

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Blindern

O-77061

VANNFORURENSNINGER FRA GRUVER
RØSTVANGEN OG KJØLI

18. april 1979

Saksbehandler: Torulv Tjomsland
Medarbeidere : Rolf Tore Arnesen
Magne Grande

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-77061
Undernummer: II
Løpenummer: 1109
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Vannforurensning fra gruver Røstvangen og Kjøli	Dato: 25. april 1979
	Prosjektnummer: 0-7706101
Forfatter(e): Arnesen, Rolf Tore Grande, Magne Tjomsland, Torulv	Faggruppe:
	Geografisk område: Hedmark og Sør-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 49

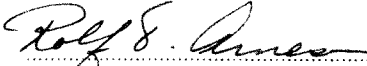
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn og Industridepartementet	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Rapporten omhandler vannforurensning fra de nedlagte gruveområdene på Røstvangen ved Tynset og Kjøli i øvre del av Gaulavassdraget. De ulike tilførselskildenes bidrag samt deres betydning for vannkvaliteten i vassdraget nedstrøms, blir vurdert. Mulige forurensningsbegrensende tiltak blir kommentert.

4 emneord, norske:
1. Røstvangen og Kjøli
2. Gruveforurensning
3. Tungmetaller
4. Tiltak

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.


Prosjektleders sign.:


Seksjonsleders sign.:


Instituttssjefs sign.:

ISBN 82-577-0157-2



Bergvelter på Kjøli.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	5
1.1 Generelt om undersøkelsen	5
1.2 Vannforurensning fra kisgruver	5
2. RØSTVANGEN - VANNKJEMI OG MASSETRANSPORT	7
2.1 Innledning	7
2.1.1 Områdebeskrivelse	7
2.1.2 Undersøkelsesopplegg	7
2.2 Resultater	9
2.2.1 Vann fra øvre gruveområder	9
2.2.2 Vann fra øvre + nedre gruveområder	10
2.2.3 Årlig massetransport - sammenlikning mellom kildene	11
2.2.4 Usikkerhet	12
2.2.5 Vassdraget nedstrøms gruveområdene	12
2.3 Tiltak	14
3. KJØLI - VANNKJEMI OG MASSETRANSPORT	16
3.1 Innledning	16
3.2 Resultater	16
3.2.1 Gruvevann	16
3.2.2 Vann fra velter + gruvevann	17
3.2.3 Årlig massetransport - sammenlikning mellom kildene	18
4. EFFEKTER AV TILFØRSLERNE FRA KJØLI OG KILLINGDAL PÅ GAULA	19
4.1 Årlig massetransport	19
4.2 Tilførslenes betydning for stoffkonsentrasjoner i Gaula	22
4.3 Vurdering av tungmetallenes virkning på laksefisk i Gaula	26
4.4 Usikkerhet	28
5. TILTAK VED KJØLI	30
5.1 Generelt	30
5.2 Mulige tiltak ved Kjøli gruver	31

	Side
6. SAMMENDRAG	33
6.1 Innledning	33
6.2 Røstvangen	33
6.2.1 Resultater	33
6.2.2 Tiltak	34
6.3 Kjøli	34
6.3.1 Resultater	34
6.3.2 Tiltak	35
7. REFERANSER	37
VEDLEGG - Tabeller over vannkjemi, vannføring og massetransport	38

TABELLFORTEGNELSE

I	Årlig massetransport	11
II	Kjemiske analysedata ved befaring 20/6-77	13
III	Årlig massetransport	18
IV	Årlig massetransport fra Killingdal og Kjøli	20
V	EIFAC's maksimale akseptable 50 og 95 prosentiler av målte metallkonsentrasjoner	27
VI	Forhold mellom observerte konsentrasjoner (50 og 95 prosentilene) og maksimale akseptable verdier i Gaula ved Reitan	28

FIGURFORTEGNELSE

1	Oversiktskart - Røstvangen	8
2	Oversiktskart - Kjøli	15
3	Gaula ved Reitan. Sannsynlighet for underskridelse av kobber- og sinkkonsentrasjoner	21
4	Gaula ved Reitan. Tilførselskildenes bidrag til kobber- og sinkkonsentrasjonen som funksjon av vannføring	24
5	Gaula ved vannmerke 1055 Eggafoss	25

1. INNLEDNING

1.1 Generelt om undersøkelsen

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) etter oppdrag fra Industridepartementet (ID) og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Hensikten var å skaffe vannkvalitetsdata i tilknytning til forurensnings-tilførslene fra de nedlagte gruveområdene ved Røstvangen og Kjøli. Det skulle legges vekt på å fastslå den relative betydning av de enkelte forurensningskildene. Resultatene skulle danne grunnlag for prioritering av eventuelle tiltak. Det er tidligere gjort observasjoner i Gaula som har vist at fisket i den øvre del av elven er påvirket av gruveforurensning (Snekvik 1966). Det er derfor ikke gjort undersøkelse i selve Gaula ved denne anledning.

I juni 1977 ble det foretatt en befaringsreise med deltakere fra SFT og NIVA. Jevnlig innsamling av vannprøver har foregått i ett år, fram til sommeren 1978. Skoleelev Vignje Røhme har samlet inn prøver ved Røstvangen. For Kjøli har bonde Jon Bjørgård vært prøvetaker. Prøvene ble analysert ved NIVA.

Resultater av undersøkelsen er presentert i form av EDB-utskrifter (vedlegg). For enkelthets skyld er alle tall angitt med to desimaler. Dette er ikke uttrykk for datamaterialets pålitelighet.

1.2 Vannforurensning fra kisgruver

De viktigste forurensningsvirkninger fra kisgruver som ved Røstvangen og Kjøli skyldes surt gruvevann og surt drensvann fra bergveltene. Slikt vann er karakterisert ved at pH ofte er under 3,0 og at innholdet av jern, kobber og sink er svært høyt. I tillegg kan vannet inneholde andre tungmetaller som f.eks. bly, kadmium og kvikksølv i høyere konsentrasjoner enn det som vanligvis finnes i norsk overflatevann.

Oftest er det avløpsvannets innhold av kobber og sink som medfører de mest utpregede forurensningsvirkningene. Dette skyldes at de ofte forekommer i så høye konsentrasjoner at de er akutt giftige for fisk og næringsdyr for fisk, selv etter fortynning i store resipienter.

Bly, kadmium og kvikksølv forekommer oftest i betydelig lavere konsentrasjoner, men er likevel forurensningsmessig av stor betydning. Disse metallene antas å kunne akkumuleres i organismer, og på lang sikt kan selv relativt lave konsentrasjoner ha biologiske konsekvenser.

Jerninnholdet i avløpsvannet har liten giftvirkning, men konsentrasjonene er oftest høye, og jernhydroksyd vil felles ut etter hvert som pH heves ved fortynning med annet vann. Vannet blir turbid og får en rødlig farge. Slike utfellinger kan ødelegge gyteplasser for fisk, og dyr og planter kan skades ved at det dannes et belegg på dem.

Mengde sulfat i avløpsvannet fra et gruveområde kan gi informasjon om hvor store mengder kismineral som oksyderes. Denne analyseparameteren kan derfor ha betydning som beregningsgrunnlag når tiltak skal vurderes. Forurensningsmessig har imidlertid sulfat liten betydning.

2. RØSTVANGEN - VANNKJEMI OG MASSETRANSPORT

2.1 Innledning

2.1.1 Områdebeskrivelse

Røstvangen ligger ved Stubbsjøen ca. 3 mil vest for Tynset. Driften av gruvene ble innstilt omkring 1920.

Forurensningstilførslene kommer fra to nedlagte gruveområder (figur 1).

Fra det høyestliggende området (ca. 950 m o.h.) tilføres forurensningene fra grunnvannet som siger ut gjennom gruveåpningen (gruvevann) og fra vann som drenerer bergveltene. Dette avløpet har tidligere naturlig drenert til Tunna via den nordgående bekken, se figur 1. Avløpet er nå ledet gjennom enkelte myrområder til det nedre gruveområdet.

Fra det nedre gruveområdet (ca. 750 m o.h.) tilføres forurensningene fra vannet som drenerer bergveltene. Tilskuddet fra gruvevannet er neglisjerbart. Avløpet renner videre til noen tjern som ikke har bekkeavløp. Området som disse tjernene befinner seg i, består av grus og sand som er avsatt av smeltevann fra istidens breer. Under avsmeltingen ble enkelte rester av isen liggende igjen, mens området rundt dem ble fylt av løsmaterialer. Da isrestene smeltet oppsto tjernene i dødisgropene. Løsmassene er av en slik art at vannet drenerer fra disse tjernene utelukkende som grunnvann.

