of the total transport of copper in the main river Gaula. The rest comes from other mine sources in the upper Gaula catchment.

1. Bakgrunn

1.1 Bjørgåsen gruveområde, lokalisering

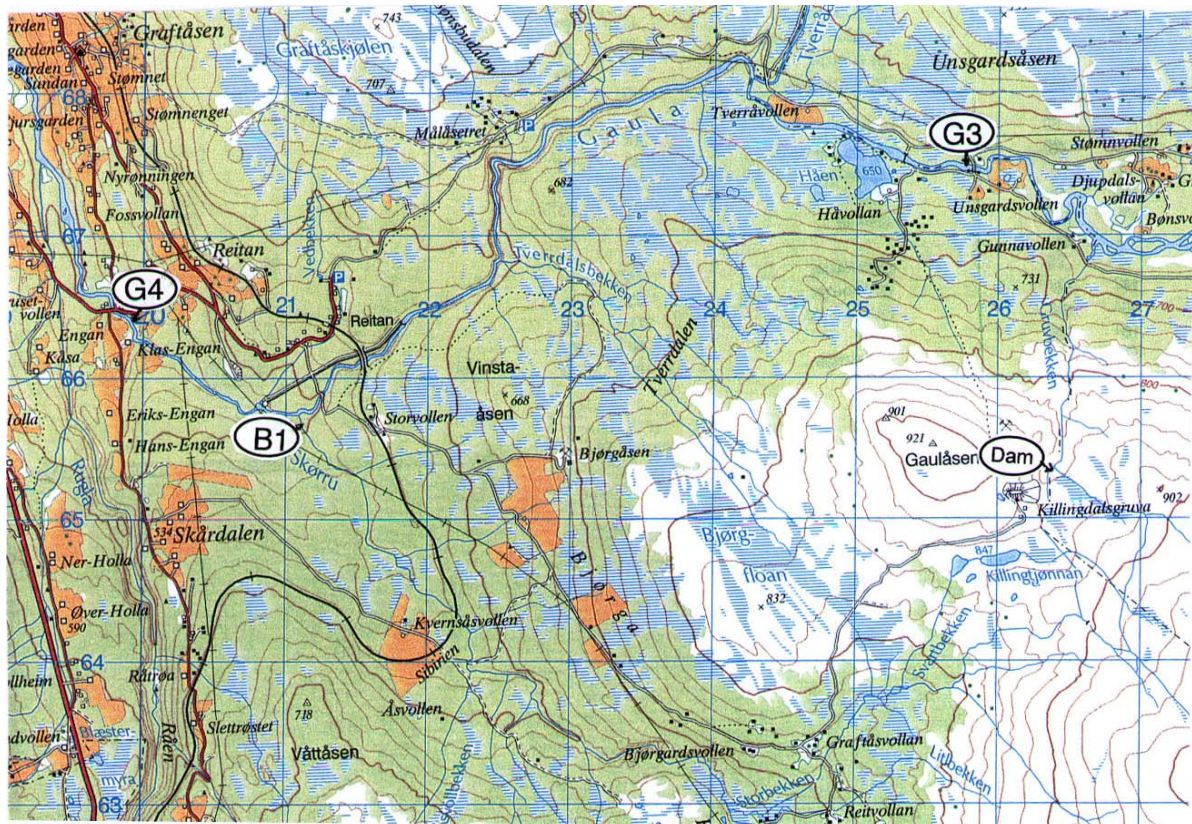
Killingdal gruveområde ligger i sin helhet i Holtålen kommune. Driften ved Killingdal gruve startet oppe på Gaulåsen i 1674. Avrenningen herfra går i sin helhet til Gruvebekken som løper inn i Gaula ved Gunnavollen. Da gruva etterhvert ble meget dyp, ble Bjørgensjakten drevet inn for å forenkle utfordring av malm som tidligere ble fraktet ned til jernbanen ved Storvollen ved Reitan v.h.a. taubane. Bjørgensjakten som går inn på Gaulåsens vestside, sto ferdig i 1952. Malmen ble fraktet videre herfra med bil ned til silo- og lasteanlegget ved Storvollen ved Reitan for transport ved oppredningsverket i Ilsvika ved Trondheimsfjorden.

Tabell 1 gir en oversikt over geografiske data vedrørende gruveområdets beliggenhet.

Tabell 1. Geografiske data om beliggenheten til Bjørgåsen gruveområde ved Killingdal gruve. Karthenvisningen gjelder Statens kartverk serie M711, utgave 1995.

Gruveområde	Fylke	Kommune	Kartblad	Rute
Bjørgåsen	Sør-Trøndelag	Holtålen	1720 IV Ålen	32VPQ 2165, 2265

Området drenerer i sin helhet til to bekkefar som begge drenerer til Skurru som er sideelv til Gaula. Figur 1 viser et kartutsnitt av 1:50.000 kart over området.



Figur 1. Kartutsnitt fra kartblad 1720 IV Ålen som viser gruveområdets beliggenhet.

1.2 Forurensningskilder

Forurensningskildene i Bjørgåsen kan hovedsaklig lokaliseres til to områder :

- Tippen utenfor Bjørgen sjakt
- Området omkring lasteanleggene ved jernbanelinjen

Tippen utenfor Bjørgensjakten består hovedsaklig av de masser som kom fra utdrivingen av sjakten. Disse massene inneholder forholdsvis lite kisminerale. I årenes løp ble det periodevis behov for å rense sjakten og stollen inn til skråsjakten for råmalmspill. Dette avfallet ble lagt på tippen. Selv om volumet til disse masser er forholdsvis beskjedent, produserer de likevel en del sur tungmetallholdig avrenning p.g.a. høyt innhold av kisminerale. Avrenningen herfra går i veikanten og krysser under veien og videre mot en bekk som fører til Skurru.

I området ved silo- og lasteanlegget er forholdene mer kompliserte. Malmen ble transportert hit med taubane og ble trolig lagret på bakken ved lasteanlegget. En liten tipp som er sterkt forvitret og som trolig opprinnelig var råmalm, ligger igjen ved ruinene av lasteanlegget ved jernbanelinjen. Grunnen i området bærer preg av tungmetallforgiftning. Noe tippmasser som er sterkt forvitret ligger igjen, men avfallsmengdene vurderes som beskjedne. De masser som forurenset mest i området synes å være "gråberget" som er benyttet til veiformål i området. Avfallet som er benyttet til å bygge opp veien som krysser jernbanelinjen produserer betydelige mengder sur avrenning. Det er også benyttet gruveberg i oppkjøringen til lastesiloen (se bildet på forsiden). Sur avrenning sprer seg over et forholdsvis stort område. Mye av avrenningen samles opp i en avskjærende grøft nedenfor veien og jernbanelinjen. Grøften er trolig anlagt for å verne skogen. All overflateavrenning samles i et bekkefar som går mot Skurru. Figur 2 og figur 3 viser et utsnitt av 1:5000 kart over områdene ved Bjørgensjakten og ved jernbanelinjen.

Siden store deler av avfallet i området er sterkt forvitret og sannsynligvis inneholder store mengder forvittringsprodukter som er lett tilgjengelig for utvasking, er det viktig at en ved valg av forurensningsbegrensende tiltak tar hensyn til dette. Ved planlegging av tiltak synes det således viktigst å prioritere reduksjon i utvasking fremfor å redusere tilførselen av luft, ideelt sett begge deler.

1.3 Tidligere undersøkelser

Avrenningen fra gruveanleggene i Bjørgåsen er ikke undersøkt tidligere, men effektene av tilførslene til Skurru er kartlagt innenfor det statlige overvåkingsprogram for Gaula som også omfatter tilløpselven Skurru (Traaen *et al*, 1997). Prøvetakingene i Bjørgåsen er samordnet med prøvetakingene i Skurru i undersøkelsesperioden 1995/96.

