

NIVA



RAPPORT LNR 4372-2001

Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros

Undersøkelser i 1999 og 2000



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros Undersøkelser i 1999 og 2000	Løpenr. (for bestilling) 4372-2001	Dato 16. mai 2001
	Prosjektnr. Undernr. O-99095 O-20071	Sider 42
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune Arnesen, Rolf Tore	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA 2001

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse Best.nr. 28/99 og 09/00
---------------------------------	---

Sammendrag

I perioden 1996-2000 har det vært gjennomført systematiske undersøkelser av vannkvalitet, avrenningsvolumer og forurensningstransport ved de viktigste forurensningskilder i Nordgruvefeltet ved Røros. Området drenerer til Orva som løper inn i Glåma ved Orvos. Forurensningstilførslene til Orva har sin årsak i avrenning fra tre hovedkilder: Gruvevann fra Kongens gruve, tilførsler fra Orvsjøen som igjen mottar forurenset drenevann fra hovedsaklig Sextus gruve, samt diffuse tilførsler fra gruveavfall omkring oppredningsverket ved Kongens gruve. I de to siste år er det påvist en tydelig økt tilførsel fra de diffuse kilder i området. Tungmetalltransporten i Orva har av den grunn økt noe. Da situasjonen vurderes som ustabil, anbefales det fortsatt å ha tilsyn med situasjonen. Dersom det blir aktuelt med ytterligere tiltak i Nordgruvefeltet, bør disse også omfatte avrenning fra de diffuse kilder.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Tungmetaller 3. Forurensningstransport 4. Røros 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite mining 2. Heavy metals 3. Pollution loadings 4. Røros, Norway
--	---

Eigil Rune Iversen
Eigil Rune Iversen
Prosjektleder

Svein Stene-Johansen
Svein Stene-Johansen
Forskningsleder

Bente M. Wathne
Bente M. Wathne
Forskningsjef

O-99095

O-20071

Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros

Undersøkelser i 1999 og 2000

Forord

NIVAs undersøkelser av forurensninger fra gruvedrift i Røros-regionen har pågått i lang tid. Årsaken til dette er at gruvene er spredt over et stort område og påvirker flere vassdrag i regionen.

I de første årene var det Røros Kobberverk som var vår oppdragsgiver. Etter at kobberverket ble nedlagt overtok staten ved Industridepartementets bergverkskontor og senere Bergvesenet ansvaret for oppfølging av forurensningssituasjonen i området. Arbeidene har gitt oss mange faglige utfordringer og erfaringer og utviklet vår kompetanse.

Vi vil takke Bergvesenet og senioring. Harald Ese for samarbeidet og for stor interesse og engasjement i Røros-regionen gjennom mange år.

Gode resultater er også avhengig av et godt utført feltarbeid. Feltarbeidet med innsamling av prøver og vannføringsobservasjoner har også vært en utfordring i et meget værhardt område. Vi vil derfor også takke Miljølaboratoriet ved dr.ing Åse Berg for stor entusiasme og engasjement i dette arbeidet.

Oslo, 16. mai 2001

Eigil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Prosjektet	7
1.2 Tidligere undersøkelser	7
2. Nordgruvefeltet	9
2.1 Geografi	9
2.2 Meteorologi	10
3. Hydrologi	12
3.1 Gruvevann Kongens	12
3.2 Bekk Kongens øvre	14
3.3 Orva ved Litlstugguvollen og ved utløp av Orvsjøen	15
4. Kjemiske analysedata	17
4.1 Tidligere resultater	17
4.2 Årene 1999 og 2000	17
4.2.1 Gruvevann Kongens	17
4.2.2 Bekk Kongens øvre	18
4.2.3 Utløp Orvsjøen	19
4.2.4 Orva ved bru på vei til Kongens gruve (Litlstugguvollen)	20
5. Transportverdier	23
5.1 Utløp Orvsjøen	23
5.2 Bekk Kongens Øvre	24
5.3 Gruvevann Kongens	25
5.4 Orva ved veibru til Kongens gruve (Litlstugguvollen)	27
5.5 Diffus avrenning i Kongensområdet	28
6. Diskusjon	33
7. Konklusjon	36
8. Referanser	37
Vedlegg A. Kjemiske analyseresultater for årene 1999 og 2000	38

Sammendrag

Nordgruvefeltet ved Røros har lenge vært en av de største kildene til forurensning av øvre Glåma. NIVA har arbeidet med forurensningsproblemene i feltet siden 1966. Etter 1996 har arbeidet vært mer systematisk og tiltaksorientert. En har lagt spesiell vekt på kartlegging av forurensningstransporten ved de største kildene. Etter 1996 har feltundersøkelsene vært basert på 4 målestasjoner i feltet :

1. Orva ved bru på veien til Kongens gruve (Litlstugguvollen), 2. Gruvevann fra Kongens gruve, 3. Bekk under velte ved Kongens, øvre område og 4. Orva ved utløpet av Orvsjøen.