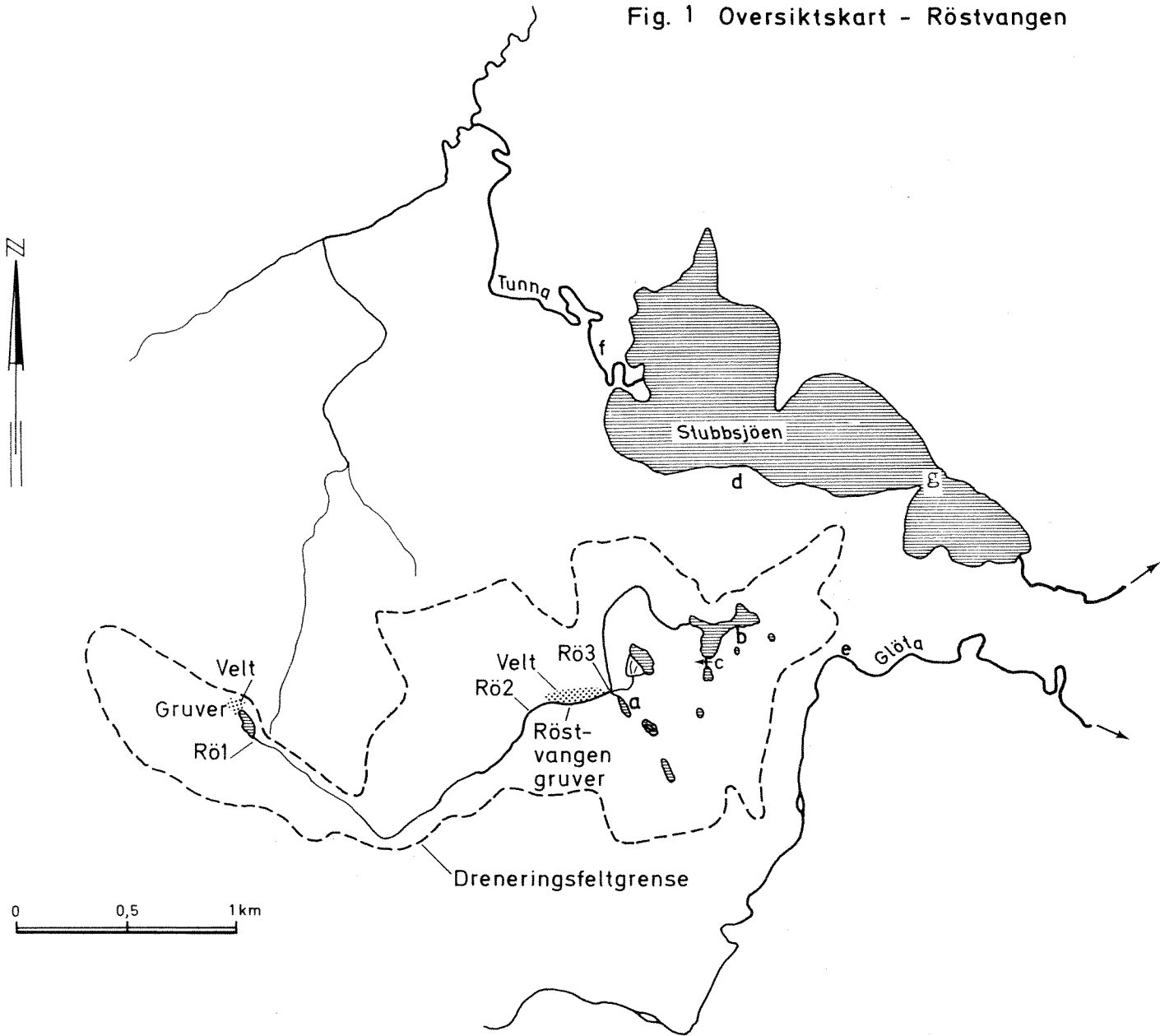
2.1.2 Undersøkelsesopplegg

Målestasjonen Rø 2 representerte avløpet fra øvre gruveområde like oppstrøms det nedre gruveområdet (figur 1).

Rø 3 representerte det samlede tilskudd fra øvre og nedre gruveområde.

Ved disse to stasjonene (Rø 2 og Rø 3) ble det samlet inn regelmessige vannprøver gjennom en årssyklus. Hovedvekten ble lagt på den snøfrie del av året.

Fig. 1 Oversiktskart - Röstvangen



For å få et inntrykk av hvor stor del av tilskuddet fra det øvre gruveområdet som nådde stasjon Rø 2, ble det tatt enkelte prøver ved utløpet av tjernet ved de øvre gruvene (Rø 1).

Ved stasjonene Rø 1 og Rø 2 var det installert måledammer for vannføringsavlesninger.

Enkelte observasjoner av tilførselene til Stubbsjøen ble registrert i Tunna.

I tillegg ble det ved befaring samlet inn prøver fra Stubbsjøen og tjernene nedstrøms Rø 3.

2.2 Resultater

2.2.1 Vann fra øvre gruveområde

Resultatene fra de kjemiske analysene samt vannføringsobservasjoner på prøvetakingsdagene ved stasjon Rø 2, er vist i tabell 1.

Vannføringene varierte mellom 47 l/s og 0,3 l/s omkring en median ¹⁾ verdi på 1,8 l/s. Midtvinters var tilløpet neglisjerbart.

Vannet var tildels meget surt. pH-verdiene varierte innen intervallet 2,7 til 4,9 omkring medianverdien 3,2. De høyeste verdiene (dvs. minst surt) ble målt om vinteren og under snøsmeltingen om våren.

Medianverdiene til komponentene med høyest stoffinnhold var:

kobber	6	mg/l
sink	3,6	"
jern	10	"
sulfat	350	"

De kjemiske parametrene hadde generelt lavere konsentrasjon om vinteren enn om sommeren. Høye vannføringer hadde en fortynnende effekt. Vannets innhold av de ulike kjemiske komponentene ble redusert til i størrelsesorden 1/10 ved transport mellom stasjonene Rø 1 og Rø 2 (tabell 1 og tabell 2).

1) Dersom verdiene rangeres etter størrelsen, er median verdien den midterste i denne rekken.

Årlig transport ble beregnet ved å multiplisere midlere døgnlig transport på observasjonsdagene (tabell 3) med antall døgn i året. De største årlige bidragene ved Rø 2 ble beregnet til:

kobber	0,4	tonn
sink	0,25	"
jern	1,2	"
sulfat	23	"

Tabell 4 viser momentane transportverdier ved utløpet av tjernet i det øvre gruveområdet (Rø 1). De tilsvarende verdiene ved stasjon Rø 2 er lavere (tabell 3). Gjenværende del av de samlede transportmengder fra Rø 1 ved Rø 2 på de fem sammenfallende observasjonsdagene var i gjennomsnitt:

kobber	42 %
sink	58 %
jern	7 %
sulfat	61 %.

Det vil si at en stor mengde holdes tilbake på den mellomliggende myrlendte strekningen. Spesielt gjelder dette jern. Imidlertid kan de magasinerte massene på et senere tidspunkt i en viss grad tilføres bekkevannet.

2.2.2 Vann fra øvre + nedre gruveområde

Observasjonene er hentet fra stasjon Rø 3 som ligger nedstrøms nedre gruveområde (figur 1).

Vannføringene varierte mellom 47 l/s og 300 l/s omkring en medianverdi på 1,8 l/s (tabell 5).

Største, median og minste pH-verdi var 3,2, 2,9 og 2,7 (figur 5). Dvs. at vannet ble mye surere etter å ha passert det nedre gruvområde.

Median konsentrasjon til noen viktige stoffer var:

kobber	10 mg/l
sink	9 "
jern	80 "
sulfat	750 "

Det var ikke noen klare sesongmessige variasjoner. Økte vannføringer hadde som oftest en fortynnende effekt.

Årlig massetransport ble beregnet til:

kobber	1,2 tonn
sink	0,8 "
jern	11 "
sulfat	80 "

Økte vannføringer medførte økt transport (tabell 4 og tabell 5). Det vil si at størstedelen av den årlige massetransport fant sted i tilknytning til snøsmelting eller perioder med regn.

2.2.3 Årlig massetransport - sammenlikning mellom kildene

De vektmessig største bidragene kom fra sulfat, jern, kobber og sink (tabell I). Tilskuddet fra det nedre gruveområdet er beregnet som differansen mellom transportverdiene ved stasjonene Rø 3 og Rø 2.

Tabell I. Årlig massetransport

	Øvre gruveområde		Nedre gruveområde		Sum	
	tonn	%	tonn	%	tonn	%
Kobber	0,4	35	0,8	65	1,2	100
Sink	0,3	31	0,6	69	0,8	100
Jern	1,2	11	10	89	11	100
Sulfat	23	28	58	72	81	100

Sulfat bidro med den største årlige transportmengde. Dernest fulgte jern, kobber og sink.

Mellom 65% og 90% av de samlede tilførslene fra gruveområdene målt ved Rø 3 stammet fra det nedre gruveområdet.

2.2.4 Usikkerhet

Proseduren ved prøvetaking og analyse av vannprøvene medfører en viss usikkerhet og muligheter for feil. Disse faktorene har formodentlig relativt liten innvirkning på de endelige verdiene for årlig transportmengde.

Den årlige transportmengden (Ki 1 og Ki 2) ble beregnet ved å multiplisere midlere momentane transportverdier på observasjonsdagene med årets lengde. Metoden er avhengig av at observasjonsresultatene er representative for en årssyklus.

Antall observasjoner om vinteren var mangelfull. Denne perioden hadde lave vannføringer og dermed lavere transportverdier enn i sommerhalvåret. Dette medvirker til at de beregnede årstransportverdiene blir for store.

Transportverdiene økte i en viss utstrekning med økt vannføring. Korte flomperioder som følge av regn har i for liten grad blitt representert. Dette medvirker til at de beregnede årstransportverdiene blir for små.

På bakgrunn av den nevnte usikkerhet bør de endelige resultatene kun betraktes som retningsgivende. Den relative fordeling av bidragene fra de ulike kildene bør imidlertid være sikrere enn selve transportverdiene.

2.2.5 Vassdraget nedstrøms gruveområdene

Vannet fra gruveområdene renner til tjernene a og b, se figur 1. Ingen av disse tjernene har overflate avløp. Vannet tappes hovedsakelig via grunnvannet til Stubbsjøen og Gløta.

For å få et inntrykk av i hvilken grad sig gjennom løsmassene renses vannet, ble det ved befaringen 20/6-1977 samlet inn en rekke vannprøver i området. Snøsmeltingen var avsluttet, men vannføringene var fremdeles meget store. Analyseresultatene er vist i tabell II.

Tabell II. Kjemiske analysedata ved befaring 20/6-1977.

Målested (se fig. 1)	pH	Kond. $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Sulfat mg/l	Jern mg/l	Kobber mg/l	Sink mg/l
a	3,21	614	310	10	5,5	2,8
b	3,22	605	200	10	3,7	2,3
c	6,65	310	140	0,05	0,008	0,83
d	6,47	210	80	0,10	0,012	0,01
e (Gløta)	6,96	35	3,6	0,08	0,007	<0,01
f (Tunna)	6,69	26	3,8	0,23	0,010	<0,01
g (Stubbsjøen)	6,88	28	4,8	0,17	0,020	<0,01

Prøvene som ble tatt på målesteder med overflatetilløp fra gruveområdet (a og b) var meget sterkt forurensset på denne dagen.

Målestedene c og d mottar vann fra de nevnte forurensede tjernene kun via grunnvannet. Verdiene i tabell II viser at vannets innhold av tungmetaller her var lavt. Ved c tyder sinkinnholdet på en viss påvirkning.