2. Undersøkellesprogram- og metoder

2.1 Program

I brev av 4.07.95 til Bergvesenet foreslo NIVA et arbeidsprogram for en kartlegging av forurensnings-tilførslene fra Bjørgåsen gruveområde. Arbeidet ble bestilt i brev av 16.08.95 fra Bergvesenet. Programmet omfatter månedlig prøvetaking ved tre stasjoner i gruveområdet. Prøvetakingene ble samordnet med prøvetakingsprogrammet for nedre Skuru som også hadde en månedlig prøvetakingsfrekvens. Ved hver prøvetaking ble det foretatt vannføringsmåling. Følgende prøvetakingsstasjoner ble benyttet :

Tabell 2. Prøvetakingsstasjoner i Bjørgåsen.

Stasjon	Navn
1	Veigrøft nedenfor tipp ved Bjørgen sjakt
2	Bekk som krysser under jernbanelinje
3	Drensgroft nedenfor vei som krysser jernbanen ved Storvollen

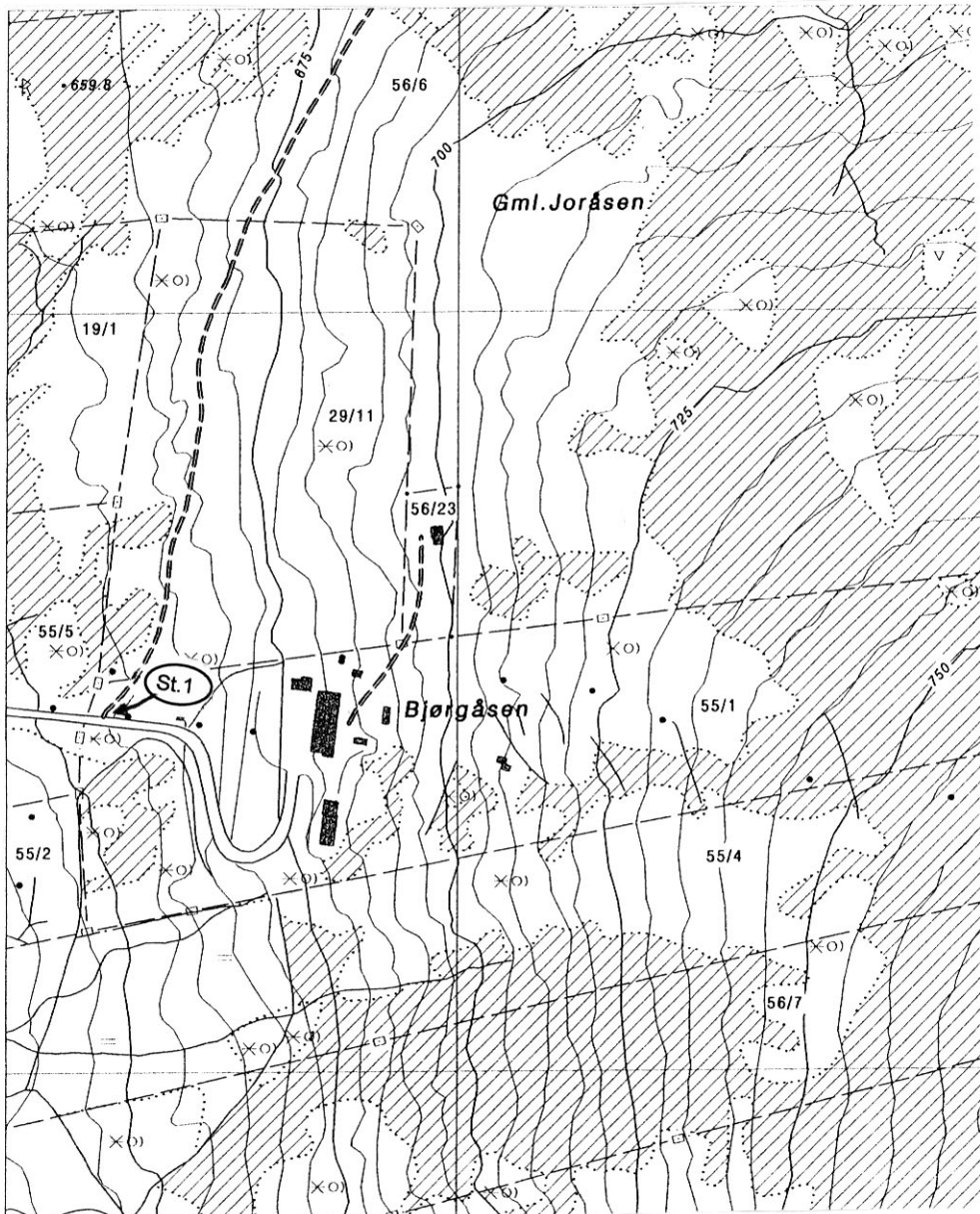
Den rutinemessige innsamling av prøver ble foretatt av John Bjørgård, Ålen som også er fast observatør for overvåkingsprogrammet for Gaula. Prøvene ble tatt på kontrollerte flasker og analysert ved NIVA.



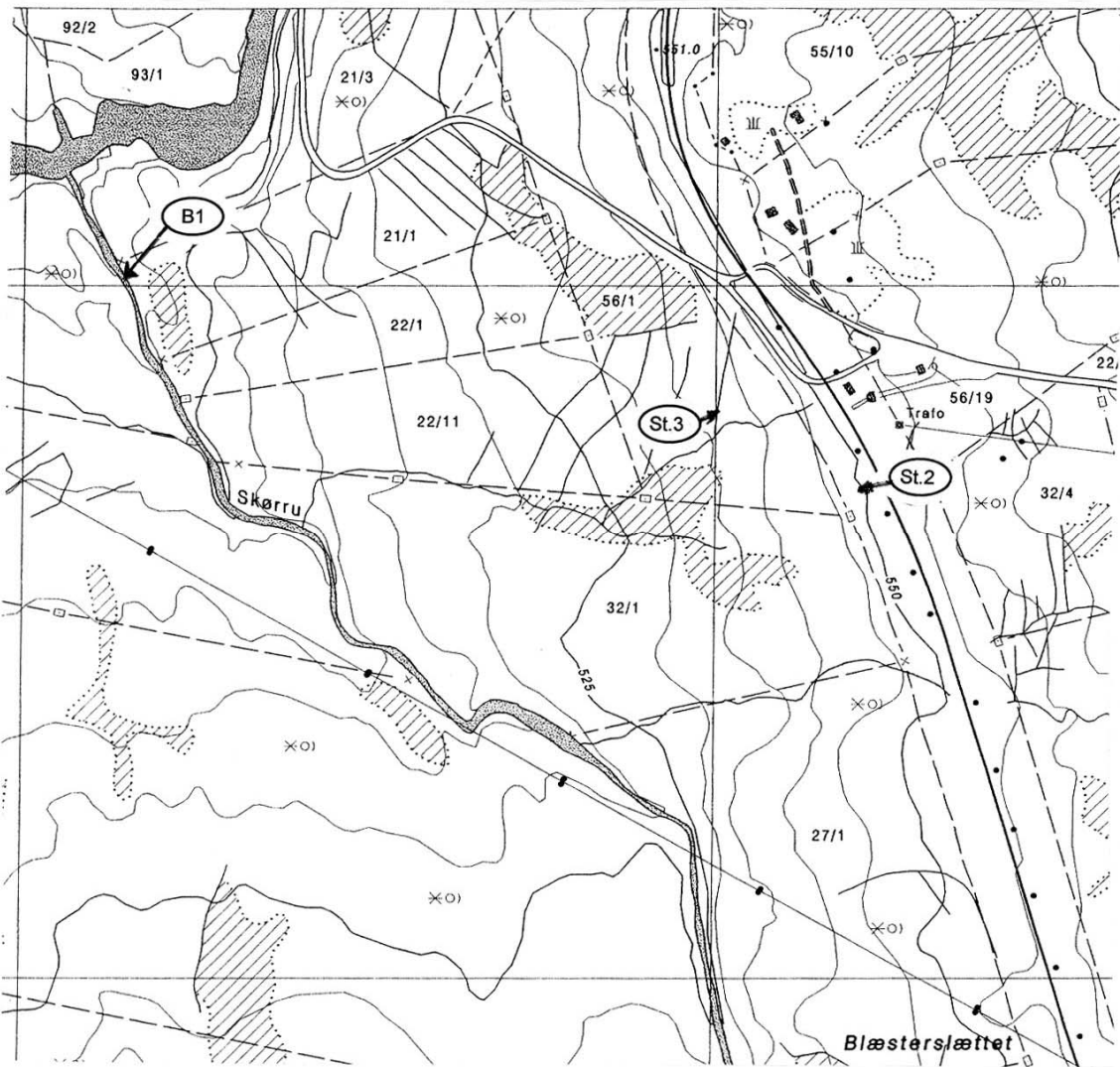
Figur 2. St.2 Bekk som krysser under jernbanelinje. Avrenning fra tipp på andre siden.