Det synes som om forurensningstilførslene fra gruveområdene holdes tilbake i løsmassene og dermed i liten grad påvirker hovedvassdraget nedenfor, jfr. Gløta (e) og Tunna (f) i tabell II. Etter de erfaringer som foreligger fra norske vassdrag, var tungmetallkonsentrasjonene i Gløta, Tunna og Stubbsjøen ikke høyere enn at det skulle være levevilkår for fisk der. I forhold til upåvirkede vassdrag var kobberinnholdet noe for høyt.

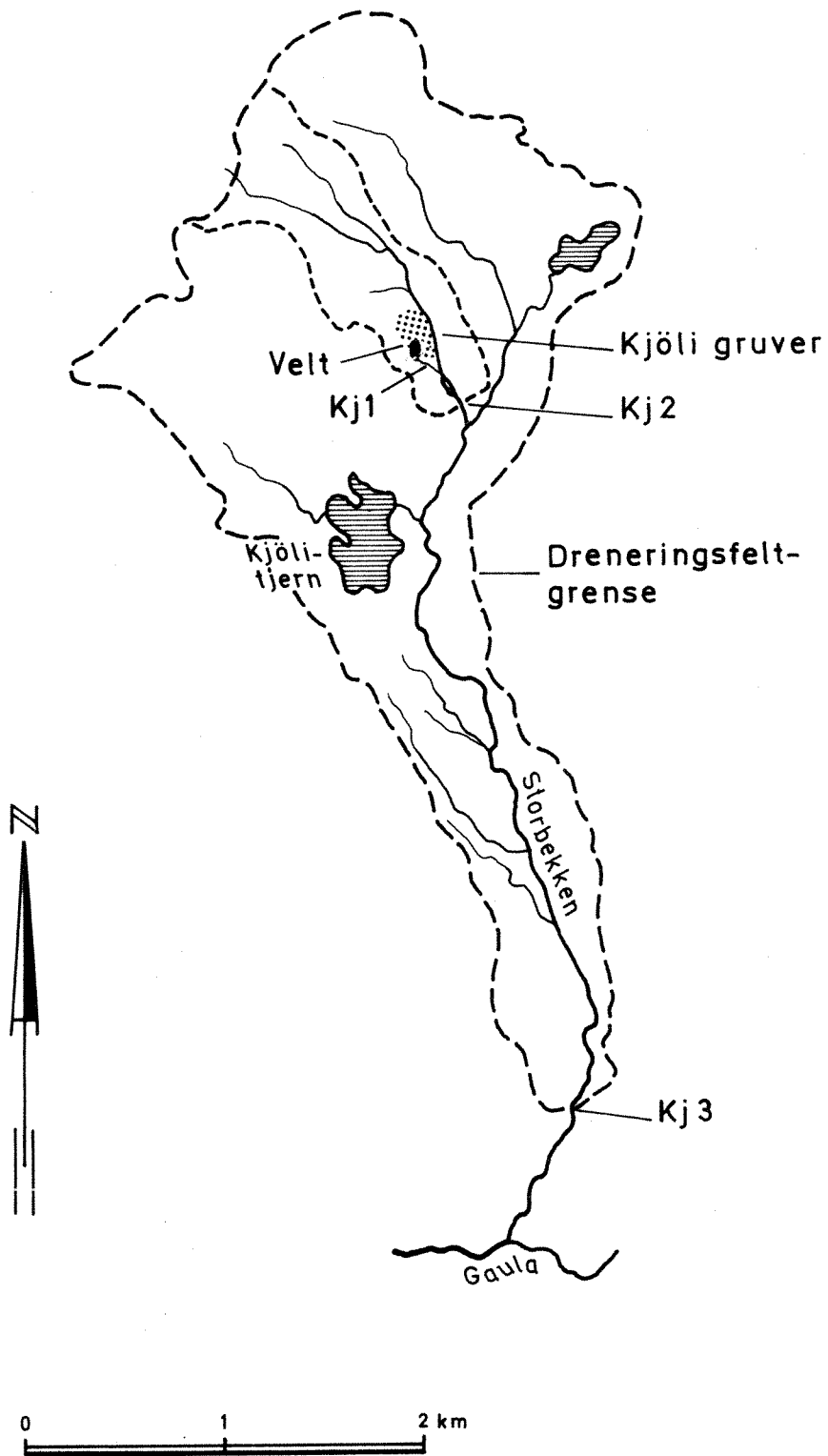
Stubbsjøen har i tidligere år vært utsatt for bl.a. fiskedød på grunn av forurensset gruvevann. For å bedre på dette ble avløpet fra det øvre gruveområdet, som naturlig drenerer til Tunna, ledet gjennom det nedre gruveområdet. Overføringstiltaket har på en effektiv måte redusert disse forurensningstilførslene til Stubbsjøen. Diverse analyser av vann fra Tunnas utløp i Stubbsjøen viste i løpet av undersøkelsesperioden verdier i samme størrelsesorden som i tabell II. På befaringdagene var vannkvaliteten i Stubbsjøen såpass god at fisk ville kunne overleve.

Selv om tilførselene av gruveforurensningene til Stubbsjøen har blitt redusert betraktelig, kan vannet fortsatt tilføres forurensninger fra eksisterende sedimenter både i tilløp og i innsjøen.

2.3 Tiltak

Forurensningstilførselene til Stubbsjøen har avtatt ved at avløpet fra det øvre gruveområdet ble ledet sammen med avløpet fra det nedre gruveområdet. Dette avløpet tilføres vassdraget nedenfor (Stubbsjøen og Gløta) utelukkende som grunnvann. Løsmassene synes å holde tungmetallene effektivt tilbake. Det er derfor ikke grunn til å foreslå ytterligere tiltak for å begrense skadevirkningene av det forurensede vannet fra de nedlagte gruveområdene på Røstvangen foreløpig. En viss overvåking av utviklingen bør foregå.

Fig. 2. Oversiktskart - Kjöli



3. KJØLI - VANNKJEMI OG MASSETRANSPORT

3.1 Innledning

Kjøli tilhører Gaulavassdraget og ligger ca. 4 mil nordøst for Røros. Gruvevirksomheten er nedlagt.

Forurensningstilførslene kommer fra grunnvann som siger ut gjennom gruveåpningen (gruvevann) og fra vann som drenerer bergveltene (figur 2). Avløpet fra gruveområdet (ca. 1050 m o.h.) drenerer via Storbekken til Gaula.

Målestasjonen Kj 1 representerte avløp gjennom gruveåpningen (gruvevann) (figur 2).

Stasjon Kj 2 omfatter det samlede avløp fra området. Dvs. summen av bidragene fra gruvevannet og fra bergveltene.

Mengden som ble tilført Gaula ble registrert ved stasjon Kj 3 (figur 3). Om vinteren var det ikke mulig å ta prøver ved stasjonene Kj 1 og Kj 2 på grunn av snø og is. I denne perioden ble Kj 3 benyttet som et mål for tilførslene fra kildeområdene.

Ved disse stasjonene ble det samlet inn regelmessige vannprøver gjennom en årssyklus. Hovedvekten ble lagt på den snøfrie del av året.

Ved stasjonene Kj 1 og Kj 2 ble det installert måledammer for vannføringsavlesninger.

3.2 Resultater

3.2.1 Gruvevann

Resultatene fra de kjemiske analysene samt vannføringsobservasjoner på prøvetakingsdagene er vist i tabell 7.

Vannføringene varierte mellom 2,5 l/s og 7 l/s. pH-verdiene varierte mellom 2,8 og 3,1. Det var ikke noen typiske sesongvariasjoner.

Medianverdiene til komponentene med høyest stoffinnhold var:

kobber	2,6	mg/l
sink	0,2	"
jern	40	"
sulfat	260	"

Konsentrasjonene varierte lite mellom de forskjellige prøvetakingsdagene. Det ble ikke påvist typiske variasjoner som følge av årstid. Konsentrasjonene økte i en viss grad med økende vannføring.

Årlig massetransport for noen viktige komponenter ble beregnet til:

kobber	0,4	tonn
sink	0,05	"
jern	5,3	"
sulfat	36	"

3.2.2 Vann fra velter + gruvevann

Målestasjonen Kj 2 representerte det samlede avløp fra Kjøli.

Resultatene fra de kjemiske analysene samt vannføringsobservasjoner på prøvetakingsdagene er vist i tabell 9.

Vannføringene varierte mellom 3,6 l/s og 60 l/s omkring en medianverdi på 8,4 l/s. De høyeste verdiene skyldtes regn eller snøsmelting.

Vannets pH-verdier var omtrent de samme som i gruvevannet (2,8 - 3,1). Medianverdiene til komponentene med høyest stoffinnhold var:

kobber	6,6	mg/l
sink	0,24	"
jern	57	"
sulfat	340	"

Økte vannføringer hadde som oftest en fortynnende effekt og førte til lavere konsentrasjoner.

På grunn av snø- og isforhold ble det ikke tatt prøver på Kjøli (Kj 1 og Kj 2) fra desember til midt i juni. I denne perioden ble prøvene hentet fra Storbekkens utløp i Gaula (Kj 3).

Verdiene til de ulike kjemiske parametrene viste her ingen typiske sesongvariasjoner (tabell 11). Konsentrasjonene var i samme størrelsesorden om vinteren som resten av året. Dette tyder på at det foregår materialtransport fra Kjøli også om vinteren. Imidlertid førte avtakende vannføringer om vinteren til redusert massetransport.

Samlet årlig transport fra Kjøli (Kj 2) var:

kobber	2,7	tonn
sink	0,16	"
jern	27	"
sulfat	140	"

Økte vannføringer medførte økt transport (tabell 9 og 10). Det vil si at størstedelen av den årlige massetransport fant sted i tilknytning til snøsmelting og perioder med regn.

3.2.3 Årlig massetransport - sammenlikning mellom kildene

I tabell III er de viktigste forurensningskomponentene listet opp.

Tabell III. Årlig massetransport.

	Gruvevann		Vann fra bergvelter		Sum (=100%) tonn
	tonn	%	tonn	%	
Kobber	0,4	15	2,3	85	2,7
Sink	0,05	31	0,11	69	0,16
Jern	5,3	19	22,0	81	27,4
Sulfat	36,0	26	102,0	74	138,0

Bergveltene var den største forurensningskilden. Mellom ca. 70 og 85% av områdets årstransport av de ulike komponentene kom fra dem (Tabell III).

4. EFFEKTER AV TILFØRSLENE FRA KJØLI OG KILLINGDAL PÅ GAULA

Tungmetallforurensningene i øvre deler av Gaula skyldes tilførselene fra gruveområdene ved Kjøli og Killingdal. Tilløpet fra Kjøli munner ut i Gaula ca. 7 km oppstrøms tilløpet fra Killingdal. Parallelt med undersøkelsen ved Kjøli er det gjort tilsvarende undersøkelse ved Killingdal (NIVA 1979).

Som bakgrunn for prioritering av eventuelle forurensningsbegrensende tiltak ble tilførselens betydning for Gaula både fra Kjøli og Killingdal vurdert samlet.

4.1 Årlig massetransport

Samlet årlig tilførsel fra de to områdene er for noen viktige komponenter beregnet til:

kobber	6,4	tonn
sink	25	"
jern	101	"
sulfat	376	"

Fordelingen av tilførselene fra ulike kilder er vist i tabell IV.

58% av kobbertilførselene til Gaula kom fra Killingdal og 42% fra Kjøli. Veltene fra Kjøli og Killingdal bidro med 36% hver og pumpet gruvevann fra Killingdal med 19%. Naturlig drenert gruvevann på Kjøli og Killingdal bidro med henholdsvis 6% og 3%.

Hele 99% av sinktilførselene kom fra Killingdal. Bidragene fra pumpet gruvevann, veltene og naturlig drenert gruvevann var henholdsvis 52%, 43% og 4%.

73% av jerntilførselene kom fra Killingdal og 27% fra Kjøli. Veltene på Killingdal og Kjøli bidro med henholdsvis 59% og 22% og pumpet gruvevann på Killingdal med 11%. Naturlig drenert gruvevann fra Kjøli og Killingdal var henholdsvis 5% og 3%.

63% av sulfattilførselene kom fra Killingdal og 37% fra Kjøli. Veltene på Killingdal og Kjøli bidro med henholdsvis 40% og 27% og pumpet gruvevann på Killingdal med 20%. Naturlig drenert gruvevann fra Kjøli og Killingdal var henholdsvis 10% og 3%.

Tabell IV. Årlig massetransport fra Killingdal og Kjølvi.

	K I L L I N G D A L						K J Ø L L I						SUM			
	Gruvevann (naturlig drenering)		Velt		Gruvevann (pumpet)		SUM		Gruvevann		Velt			SUM		
	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%		tonn	%	
Kobber	0,2	3	2,3	36	1,2	19	3,7	58	0,4	6	2,3	36	2,7	42	6,4	100
Sink	1,1	4	11	43	13	52	25	99	0,05	0,2	0,1	0,4	0,1	0,6	25	100
Jern	3,2	3	60	59	11	11	79	73	5,3	5	22	22	27	27	101	100
Sulfat	12	3	151	40	75	20	238	63	36	10	102	27	138	37	376	100

4.2 Tilførslenes betydning for stoffkonsentrasjoner i Gaula

Kobber og sink antas å være de stoffer som har størst skadelig virkning (fiskedød m.m.). Det er derfor viktig å ha kjennskap til i hvilken grad de ulike kildene bidrar til kobber- og sinkinnholdet i Gaula.

Beregningene er gjort på grunnlag av de tilførsler som er målt på de enkelte prøvetakingsdagene. Stoffene er antatt å være konservative, dvs. at totalmengden i Gaula er lik summen av målte verdier fra Kjøligrav og Killingdal.

Beregningene ble relatert til Gaula ved Reitan jernbanestasjon, ca. 6 km nedstrøms tilløpet fra Killingdal. Dreneringsarealet er ca 200 km².

Vannføringene der ble funnet ved å redusere observerte verdier ved det nedenforliggende NVE-vannmerket (VM 1055, areal: 653 km²) tilsvarende forskjellene mellom dreneringsarealene. De ulike kildenes innvirkning på vannkvaliteten i Gaula avhenger av forholdet mellom tilførslene og de samtidig eksisterende vannføringene i Gaula. For eksempel vil kortvarige høye konsentrasjoner kunne føre til fiskedød m.m. For å ta hensyn til slike effekter ble konsentrasjonsbidragene fra de ulike kildene regnet ut for samtlige prøvetakingsdager og presentert i et sannsynlighetsdiagram (figur 3).

Figuren angir sannsynligheten for at den beregnede konsentrasjon av et metall i Gaula er lavere enn en gitt verdi. En verdi med sannsynlighet tilsvarende 80% betyr at 80 prosent av de beregnede konsentrasjonene var lavere enn denne verdien. Når det antas at beregnede konsentrasjonsverdiene er representative for en årssyklus, er dette ensbetydende med at verdien underskrides i 80% av året.

Karakteristiske belastningsverdier av kobber fra de ulike kildene var:

	50 %	95 %
	µg/l	µg/l
Kjøli, gruvevann + velt	20	85
Killingdal, nat. gruvevann + velt	25	125
Killingdal, pumpet gruvevann	15	75
Totalt	75	225

Bidragene til kobberkonsentrasjonene i Gaula var i samme størrelsesorden for de tre nevnte enkeltkildene. Tilskuddet fra Killingdal (velt + nat. gruvevann) ga høyere maksimalverdier enn Kjøli tiltross for samme årlig masse-transport.

Karakteristiske belastningsverdier av sink fra de ulike kildene var:

	50 % µg/l	95 % µg/l
Kjøli, gruvevann + velt	5	10
Killingdal, nat. gruvevann + velt	130	300
Killingdal, pumpet gruvevann	150	over 800
Totalt	300	over 800

Bidragene til sinkkonsentrasjonene i Gaula fra Kjøli var neglisjerbare. Tiltross for at den årlige massetransport av sink fra pumpet gruvevann og tilførselene fra Killingdal forøvrig var i samme størrelsesorden, ville bidraget fra det pumpede gruvevannet klart ha ført til de høyeste konsentrasjonene i Gaula. Dette skyldes at de største tilførselene fra spesielt veltene kom i tilknytning til snøsmelting eller regnevær. I slike situasjoner hadde også Gaula høy vannføring og dermed stor fortynningseffekt.

Fig. 4 viser de ulike kildenes bidrag til kobber- og sinkkonsentrasjonene i Gaula ved Reitan jernbanestasjon som funksjon av vannføring på prøvetakingsdagene. Til tross for at enkelte verdier viste store avvik fra den trukne kurven ga resultatene uttrykk for en meget klar tendens.

Det ble antatt at gruvevannet pumpes med konstant mengde hver dag. Konsentrasjonstilskuddet blir i så fall omvendt proporsjonalt med vannføringen i Gaula. Dette fører til særlig høye sinkverdier ved lave vannføringer.

Pumpes gruvevannet ut med lengre tidsintervaller, vil det føre til tilsvarende høyere konsentrasjoner; dette har spesielt stor betydning i perioder med lav vannføringen. Dersom f.eks. den tidligere pumperutinen (10 ganger pr. år) ble benyttet, ville konsentrasjonene de gangene pumpingen foregikk bli i størrelsesorden 35 ganger større enn ved daglig pumping.

Fig. 4. Gaula ved Reitan.

Tilførselskildenes bidrag til kobber- og sink-konsentrasjonen som funksjon av vannføring.