Figur 3. St.3 Drensgrøft nedenfor vei som krysser jernbanen ved Storvollen.



Figur 4. Utsnitt av 1:5000 kart over området ved Bjørgen sjakt med markering av prøvetakssted.



Figur 5. Utsnitt av 1:5000 kart over området ved Storvollen med markering av prøvetakingssteder.

2.2 Metoder

Vannføringene ved stasjonene 1 og 2 ble utført v.h.a. "bøtte /stoppeklokkemetoden" idet sigene ble ledet inn i rør som det var mulig å holde en bøtte under. Ved stasjon 3 ble det anlagt en måledam av vannfast finér med trekantet overløpsprofil (45 graders V-overløp). Vannføringen ble beregnet etter avlesning av overløpshøyden. Beregnet vannføring ble også kontrollert v.h.a. "bøtte/stoppeklokkemetoden".

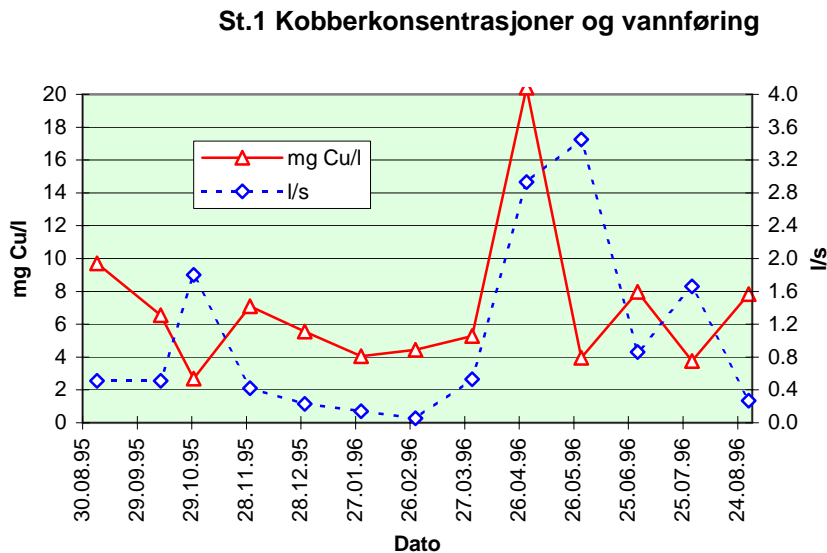
Analyseprogrammet omfattet pH, konduktivitet, sulfat, kalsium, magnesium, aluminium, samt de viktigste tungmetaller. Analyse av svovel og metaller er utført v.h.a. flammeemisjonspektrometri (ICP-teknikk) der en har benyttet en "elementpakke" som omfatter de vanligste elementer som kan påvises i denne type avrenning. Sulfatinnholdet er beregnet ut fra svovelanalysen. Erfaringsmessig foreligger svovelinnholdet i surt drensvann fra kisholdig avfall hovedsaklig som sulfat. Alle analysene er utført av NIVA.

3. Vannkvalitet

Alle analyseresultater fra feltundersøkelsene er samlet i vedlegg A bak i rapporten. I tabellene er angitt middelværdier samt høyeste og laveste verdi.

3.1 Bjørgåsen

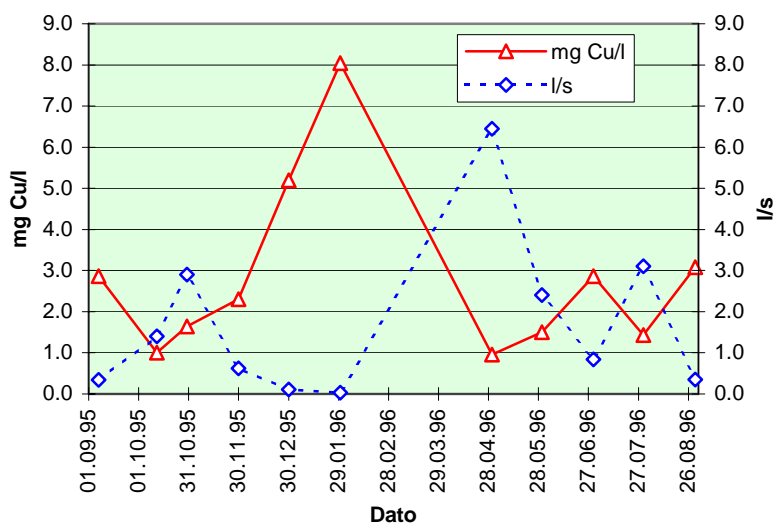
Resultatene for stasjon 1 viser at sigevannet fra tippet utenfor Bjørgen sjakt er sterkt surt med pH-verdier varierende i området 2,6 til 3,2. Drensvannet inneholder forholdsvis lite jern i forhold til kobber og sink. Sinkkonsentrasjonene er mer en dobbelt så høye som kobberkonsentrasjonene. Vanligvis er jernkonsentrasjonene betydelig høyere enn kobber- og sinkkonsentrasjonene ved kisgruver der en har kastet svovelkisen på tippet. Resultatene kan derfor tyde på at den sure avrenningen i det vesentlige har sin årsak i forvitring av råmalm. I figur 6 er vist hvordan observasjonsmaterialet for kobber og vannføring varierte i undersøkelsesperioden. Kurvene viser med noen unntak at de to kurvene nesten har samme forløp. De høyeste konsentrasjoner ble observert om våren under vårflommen. Under andre årstider varierte konsentrasjonene vesentlig mindre.



Figur 6. Observerte kobberkonsentrasjoner og vannføring ved st.1.

Stasjon 2 fanger opp avrenning som kommer fra en mindre avfallstipp som ligger like ovenfor jernbanelinjen. Tippet er sterkt forvitret og har karakter som sand i overflaten. Sigevannet passerer under jernbanelinjen og ble prøvetatt like nedenfor. Resultatene i tabell 9 viser at avrenningen er sterkt sur med pH-verdier i området 2,8 til 3,6. Tungmetallkonsentrasjonene er en del lavere enn ved stasjon 1. Også her er jernkonsentrasjonene forholdsvis beskjedne sett i forhold til kobber- og sinkkonsentrasjonene. Figur 7 viser grafisk observasjonsmaterialet for kobber og vannføring. Kurvene viser et annet avrenningsmønster enn ved stasjon 1 idet de høyeste kobberkonsentrasjoner kun inntreffer ved lave vannføringer. Dette tyder på at forvitningsprosessene i avfallet har beskjedent omfang. Hver gang vannføringen øker p.g.a. nedbørøking, skjer det kun en utvasking fra gods som allerede er forvitret. Det skjer ingen ny lagring av forvitningsprodukter i avfallet. Dersom dette forhold er riktig, må en regne med at transporten av forvitningsprodukter fra avfallet er avtakende.

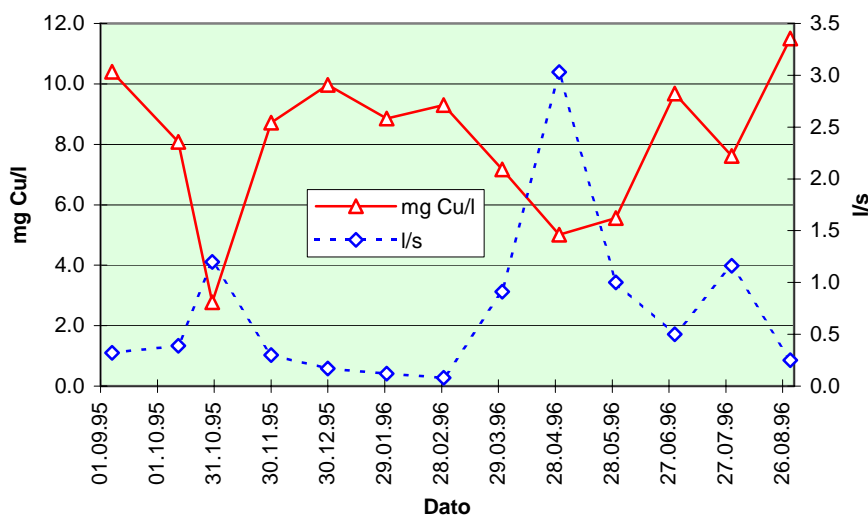
St.2 Kobberkonsentrasjoner og vannføring



Figur 7. Observerte kobberkonsentrasjoner og vannføring ved st.2.

Stasjon 3 fanger opp avrenning fra avfallet som veifyllingen ved jernbanelinjen er bygget av samt noe avfall ovenfor veien. En del avrenning fanges ikke opp ved målepunktet idet den drenerer videre nedover mot Skurru gjennom grunnen. Avrenningen er sterkt sur idet alle pH-verdier er lavere enn 3. Avrenningen inneholder vesentlig mer jern enn ved de to foregående stasjonene, noe som har sin årsak i at forurensningene kommer fra kisholdig gråberg som er benyttet til oppfyllingsformål i områdene omkring jernbanelinjen. Kurven for kobberkonsentrasjoner og vannføring (figur 8) viser at de høyeste kobberkonsentrasjoner kan påvises i perioder med lav vannføring. Konsentrasjonene avtar en del når vannføringen øker p.g.a. nedbør eller snøsmelting, men ikke så mye som ved stasjon 2.

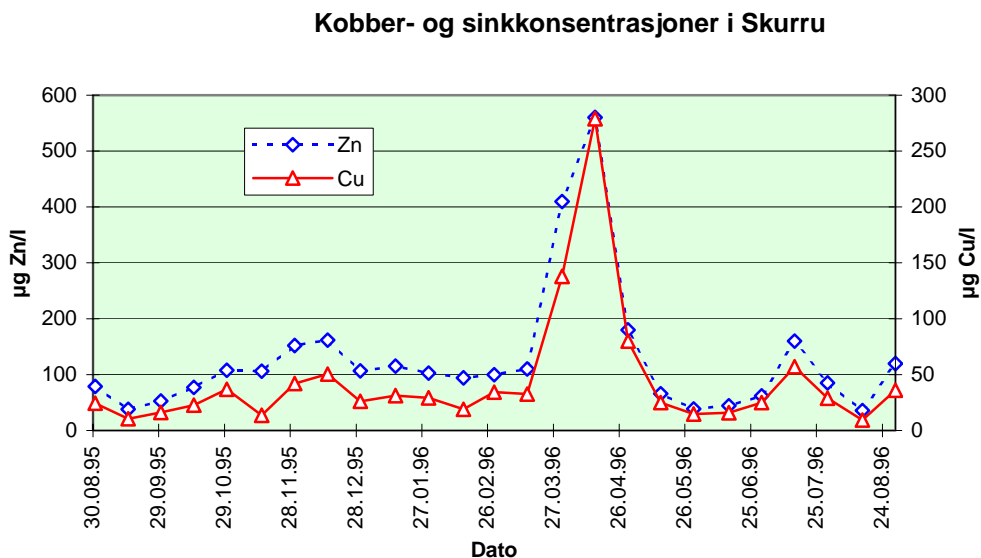
St.3 Kobberkonsentrasjoner og vannføring



Figur 8. Observerte kobberkonsentrasjoner og vannføring ved st.3.

3.2 Skurru og Gaula

Forurensningssituasjonen i Gaula overvåkes innenfor det statlige program for forurensningsovervåking. Programmet omfatter også oppfølging av vannkvaliteten i Skurru nedenfor tilførselene fra Bjørgåsen (St. B1). Prøvetakingene i Bjørgåsen ble samordnet med prøvetakingene i Skurru og Gaula i undersøkelses-perioden i 1995-96. Prøvetakingsstasjonene i Gaula og Skurru er markert på figur 1.

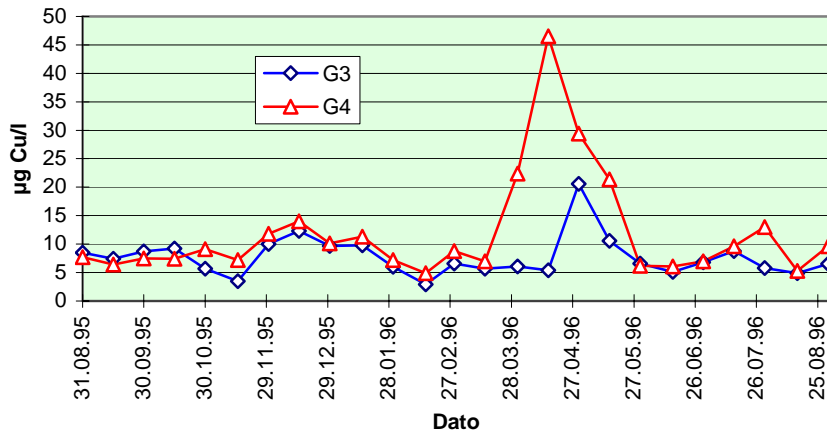


Figur 9. Kobber- og sinkkonsentrasjoner i Skurru under måleperioden i 1995-96.

Figur 9 viser hvordan kobber- og sinkkonsentrasjonene varierte i måleperioden. En ser at konsentrasjonene var høyest i april måned. Dette skyldes sannsynligvis at avrenningen fra gruveområdet begynte å øke på denne tid da gruveområdet ligger solvendt. En får derved et konsentrasjonsmaksimum i elva før vårflommen i mai måned fører til en kraftig fortynning av tilførselene fra Bjørgåsen. Forholdene er i samsvar med de observasjoner som ble gjort ved målestasjonene i Bjørgåsen. Prøvetakingene i Skurru har pågått siden 1986. Erfaringene fra undersøkelsene er at tungmetallkonsentrasjonene kan variere betydelig over tid slik også figur 9 viser.

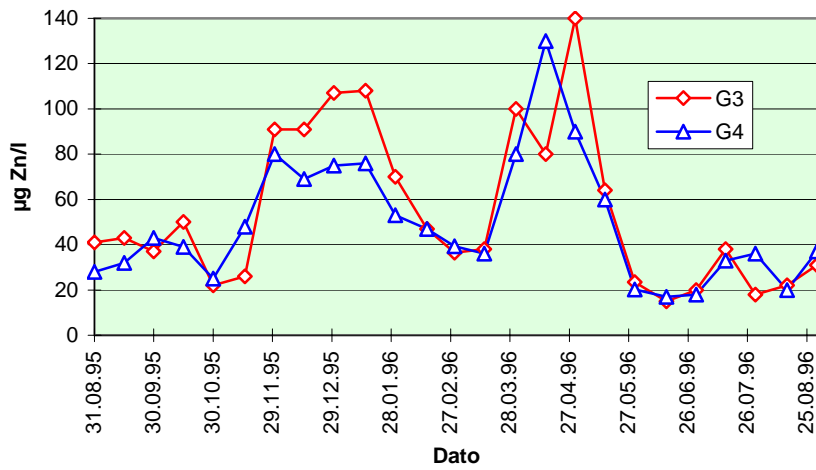
I tiden etter at de forurensningsbegrensende tiltakene ved Kjøligruve og ved Killingdalgruve på Gaulåsen ble gjennomført, har vannkvaliteten i Gaula endret seg betydelig. Tilførselene fra Bjørgåsen via Skurru har derved fått en relativt større betydning for forurensningstilstanden i Gaula idag. Vi vil her ta med resultatene for kobber og sink ved to målestasjoner i måleperioden 1995-96. Stasjon G3 er nedstrøms innblanding av Grubebekken som mottar avrenning fra gruveområdet på Gaulåsen. Stasjon G4 er lokalisert ved Reitan, d.v.s. etter innblanding av Skurru. Resultatene er presentert i figur 10 og figur 11. Resultatene for kobber viser at konsentrasjonene ved Reitan nå er lavere enn 15 µg/l mesteparten av året. I perioder med ugunstige fortynningsforhold eller med store tilførsler via Skurru påvirker disse tilførselene vannkvaliteten i Gaula i betydelig grad. Resultatene viser at det vil være mulig å oppnå en ytterligere forbedring i vannkvaliteten i Gaula nedstrøms Skurru ved å gjennomføre forurensning begrensende tiltak i Bjørgåsen. Når det gjelder sink er bildet anderledes, noe som skyldes at Gaula fortsatt mottar betydelige sinktilførsler via Grubebekken.