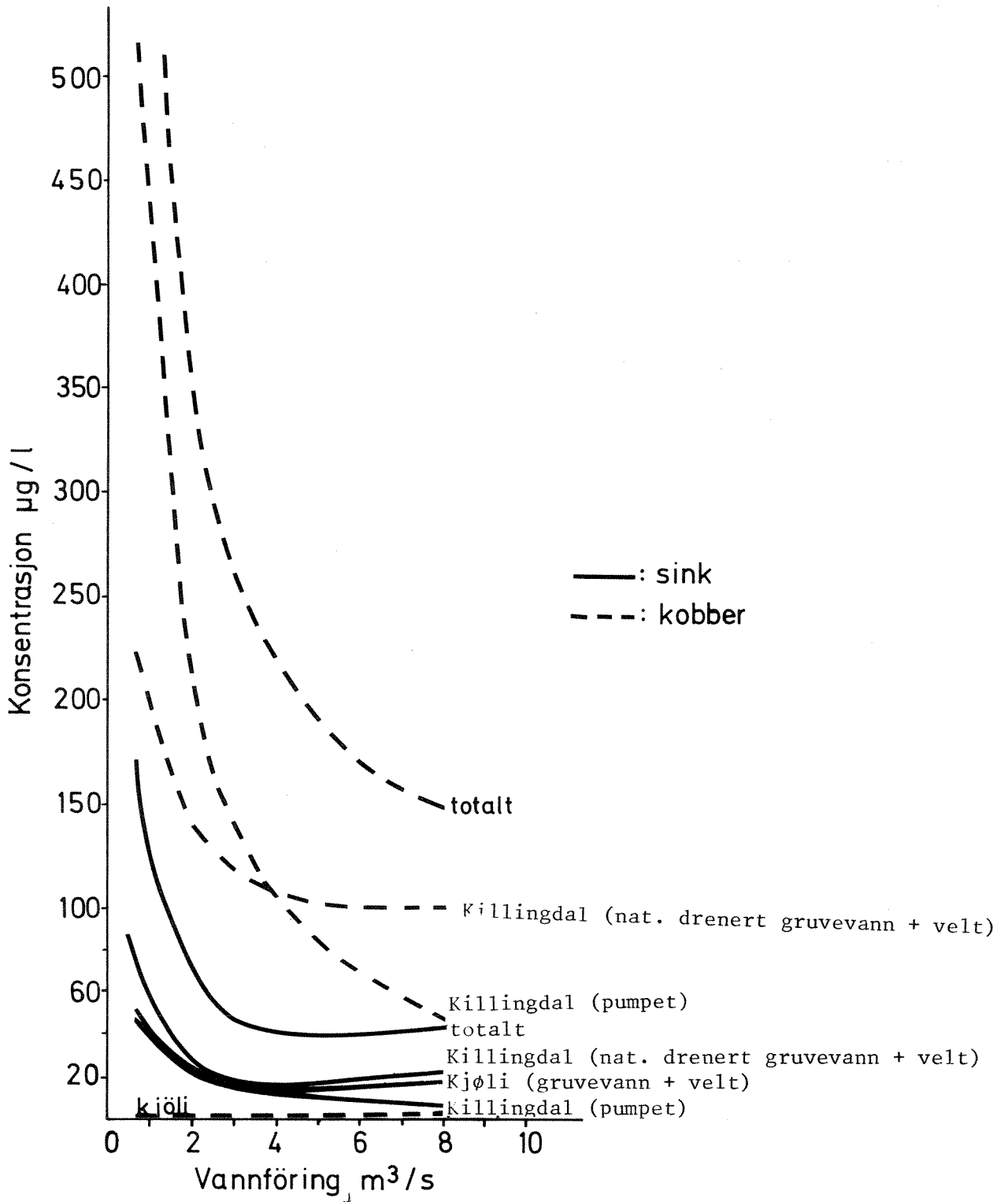
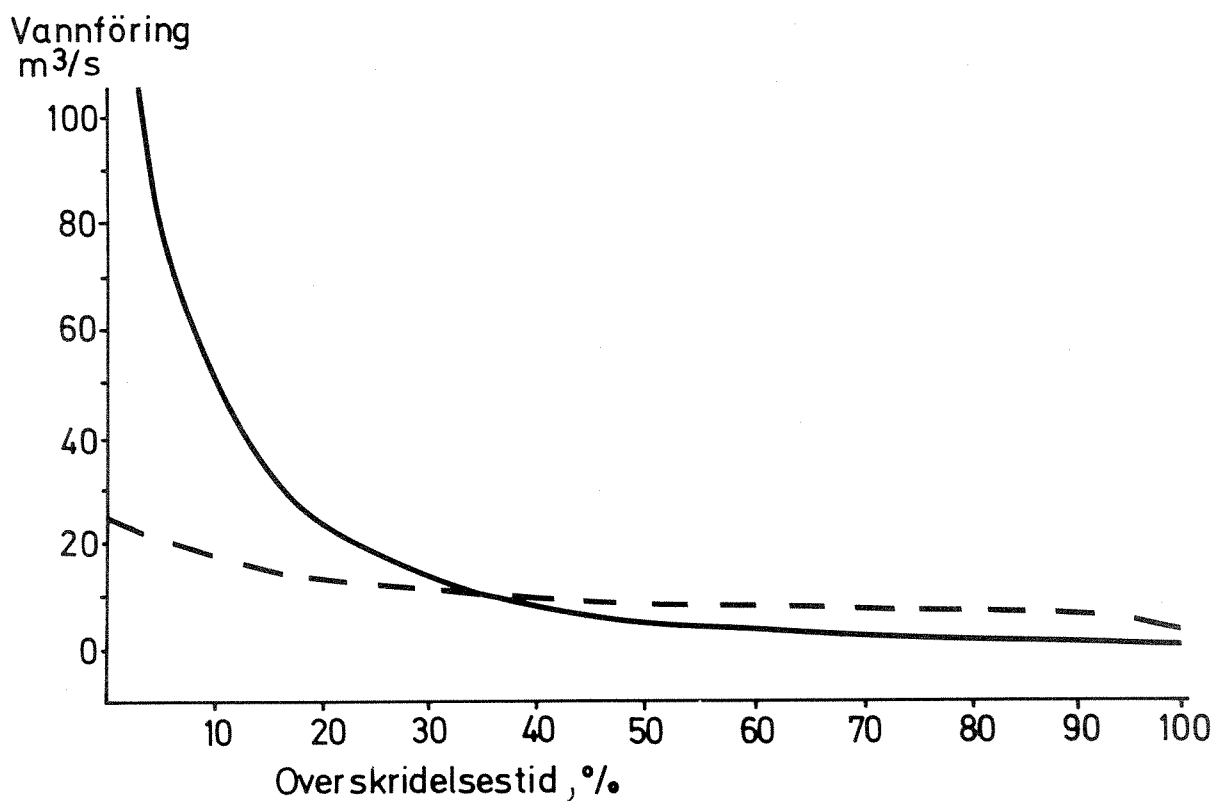


Fig. 5. Gaula ved vanmerke 1055 Eggafoss.

Varighetskurver for perioden 1942-1976 ———
og for prøvetakingsdagene - - -



I perioder med liten vannføring i Gaula er det grunn til å tro at også vanntilførselen til gruven er mindre enn årsgjennomsnittet. Dette vil føre til lavere konsentrasjonsbidrag enn beregningene foran gir uttrykk for. En kvantitativ vurdering av denne effekten lar seg neppe gjennomføre uten feltundersøkelse.

Tilskuddene til konsentrasjonene i Gaula fra Kjøli og Killingdal (velt + naturlig drenert gruvevann) avtok raskt med økende vannføring i intervallet $0,5 \text{ m}^3/\text{s} - 4 \text{ m}^3/\text{s}$ (figur 4). Det vil si at vannføringen i Gaula da økte mer enn økte tilførsler av sink og kobber fra kildeområdene. Kurvene flater ut ved vannføringer over ca $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette kan tolkes som at regn eller smeltevann da førte til en tilsvarende sterk økt utvasking av veltene.

Det er av interesse å ha kjennskap til i hvilken grad de forannevnte konsentrasjonsberegningene representerte en årssyklus. Belastningene var avhengig av vannføringene (figur 4). Følgelig var det viktig at vannføringene på observasjonsdagene representerte en årssyklus. Figur 5 viser varighetskurvene for vannføringene ved det anvendte vannmerket (VM 1055 Eggafoss) for perioden 1942 - 1976 og for observasjonsdagene. Kurven viser hvor stor del av tiden i prosent en gitt vannføring overskrides. Høye vannføringer med overskridelsestid på under 20% av året var i liten utstrekning representert på prøvetakingsdagene. Forøvrig var overensstemmelsen god. Da tungmetallinnholdet var størst ved lave vannføringer (figur 4), synes det som om perioder med høye konsentrasjoner i Gaula var godt representert.

4.3 Vurdering av tungmetallenes virkning på laksefisk i Gaula

Tungmetallenes virkninger på ferskvannsfisk er bl.a. avhengig av vannets hardhet. På grunnlag av to målinger (i august og juni) ved Eggafossen er hardheten beregnet til $11 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$ i middel. EIFAC (European inland fisheries advisory commission) har foreslått vannkvalitetskriterier for kobber, sink og kadmium. Disse er angitt som maksimalt akseptable årlige 50 og 95 prosentiler av målte metallkonsentrasjoner i vannet. Det dreier seg da om "løselig" metall, dvs. den andel som passerer gjennom et filter med poreåpning $0,45 \mu\text{m}$.

I tabell V. er oppført EIFAC's normer for kobber og sink ved en hardhet på ca. 10 mg CaCO₃/l.

Tabell V. EIFAC's maksimale årlige akseptable 50 og 95 prosentiler av målte metallkonsentrasjoner.

Metall	EIFAC		Gaula		Andel av EIFAC's normer (Gaula/EIFAC)	
	50-pros. µg/l	95-pros. µg/l	50-pros. µg/l	95 pros. µg/l	50 pros.	95 pros.
Kobber	3	15	75	220	25	15
Sink	15	60	300	800	20	13
Sum					45	28

Som en ser av tabellen ligger de beregnede verdiene for den samlede belastning i Gaula langt over EIFAC's normer. Ser en på 50 prosentilene ligger de for kobber hele 25 ganger høyere enn EIFAC's verdi. Dersom en grovt sett regner en additiv effekt av metallene, blir summen hele 45 ganger høyere enn EIFAC's 50% verdier. Disse verdiene skulle være 1 eller lavere for at en skulle være sikret mot skadevirkninger overfor laksefisk.

Sammenligning av EIFAC's normer og konsentrasjoner av sink og kobber i andre norske vassdrag forurenset fra gruver har vist at EIFAC's normer kan virke noe lave. Det vil si at det er funnet fisk ved høyere konsentrasjoner enn de som er satt som grenseverdi av EIFAC. Spesielt må her nevnes Orkla og et sidevassdrag, hvor konsentrasjonene var henholdsvis 6,2 og 3,1 ganger høyere enn EIFAC's normer for kobber og sink sammenlagt. På begge lokaliteter finnes idag laksefisk. Dersom en antar at Gaula og Orkla er relativt like, burde en i gunstigste fall kunne opprettholde en fiskebestand ved ca 6 ganger EIFAC's normer. Dvs. at de beregnede Gaulaverdier 45 og 28 kan divideres med 6. En får da at Gaula's beregnede 50- og 95-prosentil verdier er henholdsvis 7,3 og 4,7 ganger for høye for kobber og sink totalt ved Reitan. De ulike kildenes andeler er vist i tabell VI. Toleransekravene er da satt til det 6-dobbelte av EIFAC-normene i overensstemmelse med bl.a. observasjonene i Orkla. (Grande 1977).

Tabell VI. Forhold mellom observerte konsentrasjoner (50 og 95 prosentilene) og maksimalt akseptable verdier i Gaula ved Reitan.

	Killingdal		Killingdal		Kjøli		Totalt	
	velt + naturlig gruvevann		pumpet gruvevann		velt + gruvevann			
	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
Kobber	1,3	1,4	0,8	0,8	1,1	0,9	4,1	2,5
Sink	1,4	0,8	1,6	1,6	0,05	0,02	3,2	2,2
Sum	2,7	2,2	2,4	2,4	1,1	0,9	7,3	4,7

I følge tabell IV vil bidragene av kobber fra Killingdal (velt + nat. drenert gruvevann), sink via pumpet gruvevann på Killingdal og den resterende sinktilførslen fra Killingdal hver for seg være tilstrekkelig til å medføre fiskedød.

Det er målt relativt høye kadmiumkonsentrasjoner i bekken fra Killingdal. Kadmium er likevel ikke vurdert i denne sammenheng idet betydningen av kobber og sink synes å være størst når det gjelder akutt giftighet.

4.4 Usikkerhet

De forannevnte beregninger og vurderinger er basert på en rekke usikre antagelser.

Det ble antatt at verdiene på observasjonsdagene var representative for en årssyklus. Ideelt sett burde prøvetakingen vært foretatt langt oftere for å tilfredsstille dette kravet. Ukentlige eller helst daglige observasjoner hadde vært ønskelig. Imidlertid synes den forannevnte sammenheng mellom vannføring og konsentrasjon i Gaula samt vannføringenes varighetskruver på observasjonsdagene og for et middelår, å tyde på at perioder med stor belastning i Gaula var tilfredsstillende representert.