Kobberkonsentrasjoner ved G3 og G4



Figur 10. Kobberkonsentrasjoner i Gaula ved stasjonene G3 og G4 under måleperioden i 1995/96.

Sinkkonsentrasjoner ved G3 og G4



Figur 11. Sinkkonsentrasjoner i Gaula ved stasjonene G3 og G4 under måleperioden i 1995/96.

4. Transportberegninger

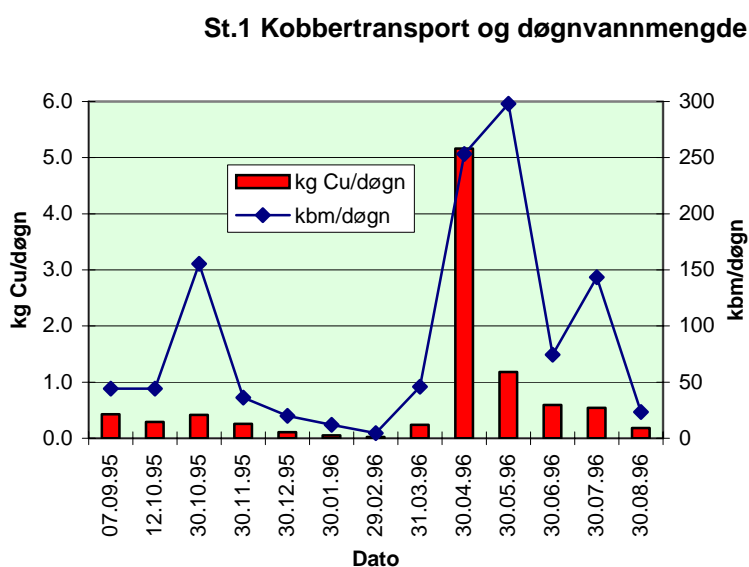
Beregning av transporten til viktigste forurensningskomponenter er et nyttig verktøy for å vurdere betydningen av de enkelte forurensningskilder. I små nedbørfelter kan det ofte være vanskelig å oppnå tilfredsstillende verdier for transporten fordi transporten som regel er svært avhengig av nedbør og klima. Avfallets forvittringsstatus har også innvirkning på hvordan avrenningen av forvittringsprodukter foregår. Vanligvis kan en likevel få et pålitelig overslag over forurensningstransporten i en periode ved å foreta en kontinuerlig registrering av vannføringen og foreta stikkprøver for kontroll av vannkvalitet under forskjellige avrenningssituasjoner i undersøkelsesperioden.

I denne undersøkelsen har en valgt et relativt enkelt opplegg der en har foretatt en månedlig observasjon ved tre stasjoner over en periode på ett år. Selv om opplegget er enkelt, har en likevel erfaringer for at en slik enkel feltundersøkelse kan gi en pålitelig oversikt over betydningen av de enkelte forurensningskilder. En må imidlertid regne med at beregnet årstransport kan variere en del fra år til år, noe en erfaringsmessig har sett ved å følge opp slik avrenning over flere år.

Undersøkelsene i Bjørgåsen omfatter beregning av transport ved tre målepunkter som tilsammen utgjør tilnærmet samlet overflateavrenning fra gruveområdet til Skurru. Årstransporten er beregnet ved å tidsveie de enkelte observasjoner som er beregnet som døgntransportverdier. Beregnet transport ved undersøkelsene i Bjørgåsen er sammenlignet med observasjonsmaterielet en har for samme periode i Skurru. En har imidlertid ingen vannføringensobservasjoner i Skurru. Transporten i Skurru er derfor beregnet ved å tidsveie analyseverdiene og multiplisere med beregnet årsavrenning beregnet ut fra generelle avrenningstall (NVE, 1987) korrigert for årsnedbør ved nærmeste nedbørstasjon (Haltdalen).

4.1 Bjørgåsen

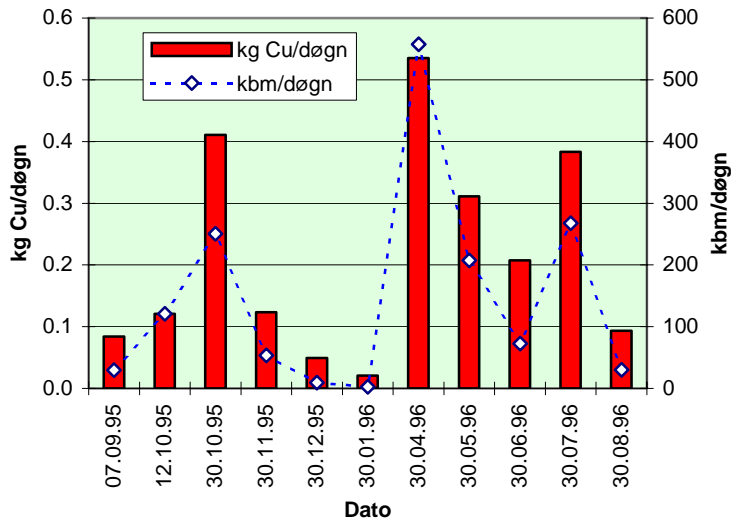
Beregnete døgntransportverdier for stasjonene 1 til 3 er samlet i tabell 4, tabell 5 og tabell 6.



Figur 12. Kobbertransport og døgnvannføring ved st.1.

Figur 12 viser hvordan kobbertransporten fra tippene ved Bjørgen sjakt varierte i løpet av observasjonsperioden. Transportkurvene for de andre parametre har omtrent samme forløp. Av kurven ser en at mesteparten av årstransporten foregikk under vårfloppen i april/mai måned. En ville således oppnådd et bedre uttrykk for årstransporten dersom en hadde hatt flere observasjoner under vårfloppen. En ser også at transporten falt raskt etter at den første utvasking av forvittringsprodukter hadde funnet sted under vårfloppen. Ved slutten av mai 1996 var transporten falt betydelig til tross for at vannføringen da hadde sitt maksimum.

St.2 Kobbertransport og døgnvannmengde



Figur 13. Kobbertransport og døgnvannføring ved st. 2.

Figur 13 viser de tilsvarende transportkurver for stasjon 2. En ser at transportmaksimum er bare 1/10-del av transporten ved stasjon 1. En ser også at transporten er helt styrt av vannføringen. Mye tyder på at avfallet som drenerer til stasjon 2 er sterkt forvitret, og at det hovedsaklig foregår en utvasking av forvittringsprodukter i nedbørfeltet. Dersom dette medfører riktighet, vil en derfor etter noen år kunne observere en nedgang i transporten fra dette område.

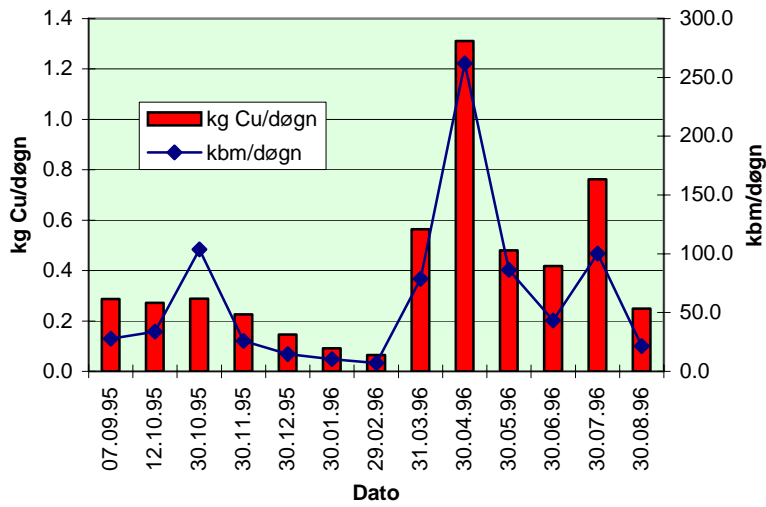
Ved stasjon 3 viser transportkurvene at avrenningen følger samme mønster som ved de to foregående stasjonene (se figur 14). Transporten er høyest under vårfloppen i april/mai, men kan også være betydelig under andre årstider.

Tabell 3. Beregnet årstransport fra Bjørgåsen gruveområde

Stasjon	SO ₄ t/år	Cu t/år	Zn t/år	Fe t/år	Cd kg/år
St.1	18.4	0.28	0.48	1.89	0.89
St.2	5.0	0.08	0.18	0.67	0.34
St.3	9.5	0.15	0.26	0.90	0.45
Sum	32.9	0.51	0.92	3.46	1.68

I tabell 3 er beregnet samlet transport fra Bjørgåsen gruveområde basert på de tre stasjonene som er benyttet. En ser at tippene ved Bjørgen sjakt er viktigste forurensningskilde i området.

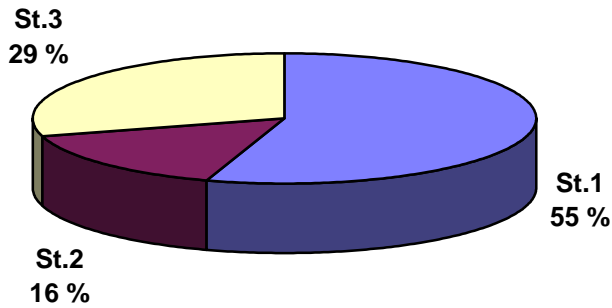
St.3 Kobbertransport og døgnvannmengde



Figur 14. Kobbertransport og døgnvannføring ved st. 3.

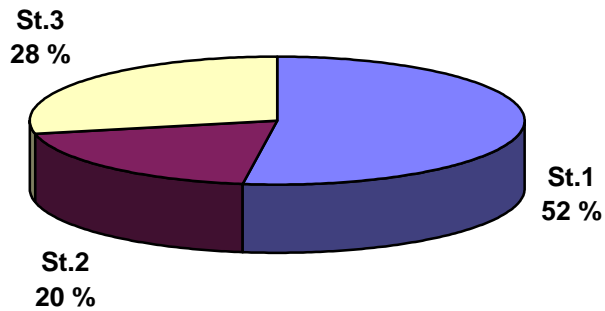
I figur 15 er gitt en grafisk fremstillingen av kobbertransporten fra området fordelt på de enkelte stasjoner. I figur 16 er gitt en tilsvarende presentasjon av sinktransporten.

Fordeling av kobbertransport fra Bjørgåsen på kilder



Figur 15. Fordeling av samlet kobbertransport på kilder.

**Fordeling av sinktransport fra
Bjørgåsen på kilder**



Figur 16. Fordeling av samlet sinktransport på kilder.

Tabell 4. Beregnet materialtransport ved st. 1.

Dato	SO ₄ kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Fe kg/døgn	Cd kg/døgn	Q m ³ /d
07.09.95	35.07	0.43	1.02	2.66	0.0026	44.1
12.10.95	24.68	0.29	0.68	1.19	0.0016	44.1
30.10.95	29.86	0.42	0.89	2.01	0.0065	155.5
30.11.95	19.99	0.26	0.66	1.08	0.0015	36.3
30.12.95	9.88	0.11	0.30	0.66	0.0007	19.9
30.01.96	5.90	0.05	0.15	0.31	0.0003	12.1
29.02.96	2.49	0.02	0.07	0.13	0.0001	4.7
31.03.96	16.71	0.24	0.54	1.20	0.0014	45.8
30.04.96	312.39	5.16	7.19	45.31	0.0068	253.2
30.05.96	77.50	1.18	1.95	5.78	0.0033	298.1
30.06.96	42.95	0.59	1.26	2.67	0.0024	74.3
30.07.96	38.15	0.54	1.20	0.37	0.0034	143.4
30.08.96	17.87	0.18	0.53	1.12	0.0016	23.3
Året, tidsveiet	18.4 tonn	0.28 tonn	0.48 tonn	1.89 tonn	0.89 kg	33346 m ³

Tabell 5. Beregnet materialtransport ved st.2.

Dato	SO₄ kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Fe kg/døgn	Cd g/døgn	Q m³/d
07.09.95	5.20	0.084	0.218	0.520	0.68	29.4
12.10.95	8.62	0.121	0.260	1.138	0.48	121.0
30.10.95	24.38	0.411	0.889	3.909	2.76	250.6
30.11.95	7.23	0.123	0.272	0.943	0.70	53.6
30.12.95	2.59	0.049	0.115	0.362	0.25	9.5
30.01.96	1.14	0.021	0.047	0.163	0.11	2.6
30.04.96	34.55	0.535	1.031	6.632	1.39	557.3
30.05.96	17.13	0.311	0.763	1.128	0.52	207.4
30.06.96	11.41	0.208	0.480	0.871	1.23	72.6
30.07.96	20.62	0.383	0.903	0.265	2.14	267.8
30.08.96	5.35	0.093	0.205	0.680	0.51	30.2
Året, tidsveiet	5.00 tonn	0.08 tonn	0.18 tonn	0.67 tonn	0.34 kg	6338 m ³

Tabell 6. Beregnet materialtransport ved st.3.

Dato	SO₄ kg/døgn	Cu kg/døgn	Zn kg/døgn	Fe kg/døgn	Cd kg/døgn	Q m³/d
07.09.95	23.92	0.29	0.58	1.93	0.0019	27.6
12.10.95	23.42	0.27	1.07	1.62	0.0014	33.7
30.10.95	18.87	0.29	0.50	2.02	0.0015	103.7
30.11.95	17.63	0.23	0.41	1.16	0.0008	25.9
30.12.95	10.52	0.15	0.25	0.70	0.0005	14.7
30.01.96	7.58	0.09	0.17	0.45	0.0004	10.4
29.02.96	3.73	0.07	0.11	0.27	0.0002	7.0
31.03.96	36.01	0.56	0.90	3.54	0.0024	78.6
30.04.96	69.90	1.31	1.99	10.81	0.0007	261.8
30.05.96	29.20	0.48	0.84	2.42	0.0010	86.4
30.06.96	25.62	0.42	0.71	2.00	0.0013	43.2
30.07.96	48.31	0.76	1.22	2.98	0.0030	100.2
30.08.96	17.97	0.25	0.40	1.53	0.0012	21.6
Året, tidsveiet	9.5 tonn	0.15 tonn	0.26 tonn	0.90 tonn	0.45 kg	23469 m ³

4.2 Skurru og Gaula

Selv om mye av avrenningen fra Bjørgåsen kan følges i åpne bekker, er det også åpenbart at deler av tungmetallavrenningen fra gruveområdet tilføres Skurru som grunnvannstilførsler. Det vil derfor være av interesse sammenligne beregnet materialtransport fra området (avsnitt 3.1) med anslått transport i Skurru beregnet v.h.a. de analyseresultater som foreligger for Skurru og midlere avrenningskoeffisient.