Vannføringene i Gaula ved Reitan ble antatt å være ca. 1/3 av vannføringene ved Eggafoss. Ulikt tidspunkt for snøsmelting eller nedbør for Gaula oppstrøms henholdsvis Reitan og Eggafoss vil medføre feil. Usikkerheten kan påvirke konsentrasjonsberegningene i både positiv og negativ retning.

Det ble antatt at både kobber og sink var konservativt på strekningen mellom kildeområdene og Gaula ved Reitan. Det er grunn til å tro at disse metallene vil felles ut og lagres i sedimentene i perioder med lav vannføring.

Ved høye vannføringer kan dette igjen tilføres vannet i Gaula. I så fall reduseres de høyeste konsentrasjonsverdiene, som var knyttet til lave vannføringer.

Observasjoner i en rekke vassdrag viser at kritiske tungmetallkonsentrasjoner for laksefisk kan variere. Vi har imidlertid benyttet resultater fra undersøkelser i Orkla for valg av verdier. Vassdragene er trolig sammenlignbare.

På grunn av den eksisterende usikkerhet bør resultatene kun betraktes som retningsgivende. Forholdene mellom effekter som skyldes bidrag fra de ulike kildene, er trolig sikrere enn de tilsvarende absolutte verdiene.

5. TILTAK VED KJØLI

5.1 Generelt

Tiltak mot forurensninger fra gruver kan deles i to hovedgrupper:

- Tiltak som forhindrer at forurensninger skapes og spres.
- Rensing av drensvann fra gruver og velter.

Innen begge grupper kan det være en rekke alternativer å velge mellom, avhengig av vannets sammensetning og mengde, samt naturforholdene på stedet.

For å redusere forurensningsmengden som skapes og spres i drensvannet, må de prosesser som frigjør svovelsyre og tungmetaller hindres. Dette kan skje enten ved å begrense lufttilgangen til kismaterialene eller ved at det skapes et ugunstig miljø for bakterier som spiller en viktig rolle ved oksydasjonsprosessen. I praksis kan dette enten skje ved å dekke avgangshaugen med tette materialer, fylle graven helt eller delvis med vann, eller f.eks. ved at pH i vann som kommer i kontakt med kismineraler heves ved kalking.

Rensing av avløpsvann fra gruver kan gjøres etter de prinsipper som gjelder for alle tungmetallholdige avløpsvann. Det er imidlertid ofte meget høye konsentrasjoner av jern i vannet, noe som skaper problemer ved de fleste kjente rensemeter.

En vanlig fremgangsmåte ved rensing av slikt vann er å felle ut tungmetallene som hydroksyder med kalk, kalkstein e.l. Dette medfører store slammengder som må deponeres. Andre muligheter kan være å opparbeide vannet på verdifulle, men giftige metaller. Først og fremst gjelder dette kobber, men også sink er aktuelt. Det kan brukes spesielle separasjonsmetoder, f.eks. ionebytting eller væske-ekstraksjon hvoretter konsentratet kan viderebearbeides ved elektrolyse e.l.

5.2 Mulige tiltak ved Kjølvi gruver

Det fremgår av tabell IV at veltene ved Kjølvi tilfører Gaula 36% av den samlede kobbermengde fra Kjølvi og Killingdal. Forøvrig er tilførslene fra Kjølvi av beskjedent omfang.

Før vi ble klar over at gruvevannet fra Kjølvi transporterer såvidt lite kobber og sink i forhold til andre kilder i området, ble Bergmesteren i Trondheimske Distrikt kontaktet vedrørende muligheter for å sette gruvene under vann. I brev av 9. november 1978 har Bergmesteren anslått areal av flater over nåværende vannspeil i gruva til ca. 71.000 m². Ved å stenge nåværende gruvevannsutløp antar han at vannspeilet kan heves ca. 17 m. Det ovennevnte areal vil derved reduseres med ca. 50%.

Dersom det antas at forurensningsmengden er proporsjonal med det areal som er eksponert, betyr dette en reduksjon med ca. 200 kg kobber pr. år eller ca. 3% av total tilførsel av kobber til Gaula. For sink vil reduksjonen eventuelt bli helt ubetydelig. Det er derfor liten grunn til å foreslå å heve vannstanden i gruva.

Tiltakene ved Kjølvi bør derfor konsentreres om veltene. Som nevnt er de aktuelle tiltakene i første rekke overdekking eller nøytralisering - kalking. Det vil være mange problemer forbundet med en fullstendig overdekking av veltene. Bl.a. er det vanskelig å finne tilstrekkelig mengde overdekkingsmasser uten at det samtidig gjøres betydelig naturskade. Ved en overdekking vil det være praktisk umulig å hindre at noe vann går gjennom veltene. Det foreligger erfaringer fra andre områder her i landet som kan tyde på at overdekking medvirker til en øket omsetning i kisholdige velter på grunn av høyere vintertemperatur.

Overdekking med syntetiske materialer, f.eks. plast, kan gi bedre resultater, men instituttet har ikke utredet dette nærmere foreløpig.

Vi foreslår at det utføres en forsøksvis kalking av veltene. Det vil sannsynligvis bli nødvendig å gjenta en slik behandling med mellomrom i årene fremover, men det er rimelig å tro at selv en begrenset kalking vil redusere den årlige tilførsel av kobber til Gaula. Det er ønskelig å tilføre så store kalkmengder som mulig i første omgang, og en kunne

ta utgangspunkt i det nødvendige årsforbruk for å nøytralisere sivevannet fra veltene.

Sulfatmengden fra veltene er ca. 100 tonn pr. år som SO_4 . Dersom det antas at sulfat er eneste anion, vil nøytralisering og utfelling av tungmetaller o.l. kreve ekvivalente mengder kalk, dvs. ca. 790 kg hydratkalk (Ca(OH)_2) pr. tonn sulfat, eller ca. 80 tonn hydratkalk pr. år.

Vi har ikke funnet noen beskrivelse i litteraturen av erfaringer med kalking av gruvetipper her i landet, og det bør vises en viss forsiktighet ved gjennomføring av kalkingen. Det vil antakelig være mest effektivt å benytte finknust hydratkalk som fordeles over veltene i form av en konsentrert slurry. Mengden som spres pr. tidsenhet bør avpasses etter årstid og værforhold, og kalking bør neppe skje på sne eller frossen mark, fordi effekten da blir liten. En jevn dosering på 2 tonn pr. døgn vil ikke gi skadevirkninger. Denne doseringen kunne økes etter hvert som man fikk erfaring med virkningen. Tilsatt mengde i første forsøksperiode bør være minst 20 tonn, muligens mer dersom forholdene tillater det. Forsøksvis bør det tas sikte på å spre ut 80 tonn hydratkalk i løpet av det første året.

Hensikten med kalkingen er å heve pH i velten slik at det blir dårligere betingelser for den mikrobiologiske omsetning av svovelkis. Denne prosessen spiller stor rolle for dannelse av surt tungmetallholdig vann. Dessuten vil kalkingen føre til utfelling av jern- og andre tungmetallhydroksyder slik at transporten av disse metallene reduseres. Fordi kalken gradvis blir vasket bort igjen, er det klart at effekten av et slikt tiltak blir tidsbegrenset.

Som nevnt, er det tidligere ikke utført liknende kontrollerte forsøk med kalking av gruvetipper her i landet. Det er derfor vanskelig å vurdere de langsiktige effekter på forhånd. Kalking av veltene ved Kjøli må derfor betraktes som et forsøk som kan gi verdifulle erfaringer med hensyn til mulige tiltak også i andre gruveområder. Et annet mulig tiltak kunne være å plassere veltene under vann, f.eks. ved å dumpe massene i Kjølitjern. Dette alternativ er ikke vurdert mer inngående, og det er en rekke detaljer som må avklares før det kan gjennomføres. Selv om et slikt tiltak blir benyttet vil det fortsatt være behov for å foreta kalking av området. Resultatene av tiltakene bør overvåkes med et liknende program som det som er beskrevet i denne rapporten.

6. SAMMENDRAG

6.1 Innledning

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og Industridepartementet (ID).

Hensikten var å skaffe vannkvalitetsdata i tilknytning til forurensningstilførslene fra de nedlagte gruveområdene ved Røstvangen og Kjøli. Resultatene skulle danne grunnlag for prioritering av eventuelle tiltak.

De innsamlede prøvene representerer en årssyklus.

6.2 Røstvangen

Røstvangen ligger ved Stubbsjøen ca. 3 mil vest for Tynset. Forurensningstilførslene kommer fra to nedlagte gruveområder (se fig. 1 s. 8).

Fra det høyestliggende området (ca. 950 m o.h.) tilføres forurensningene fra gruvevannet som siger ut gjennom gruveåpningen (gruvevann) og fra vann som drenerer veltene. Dette avløpet har naturlig drenert til Tunna og Stubbsjøen via den nordgående bekken (figur 1). Stubbsjøen har tidligere vært utsatt for bl.a. fiskedød. For å bedre på dette er avløpet nå ledet gjennom enkelte myrområder til det nedre gruveområdet.

Fra det nedre gruveområdet (ca. 750 m o.h.) tilføres forurensningene fra vannet som drenerer veltene. Tilskuddet fra gruvevannet er neglisjert. Avløpet drenerer videre til noen tjern. Løsmassene er av en slik art (grus og sand) at avløpet fra disse tjernene foregår utlukkende som grunnvannsig.

6.2.1 Resultater

Årlig massetransport av kobber og sink fra de to gruveområdene ble beregnet til henholdsvis 1,2 tonn og 0,8 tonn. Henholdsvis ca. 65% og ca. 70% av dette kom fra det nedre området.

Samlet årstransport av jern og sulfat ble beregnet til henholdsvis 11 tonn og 80 tonn. Henholdsvis ca. 90% og 70% av dette kom fra det nedre området.

Det synes som at forurensningstilførslen fra gruveområdene holdes effektivt tilbake ved transport gjennom løsmassene og dermed i liten grad påvirker hovedvassdraget nedenfor. På befaringsdagene var tungmetallkonsentrasjonene i Stubbsjøen av en slik størrelsesorden at f.eks. laksefisk ville kunne overleve.