Skurru har et nedbørfelt på 24 km². Dersom man benytter en midlere avrenningskoeffisient på 20 l/s km² (NVE, 1987), blir midlere vannføring 0,48 m³/s. I perioden 1.09.95 til 1.09.96 falt det 85 % av normal nedbør. Midlere vannføring i perioden kan derfor beregnes til 0,41 m³/s. Ved å benytte tidsveiede middelerverdier for kobber og sink (tabell 11) og en midlere vannføring på 0,41 m³/s i måleperioden, blir kobbertransporten 0,57 tonn/år og sinktransporten 1,6 tonn/år.

En ser at kobbertransporten er i nærheten av det som ble observert ved målestasjonene, mens sinktransporten er ca 60 % større. Av skadene på vegetasjonen ser en at deler av avrenningen går utenom det drens-system som er laget. Erfaringsmessig er sink mer mobilt enn kobber og jern. Mye av kobbertransporten gjennom grunnen ned mot Skurru tas sannsynligvis opp i løsmassene i området.

På denne bakgrunn er det derfor rimelig å anta at samlet transport fra områdene nede ved jernbanelinjen er noe høyere enn beregnet. Det kan derfor se ut som om samlet tungmetalltransport fra Bjørgåsen gruveområde er omtrent likelig fordelt mellom tippene opp ved Bjørgen sjakt og området nede ved silo- og lasteanleggene ved Storvollen.

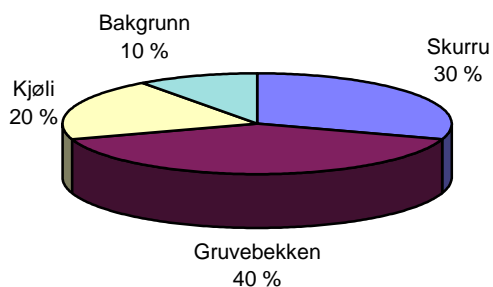
I rapporten for overvåkingsundersøkelsene i Gaula (Traaen *et al*, 1997) er det bl. a utført beregninger av kobber- og sinktransporten i Gaula ved Reitan (st. G4) for årene 1987-1996. Samtidig med undersøkelsene i Bjørgåsen gjennomførte NIVA også en ny studie av avrenningen fra Kjøli gruve (Iversen, 1997). Det pågår også feltundersøkelser av avrenningen fra gruveområdet på Gaulåsen til Gruvebekken (Iversen, in prep.). Ved hjelp av resultatene fra foreliggende undersøkelse og nevnte undersøkelser er det i tabell 7 gjort et anslag over kobber- og sinktransporten i Gaula ved Reitan fordelt på de enkelte kilder. Figur 17 og figur 18 viser grafisk hvordan årstransporten fordeler seg på kildene.

Tabell 7. Materialtransport i Gaula ved Reitan fordelt på kilder (1996-tall).

Kilde	Kobber tonn/år	Sink tonn/år
Skurru (Bjørgåsen)	0,6	1,6
Gruvebekken (Gaulåsen)	0,8	6,4
Kjøli gruve	0,4	<0,1
Naturlig bakgrunn	0,2	<0,1
Sum ovenfor	2,0	8,0
Gaula ved Reitan (st. G4)	2,0	6,7

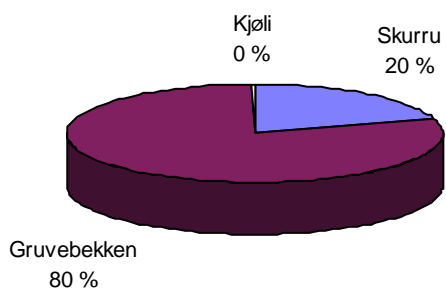
Resultatene viser at Bjørgåsen gruveområde er ansvarlig for omtrent 30 % av kobbertransporten i Gaula ved Reitan på årsbasis. Det er imidlertid viktig å merke seg at andelen er vesentlig høyere i perioder av året. Forurensningsbegrensende tiltak i Bjørgåsen gruveområde vil derfor ha en merkbar betydning for vannkvaliteten i Gaula etter innblanding av Skurru.

Gaula ved G4
Fordeling av kobbertransport på kilder



Figur 17. Årstransport av kobber i Gaula ved Reitan i 1996. %-vis fordeling på kilder.

Gaula ved G4
Fordeling av sinktransport på kilder



Figur 18. Årstransport av sink i Gaula i 1996. %-vis fordeling på kilder.

5. Konklusjoner

På grunnlag av feltundersøkelser foretatt av avrenningen fra Bjørgåsen gruveområde ved Killingdal gruver i 1995/96 kan følgende konklusjoner trekkes :

1. Gruveavfallet i Bjørgåsen gruveområde er lokalisert i to hovedområder, tippen utenfor Bjørgensjakten og lasteområdet ved Størvollen.
2. Avfallet i begge områdene produserer sur avrenning og tungmetallavrenningen er omtrent likelig fordelt på de to hovedkilder.
3. Deler av avrenningen fra områder transporteres nedover til Skurru gjennom grunnen. Deler av kobberavrenningen tas trolig opp i løsmassene nedenfor gruveområdet.
4. Overflateavrenningen fra området er beregnet til 0,5 tonn kobber/år og 0,9 tonn sink/år. Observasjoner i Skurru tyder på at samlet kobbertransport utgjør opp mot 1 tonn/år, mens sinktransporten utgjør 1,6 tonn/år.
5. Kobbertilførselene fra Bjørgåsen utgjør ca 30 % av kobbertransporten i Gaula ved Reitan på årsbasis. Når det gjelder konsentrasjoner, er den prosentvise betydning betydelig høyere i deler av året. Det er observert at de høyeste kobberkonsentrasjoner som er påvist i Gaula ved Reitan, hovedsaklig skyldes tilførselene fra Bjørgåsen via Skurru. Forurensningsbegrensende tiltak i Bjørgåsen vil derfor ha stor betydning for vannkvaliteten i Gaula, særlig om vinteren.

6. Referanser

Traaen, T.S. og Arnekleiv, J.V.,1997: Overvåking av Gaula, Sør-Trøndelag. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser. Årsrapport for 1996. Overvåkingsrapport nr. 699/97. TA-nr. 1454/1997. NIVA-rapport O-90051, L.nr. 3691-97. 30 pp.

Iversen, E.R., 1997 : Kjøli Gruve. Avrenning 1995-1996. NIVA-rapport O-95171. L.nr. 3598-97. 19 pp.