6.2.2 Tiltak

Forurensningstilførslene til Stubbsjøen har avtatt ved at avløpet fra det øvre gruveområdet ble ledet sammen med avløpet fra det nedre. Løsmassene filtrerer dette vannet effektivt. Instituttet mener derfor at det ikke er grunn til å foreta ytterligere tiltak for å begrense skadevirkningene av det forurensede vannet fra de nedlagte gruveområdene på Røstvangen foreløpig.

6.3 Kjøli

Kjøli ligger i øvre del av Gaulavassdraget ca. 4 mil nordøst for Røros. Gruvevirksomheten er nedlagt. Forurensningstilførslene kommer fra gruvevann og fra vann som drenerer veltene. Avløpet fra gruveområdet (ca. 1050 m o.h.) drenerer via Storbekken til Gaula.

Tungmetallforurensningen i øvre del av Gaula skyldes i første rekke tilførsler fra gruveområdene ved Kjøli og Killingdal.

Denne rapporten omhandler forholdene ved Kjøli. Resultatene ble vurdert i sammenheng med tilførslene fra A/S Killingdal grubeselskaps gruve på Killingdal. Forholdene ved Killingdal er beskrevet i NIVA 1979.

6.3.1 Resultater

Kobber og sink hadde forurensningsmessig sett størst betydning. Konsentrasjonene var av en slik størrelsesorden at de kunne være akutt giftige for fisk i Gaula. I dette sammendraget blir derfor hovedvekten lagt på disse stoffene. Også forekomst av kvikksølv og kadmium er undersøkt. For

kvikksølv var konsentrasjonene lave, mens det for kadmium er klart høyere verdier enn i upåvirkede vassdrag.

Årlig transport av kobber fra Kjøli ble beregnet til 2,7 tonn. Ca. 85% av dette kom fra bergveltene og ca. 15% fra gruvevannet. Den årlige kobbertilførslen fra Killingdal var ca. 1,4 ganger større enn bidraget fra Kjøli.

Årlig transport av sink ble beregnet til 0,6 tonn, hvorav størsteparten kom fra veltene. Sinkbidraget fra Killingdal var ca. 200 ganger større enn bidraget fra Kjøli.

Konsentrasjonene av kobber og sink i Gaula ved Reitan som følge av gruveforurensningen, overskrider de normer som antas å gjelde for at laksefisk kan overleve. Bidragené fra Killingdal (velt + nat. drenert gruvevann) både av kobber og sink og sinktilførslene via det pumpede gruvevannet samt kobbertilførslene fra Kjøli, kan hver for seg føre til fiskedød.

6.3.2 Tiltak

Årlig kobbertilførsel via gruvevannet var ca. 6% av det samlede bidraget til Gaula (Kjøli og Killingdal). Ved å heve grunnvannspeilet i gruen, vil det totale bidraget til Gaula reduseres til ca. 3%. Sinktilførselen via gruvevannet var neglisjerbar. Det er derfor liten grunn til å foreslå tiltak for å begrense tilførslene fra gruvevannet.

Tiltakene bør konsentreres om veltene. Aktuelle alternativer kan være overdekking eller kalking.

Ved en overdekking med jordmasser vil det være praktisk umulig å hindre at noe vann siger gjennom veltene. Erfaringer fra andre områder i landet kan tyde på at en slik overdekking medvirker til økt omsetning i kisholdige velter på grunn av høyere vintertemperatur.

Overdekking med syntetisk materiale, f.eks. plast, kan gi bedre resultater, men instituttet har ikke utredet dette nærmere foreløpig.

Vi foreslår en kalking av veltene. Forsøksvis bør det tas sikte på å spre ca. 80 tonn i løpet av det første året.

Hensikten med kalkingen er å heve pH i veltene slik at det blir dårligere betingelser for mikrobiologisk omsetning. Denne prosessen spiller stor rolle for dannelsen av surt tungmetallholdig vann. Dessuten vil kalkingen føre til utfelling av jern og andre tungmetallhydroksyder slik at transporten av disse metallene reduseres.

Det er ikke utført kontrollerte forsøk med kalking av gruvetipper har i landet tidligere. Det er derfor vanskelig å vurdere de langsiktige effektene på forhånd. Kalking av veltene på Kjøli bør betraktes som et forsøk som kan gi verdifull erfaring. Et annet tiltak kunne være å plassere veltene under vann, f.eks. ved å dumpe massene i Kjølitjern. Selv om et slikt tiltak blir benyttet vil det fortsatt være behov for kalking av området.

Resultatene bør følges opp med en overvåkingsundersøkelse.

7. REFERANSER

Grande, M., 1977: Vannkvalitetskrav for ferskvannsfisk. En orientering om det arbeid som utføres av den europeiske innlandsfiskekommission (EIFAC). Norsk institutt for vannforsknings årbok 1976.

NIVA, 1979: Vannforurensninger fra gruver - Killingdal. Norsk institutt for vannforskning, 0-77061.

Snekvik, E., 1966: Killingdal Gruber - slipping av grubevann til Gaula. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.

VEDLEGG

Tabeller over vannkjemi, vannføring og massetransport.

Antall desimaler i tabellene gir ikke uttrykk for dataenes pålitelighet.

Symbolforklaring:

KOND	konduktivitet, ledningsevne
CA	kalsium
MG	magnesium
ACID	asiditet
SO4	SULFAT
PB	bly
FE	jern
CD	cadmium
CU	kobber
ZN	sink
VANNF	vannføring

TABELL NR.: 1

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: RØSTVANGEN: 2 BEKK FRA GRUVE - ØVENF. VASKERI

DATE	KLOKKEN	PH	KOND MIS/CA	ASID ML/L	CA MG/L	CO MK/L	SO4 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L	VANNF L/S
770629		3.10	672.00				210.00	6.40	10.40	2.70	
770806		3.11	773.00	44.41			390.00	6.00	15.00	4.20	1.20
770918		3.26	972.00	51.03			460.00	7.75	23.00	5.65	3.20
771002		3.20	896.00	47.35			450.00	6.75	2.50	5.30	1.40
771016		3.05	926.00	51.80			400.00	7.80	27.50	5.25	2.20
771039		3.09	931.00	49.10		13.50	400.00	7.80	25.00	5.00	1.40
771113		3.30	706.10	31.90			310.00	5.60	9.20	3.65	
780424		4.31	269.00	2.67	31.50		111.00	0.43	390.00	0.65	3.20
780509		4.95	217.00	1.89			84.00	0.35	1.05	0.40	
780522		4.98	61.30	0.71	8.00	1.50		0.15	0.48	0.12	47.00
780605		3.06	593.00	24.70	10.90	7.30	174.00	4.70	10.40	2.20	4.50
780619		2.74	1635.00	152.00	6.67	28.00	864.00	9.68	100.00	6.50	0.80
780706		3.25	609.40	28.60	16.33	9.10	267.00	4.74	5.75	3.12	0.30
ANFALL:		13	13	12	5	5	12	13	13	13	10
MIN.:		2.74	61.30	0.71	6.67	1.50	84.00	0.15	0.48	0.12	0.30
MAX.:		4.98	1635.00	152.00	31.50	28.00	864.00	9.68	390.00	6.50	47.00
BREDDJE:		2.24	1573.70	151.29	24.83	26.50	780.00	9.53	389.52	6.39	46.70
MEDIAN:		3.20	706.10	38.15	10.90	9.10	353.00	6.00	10.40	3.65	1.80
MIDEL:		3.49	716.98	40.51	14.79	11.88	343.83	5.24	47.71	3.44	6.52
STD. AVVIK:		0.74	401.33	40.20	10.13	9.99	208.66	3.12	106.06	2.13	14.28

TABELL NR.: 2

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: RØSTVANGEN: I UTLEMP VATH - AVRE GRUVE

JATO	PH	KOND MIS/C4	ASID ML/L	CA MG/L	CU MK/L	SO4 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L	VANNF L/S
770620	2.80	1197.00			25.00	480.00	14.50	90.00	6.00	
770605	2.73	1870.00	217.30			1200.00	34.00	230.00	14.30	0.40
771002	2.83	2112.00	236.50			2300.00	39.50	250.00	24.00	0.40
771113	2.99	1956.00	234.00			1406.00	36.00	370.00	17.00	1.40
780522	4.10	61.00	2.69	1.75	1.00	16.00	0.21	2.70	0.13	
780704	2.82	1705.00	133.00	10.63	55.00	1006.00	23.55	230.00	12.62	0.20
ANFALL:	6	6	5		5	6	6	6	6	4
MIN:	2.73	61.00	2.69		1.00	16.00	0.21	2.70	0.13	0.20
MAX:	4.10	2112.00	286.50		55.00	2300.00	39.50	370.00	24.00	1.40
BRIDGE:	1.37	2051.00	283.81		54.00	2284.00	39.29	367.30	23.87	1.20
MEJIAN:	2.83	1787.50	217.30		25.00	1104.00	28.77	230.00	14.61	0.40
MIDDEL:	3.04	1483.50	184.70		27.00	1068.67	24.63	200.45	13.01	0.60
STD. AVVIK:	0.52	764.50	108.33		27.06	788.28	15.09	132.76	8.72	0.54

TABELL NR.: 3

MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.

STASJON: RØSTVANGEN: 2 BEKK FRA GRUVE - OVENF. VASKERI

DATE	CA KG/D	CU G/D	SO ₄ KG/D	CU KG/D	FE KG/D	ZN KG/D
77 8 6			40.44	0.62	1.55	0.44
77 9 18			127.18	2.14	6.36	1.56
77 10 2			54.43	0.82	0.30	0.64
77 10 16			76.03	1.48	5.23	1.00
77 10 30		1.63	48.38	0.94	3.02	0.60
77 11 13			87.37	1.55	2.54	1.01
78 5 22	32.49	6.09		0.59	1.95	0.47
78 6 5	4.24	2.84	67.65	1.83	4.04	0.86
78 6 19	0.46	1.94	59.72	0.67	6.91	0.45
78 7 6	0.44	0.24	6.92	0.12	0.15	0.08

=====

TABELL NR.: 4

MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.