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

Vedlegg A. Analyseresultater

Tabell 8. Analyseresultater. St. 1 Veigrøft nedenfor tipp ved Bjørgen sjakt.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
07.09.95	2.96	140	796	74.0	39.3	34.9	60.4	9.71	23.2	0.060	0.15	0.23	3.01	17.1	0.51
12.10.95	3.11	112	560	66.8	28.9	25.8	27.1	6.54	15.5	0.036	0.19	0.16	2.45	13.0	0.51
30.10.95	3.02	107	192	21.3	10.6	11.2	12.9	2.69	5.70	0.042	0.08	0.10	0.80	3.38	1.80
30.11.95	3.19	123	551	65.0	29.5	24.7	29.8	7.09	18.2	0.041	0.08	0.16	2.30	9.90	0.42
30.12.95	3.13	125	497	64.6	25.7	20.4	33.4	5.55	14.9	0.033	0.04	0.12	2.01	10.6	0.23
30.01.96	3.01	117	488	72.0	22.4	16.7	26.0	4.05	12.8	0.023	<0.01	<0.01	1.89	11.2	0.14
29.02.96	2.99	120	533	86.0	25.4	18.0	27.3	4.44	14.5	0.018	0.03	0.14	2.59	11.3	0.054
31.03.96	3.03	104	365	49.5	21.6	17.8	26.1	5.29	11.7	0.030	<0.01	<0.01	1.80	7.44	0.53
30.04.96	2.62	235	1234	57.7	53.0	52.9	179.0	20.4	28.4	0.027	0.03	<0.01	3.29	9.23	2.93
30.05.96	3.14	75.8	260	25.9	12.3	11.6	19.4	3.96	6.55	0.011	0.04	<0.01	0.84	4.58	3.45
30.06.96	2.91	141	578	71.0	30.0	25.3	36.0	7.98	16.9	0.032	0.15	0.16	2.36	9.74	0.86
30.07.96	3.01	102	266	37.5	16.0	13.4	2.6	3.77	8.36	0.024	0.08	0.07	1.18	5.76	1.66
30.08.96	2.92	159	766	114.0	39.9	28.3	47.9	7.84	22.7	0.068	<0.01	<0.01	3.41	15.9	0.27
Tidsv.middel	3.01	126.7	536	60.3	26.8	22.9	40.4	6.83	15.0	0.032	0.07	0.09	2.10	9.68	1.06
Gj.snitt	3.00	127.8	545	61.9	27.3	23.2	40.6	6.87	15.3	0.034	0.07	0.09	2.15	9.97	1.03
Maks.verdi	3.19	235.0	1234	114.0	53.0	52.9	179.0	20.4	28.4	0.068	0.19	0.23	3.41	17.1	3.45
Min.verdi	2.62	75.8	192	21.3	10.6	11.2	2.6	2.69	5.70	0.011	0.03	0.07	0.80	3.38	0.054

Tabell 9. Analyseresultater. St.2 Liten bekk under jernbanelinjen.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
07.09.95	3.20	53.7	177.0	8.55	8.97	6.90	17.7	2.86	7.41	0.023	0.05	0.05	0.47	5.53	0.34
12.10.95	3.40	28.7	71.3	5.21	3.39	1.91	9.41	1.00	2.15	0.004	0.03	0.01	0.16	4.64	1.40
30.10.95	3.17	42.5	97.3	4.85	3.61	2.83	15.6	1.64	3.55	0.011	0.03	0.02	0.18	3.90	2.90
30.11.95	3.33	54.0	135.0	6.80	5.77	4.90	17.6	2.30	5.08	0.013	0.03	0.03	0.29	5.68	0.62
30.12.95	3.05	96.4	272.0	12.30	11.90	10.50	38.1	5.20	12.10	0.026	0.06	0.05	0.61	10.20	0.11
30.01.96	2.77	130.0	440.0	16.30	16.80	14.10	63.0	8.04	18.10	0.044	0.06	<0.01	0.90	14.80	0.03
30.04.96	3.26	32.6	62.0	3.11	1.93	1.42	11.9	0.96	1.85	<0.005	<0.05	<0.01	0.13	2.38	6.45
30.05.96	3.58	28.2	82.6	4.37	4.50	4.89	5.44	1.50	3.68	<0.005	0.02	<0.01	0.22	2.75	2.40
30.06.96	3.19	55.2	157.2	8.90	8.21	9.07	12.0	2.86	6.61	0.017	0.06	0.05	0.40	5.38	0.84
30.07.96	3.25	36.2	77.0	4.66	3.55	2.84	0.99	1.43	3.37	0.008	0.03	0.01	0.17	3.96	3.10
30.08.96	2.99	70.8	177.0	10.70	8.54	6.88	22.5	3.08	6.77	0.017	0.03	<0.01	0.41	7.85	0.35
Tidsv.midd.	3.17	61.29	175	8.07	7.41	6.37	22.6	3.12	7.09	0.017	0.04	0.02	0.39	6.51	2.00
Gj.snitt	3.20	57.12	158.95	7.80	7.02	6.02	19.48	2.81	6.42	0.015	0.04	0.02	0.36	6.10	1.69
Maks.verdi	3.58	130.00	440.00	16.30	16.80	14.10	63.0	8.04	18.10	0.044	0.06	0.05	0.90	14.80	6.45
Min.verdi	2.77	28.20	62.00	3.11	1.93	1.42	0.99	0.96	1.85	<0.005	0.02	0.01	0.13	2.38	0.03

Tabell 10. Analyseresultater. St.3 Drensgrøft nedenfor vei ved jernbanelinje.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
07.09.95	2.74	176	865	40.9	45.8	34.7	69.8	10.40	21.0	0.067	0.37	0.22	1.81	35.9	0.320
12.10.95	2.80	154	695	42.3	41.9	30.8	48.0	8.08	31.8	0.043	0.40	0.19	1.75	29.5	0.390
30.10.95	2.84	121	182	9.51	10.1	9.69	19.5	2.78	4.84	0.014	0.09	0.05	0.40	6.72	1.200
30.11.95	2.99	155	680	37.4	42.0	30.3	44.6	8.72	15.8	0.031	0.24	0.17	1.53	25.5	0.300
30.12.95	2.99	167	716	43.7	49.0	35.0	47.5	9.97	16.8	0.035	0.33	0.19	1.83	30.5	0.170
30.01.96	2.83	159	731	43.0	50.0	32.6	43.7	8.85	16.2	0.037	0.34	<0.01	1.89	29.8	0.120
29.02.96	2.85	142	533	38.0	44.5	30.0	38.7	9.30	15.3	0.031	0.35	0.18	1.83	30.7	0.081
31.03.96	2.83	135	458	27.6	34.7	20.9	45.0	7.17	11.5	0.030	0.18	<0.01	1.42	16.2	0.910
30.04.96	2.83	96.7	267	8.73	10.7	8.85	41.3	5.01	7.59	<0.005	0.05	<0.01	0.45	6.05	3.030
30.05.96	2.98	102	338	14.5	17.3	15.9	28.0	5.56	9.70	0.011	0.13	<0.01	0.73	11.0	1.000
30.06.96	2.78	152	593	31.9	33.5	29.0	46.4	9.68	16.5	0.030	0.27	0.17	1.36	20.7	0.500
30.07.96	2.75	135	482	24.8	27.8	22.5	29.7	7.61	12.2	0.030	0.25	0.11	1.07	17.6	1.160
30.08.96	2.67	196	832	45.0	55.0	39.2	71.0	11.50	18.7	0.055	0.24	<0.01	1.93	32.4	0.250
Tidsv.midd.	2.85	143.3	557	30.9	35.0	25.7	42.9	7.96	15.0	0.031	0.25	0.10	1.37	22.1	0.74
Gj.snitt	2.84	145.4	567	31.3	35.6	26.1	44.1	8.05	15.2	0.032	0.25	0.10	1.38	22.5	0.73
Maks.verdi	2.99	196.0	865	45.0	55.0	39.2	71.0	11.50	31.8	0.067	0.40	0.22	1.93	35.9	3.03
Min.verdi	2.67	96.7	182	8.73	10.1	8.85	19.5	2.78	4.84	<0.005	0.05	<0.01	0.40	6.05	0.081

Tabell 11. Analyseresultater. Skurru

Dato	Cu µg/l	Zn µg/l
31.08.95	24.3	79.0
15.09.95	10.6	38.0
30.09.95	16.1	53.0
15.10.95	22.7	77.0
30.10.95	36.9	108.0
15.11.95	13.5	106.0
30.11.95	41.9	152.0
15.12.95	50.6	162.0
30.12.95	26.2	107.0
15.01.96	31.1	115.0
30.01.96	29.2	103.0
15.02.96	19.0	94.0
29.02.96	34.4	100.0
15.03.96	32.5	110.0
31.03.96	138.0	410.0
15.04.96	279.0	560.0
30.04.96	80.0	180.0
15.05.96	25.0	66.0
30.05.96	14.8	38.4
15.06.96	16.0	44.0
30.06.96	25.0	62.0
15.07.96	57.0	160.0
30.07.96	29.0	85.0
15.08.96	9.3	36.0
30.08.96	36.0	120.0
Tidsv.midd.	44.4	127.6
Gj.snitt	43.9	126.6
Maks.verdi	279.0	560.0
Min.verdi	9.3	36.0