STASJON: RØSTVANGEN: 1 UTLØP VAIN - ØVRE GRUVE

=====

DATE	CA KG/D	CO G/D	SO4 KG/D	CU KG/D	FE KG/D	ZN KG/D
77 8 6			41.47	1.18	7.95	0.63
77 10 2			79.49	1.37	9.68	0.83
77 11 13			170.31	4.35	44.76	2.06
78 7 4	0.18	0.95	17.42	0.41	3.97	0.22

TABELL NR.: 5

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: RØSTVANGEN: 3 SAMLET AVLØP NEDENFOR VASKERI

DATE	PH	KOND MIS/GA	ASID ML/L	CA MG/L	CU MIK/L	504 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L
770620	2.69	399.00				539.00	11.40	60.00	9.90
770806	2.95	1150.00	36.27			610.00	9.50	63.00	7.50
770918	3.11	1379.00	35.49			690.00	13.50	62.00	7.80
771002	2.69	2363.00	253.20			1300.00	15.50	220.00	16.60
771016	2.92	1443.00	107.00			754.00	11.30	80.00	10.40
771030	2.30	1893.00	170.00		30.00	1160.00	10.40	170.00	9.40
771113	2.93	1747.00	160.00			1003.00	11.50	172.00	9.65
760424	3.05	1530.00	176.00	4.35		392.00	9.20	190.00	4.50
780509	2.81	1546.00	134.50			752.00	1.50	125.00	10.00
780522	2.93	757.00	49.80	4.95	5.00	224.00	3.60	34.00	1.80
780605	2.80	1310.00	105.00	6.06	28.00	579.00	10.20	58.00	6.30
780619	3.16	619.00	28.60	15.15	8.20	223.00	4.84	14.05	2.79
780706	2.74	2029.00	202.00	6.25	55.00	368.00	16.45	170.00	12.38
AVGALL:	1.3	13	12	5	5	13	13	13	13
MIN.:	2.69	399.00	28.60	4.35	5.00	223.00	1.50	14.05	1.80
MAX.:	3.16	2363.00	253.20	15.15	55.00	1300.00	16.45	220.00	16.60
BREKKE:	0.47	1964.00	224.60	10.80	50.00	1577.00	14.95	205.95	14.80
MEJIAN:	2.92	1443.00	120.75	6.06	28.00	752.00	10.40	80.00	9.00
MIDDEL:	2.91	1396.54	129.82	7.35	25.24	776.15	9.61	109.08	8.32
STJ. AVVIK:	0.14	563.70	65.20	4.43	20.10	410.04	4.27	67.92	3.96

TABELL NR.: 6

MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.

STASJON: KJØLI: 23 GRUVEVANN + VANN FRA VELTER

DATO	CA KG/D	CJ G/D	S04 KG/D	CU KG/D	FE KG/D	ZN KG/D
77 810			360.42	6.87	74.67	0.50
77 827			261.27	4.79	42.46	1.23
77 920			1148.08		198.31	0.91
7710 9		0.52	259.57	5.18	43.03	0.17
771023		3.27	232.24	4.14	24.68	0.13
771114			144.32	2.83	23.64	0.09
78 617	7.78		405.39	13.10	164.51	0.33
78 7 2	6.41		196.56	3.49	30.15	0.10

TABELL NR.: 7

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: KJALI: 1 GRUVEVANN

JATO	PH	KOND MIS/CA	ASID ML/L	CA MG/L	CJ MK/L	S04 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L	VANNF L/S
77J621	2.93	107.00			9.00	250.00	4.35	30.20	0.19	
77J81J	3.04	693.00	36.43			230.00	2.60	37.00	1.30	5.90
77J827	3.07	638.00	33.60			260.00	1.81	39.00	0.18	2.50
77J920	3.11	910.00	51.91			320.00		57.50	0.22	7.00
771009	2.97	605.00	43.30		0.35	260.00	3.60	40.00	0.21	3.00
771023	2.98	776.00	41.60		1.25	288.00	3.00	33.00	0.16	4.40
771114	2.97	804.00	43.00			262.00	2.55	56.00	0.19	3.20
771128	2.97	747.00	42.70			316.00	2.45	73.00	0.16	
78J617	2.82	880.00	60.80	4.43		290.00	2.00	3.70	0.05	4.00
78J702	2.93	704.50	35.80	8.30		188.00	2.74	36.50	0.13	4.50
ANGALL:	1J	1J	9	2	3	10	9	10	ZN	VANNF
MIN.:	2.82	107.00	33.60		0.35	188.00	1.31	3.70	0	8
MAX.:	3.11	910.00	60.80		9.00	320.00	4.35	73.00	0.05	2.50
BREIDDE:	0.29	603.00	27.20		8.15	132.00	2.54	69.30	1.30	7.00
MEJIAN:	2.97	761.50	42.70		1.25	261.00	2.60	38.00	1.25	4.50
ALDEL:	2.98	706.45	43.24		3.70	266.40	2.79	40.59	0.18	4.20
STJ. AVVIK:	0.08	226.44	8.52		4.59	39.72	0.79	18.66	0.28	4.31
									0.36	1.52

=====
 TABELL NR.: 8
 MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.
 STASJON: KJØLI: 1 GRUVEVANN
 =====

DATO	CA KG/D	CD G/D	S04 KG/D	CU KG/D	FE KG/D	ZN KG/D
77 810			117.24	1.33	18.86	0.66
77 827			56.16	0.39	8.42	0.04
77 920			193.54		34.78	0.13
7710 9		0.22	67.39	0.93	10.37	0.05
771023		0.48	109.49	1.14	12.55	0.06
771114			72.44	0.71	15.48	0.05
78 617	1.53		100.22	0.69	1.28	0.02
78 7 2	3.23		73.09	1.06	14.19	0.05

TABELL NR.: 9

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: KJØLI: 2 GRUVEVANN + VANN FRA VETTER

DATE	KLOKKEN	PH	KOND MIS/CA	ASID ML/L	CA MG/L	CD MK/L	SO4 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L	VANNF L/S
770621		3.01	653.00				170.00	3.70	20.70	0.09	
770810		2.85	1164.00	95.90			515.00	9.62	106.70	0.72	8.10
770827		2.96	837.00	98.10			360.00	6.60	53.50	1.70	8.40
770920		3.10	811.00	42.74			220.00		38.00	0.18	60.40
771009		2.84	1172.00	98.30	1.00		520.00	10.00	83.00	0.34	6.00
771023		2.94	869.00	52.90	4.50		320.00	5.70	34.00	0.18	8.40
771114		2.96	1040.00	32.60			464.00	9.10	76.00	0.29	3.60
771128		2.78	1350.00	129.80			710.00	13.60	170.00	0.42	
780617		3.01	531.00	24.40	2.65		138.00	4.46	56.00	0.11	34.00
780702		3.11	452.00	19.75	4.24		130.00	2.31	19.94	0.06	17.50
AMFALL:		10	10	9	2	2	10	9	10	10	8
MIN.:		2.78	452.00	19.75	2.65	1.00	130.00	2.31	19.94	0.06	3.60
MAX.:		3.11	1350.00	129.80	4.24	9.00	710.00	13.60	170.00	1.70	60.40
BREIDDE:		0.33	898.00	106.05	1.59	8.00	580.00	11.29	150.06	1.64	56.80
MEDIAN:		2.96	853.00	58.10	3.44	4.50	340.00	6.60	57.25	0.24	8.40
MIDDEL:		2.96	887.90	66.72	3.44	4.83	354.70	7.25	66.28	0.41	18.30
STD. AVVIK:		0.11	293.45	36.11	1.12	4.01	194.98	3.53	45.95	0.49	19.59

TABELL NR.: 10

MOMENTANE MATERIALTRANSPORTVERDIER.

STASJON: KJØLI: 2. GRUVEVANN + VANN FRA VELTER

DATE	CA KG/D	CU G/D	S04 KG/D	CU KG/D	FE KG/D	ZN KG/D
77 810			360.42	6.87	74.67	0.50
77 827			261.27	4.79	42.46	1.23
77 920			1148.08		196.31	0.91
7710 9		0.52	269.57	5.18	43.03	0.17
771023		3.27	232.24	4.14	24.68	0.13
771114			144.32	2.83	23.64	0.09
78 617	7.78		405.39	13.10	164.51	0.33
78 7 2	6.41		196.56	3.49	30.15	0.10

TABELL NR.: 11

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEDATA.

STASJON: KJØLI+4 BEKK FRA KJØLI FØR SAML. MED GAULA

DATE	PH	KOND MIS/CL	ASID ML/L	CA MG/L	CU MIK/L	SO4 MG/L	CU MG/L	FE MG/L	ZN MG/L
770621	3.73	145.00				27.00	0.52	2.70	0.02
770610	3.53	219.00	11.13			58.00	1.10	2.60	0.12
770827	3.55	220.00	11.10			64.00	1.69	6.70	1.65
770920	3.72	172.00	6.91			37.00		9.50	0.03
771009	3.43	272.00	12.00		1.00	67.00	1.69	4.90	0.09
771023	3.57	210.00	8.70		0.35	59.60	1.08	2.40	0.03
771114	3.60	208.00	8.70			61.20	1.15	3.30	0.04
771128	3.59	208.00	9.55			62.40	1.10	2.20	0.04
780211	3.64	226.00	11.20			102.00	0.88	0.20	0.09
780605	3.84	97.00	2.87	1.30	0.34	20.00	0.30	6.80	0.01
780617	3.72	119.00	4.25	1.68		24.20	0.47	2.65	0.01
780702	3.50	114.00	4.04	2.33		22.80	0.48	1.73	0.01
ANFALL:	12	12	11	3	3	12	11	12	12
MIN.:	3.43	97.00	2.87	1.30	0.34	20.00	0.30	0.20	0.01
MAX.:	3.84	272.00	12.00	2.33	1.00	102.00	1.69	9.50	1.65
BREDDI:	0.41	175.00	9.13	1.03	0.66	82.00	1.38	9.30	1.64
MEDIAN:	3.66	208.00	8.70	1.68	0.35	53.80	1.08	2.75	0.03
MIJDEL:	3.66	184.17	8.23	1.77	0.55	50.43	0.74	3.83	0.18
STJ. AVVIK:	0.13	54.12	3.26	0.52	0.33	24.54	0.46	2.64	0.47