Det er foretatt kjemisk analyse av månedlige prøver fra stasjonene. Ved de tre førstnevnte er det foretatt kontinuerlige vannføringsmålinger. Det er også foretatt modellberegninger av vannføringen i Orva i perioder hvor det ikke foreligger data. Måledata og analyseresultater er benyttet for beregning av avrenningsvolumer og forurensningstransport.

I den tiden undersøkelsene har pågått har en ennå ikke sett noe effekter av betydning som følge av overføring av forurenset drensvann fra Kongens gruve, øvre område til Hjulhusbekken og Orvsjøen. Årsaken til dette er sannsynligvis at forurensningsmengden fra Kongens til Orvsjøen er vesentlig mindre enn tilførselen fra Sextus gruve. I tillegg kan innblandingforhold og oppholdstider i Orvsjøen også ha betydning. Det er nødvendig å fortsette programmet ennå en tid dersom det er viktig å utrede konsekvensene av dette tiltaket mer eksakt. Prøvetaking av vann og sedimenter i selve Orvsjøen kan også gi informasjon om dette. En mer omfattende undersøkelse av tilførselene fra Sextus gruve kan også belyse nærmere hvor mye metaller som sedimenterer i Orvsjøen.

Overføring av drensvann til Hjulhusbekken har ført til økte konsentrasjoner i gruvevannet fra Kongens gruve. Da vannmengdene har avtatt, har nettoeffekten blitt en mindre reduksjon i forurensningstilførselene fra gruva. Avrenningen fra gruva er forskjellig fra et normalt nedbørfelt ved at store gruverom fører til lang oppholdstid og sannsynligvis også til reguleringsvirkninger. Det hadde derfor vært en fordel med observasjoner ennå noen tid framover for å avklare forholdene bedre.

Resultatene fra undersøkelsene i 2000 viser tydelig at forurensningstransporten i Orva er økende, spesielt for sink. Økningen er ikke dramatisk, men anbefales likevel fulgt opp i tiden framover. Årsaken til denne utviklingen kan settes i sammenheng med økt forurensningstilførsel fra diffuse kilder i Kongens-området, d.v.s. kilder som ikke kartlegges direkte av måleprogrammet. Sannsynligvis er kildene å finne i det området hvor det er gjort tiltak. Det er spesielt i nedbørrike perioder at forurensningstransporten fra disse kildene er stor. Vi anbefaler at det gjøres en nærmere kartlegging av disse kildene. I de fire hydrologiske år fra september 1996 er følgende forurensningstransport beregnet i Orva:

Periode	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1996-97	483	48	4,7	17	28
1997-98	404	36	4,6	15	24
1998-99	479	42	4,3	16	23
1999-00	652	53	6,2	23	36

Selv om nedbør og avrenning var en del større i 1999-2000 enn i de foregående år og at forurensningstransporten også av den grunn økte, viser studier av enkeltobservasjoner at tilførsler fra diffuse kilder er økende. Dersom det er aktuelt å vurdere nye forurensningsbegrensende tiltak i området, bør de diffuse kildene kartlegges bedre.

Summary

Title: Pollution loadings in the Northern Mining Area, Røros, Norway

Year: 2000

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4010-1

Mining in the Northern Mining Area took place between 1657 – 1978. Almost all the mines and mine waste disposed of in the area are acid generating. The seepage from mines and mine waste affects the water quality in Lake Orvsjøen and River Orva substantially. The main sources of pollution are connected to the mine water from the King's mine, surface drainage from waste rock at the Sextus mine and drainage from an old tailings pond at the King's mine. The tailing pond was capped with a local moraine in 1992-1994. At the outlet of 2000 no significant improvements in the pollution loadings from the area are reported. An increased metal transport from the tailing pond area is detected in 2000. Continued research in the area is recommended.

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektet

Norsk Institutt for Vannforskning har foretatt undersøkelser i Nordgruvefeltet siden 1966 og det er utarbeidet en rekke rapporter som beskriver forurensningstilstanden i området (Arnesen et.al., 1973, 1980, 1989, 1990, 1991, 1994, 1996 og 1999). Til tross for at undersøkelsene har pågått over lang tid er det først i de to seneste prosjektene en har forsøkt å foreta systematiske undersøkelser av samlet avrenning fra området fordelt på de viktigste kilder. Den foreliggende rapporten gir en samlet vurdering av resultatene fra to års undersøkelser (best. nr. 28/99 og best. nr. 09/00). Undersøkelsene har stort sett fulgt samme opplegg som i foregående prosjekt som ble avsluttet med rapport for perioden 1997-1998 (Arnesen, 1999).

1.2 Tidligere undersøkelser

Det har vært forskjellige oppdragsgivere for prosjektene i Nordgruvefeltet. I den første tiden ble arbeidene utført for Røros Kobberverk A/S i forbindelse med det nye flotasjonsverk som ble anlagt ved Kongens gruve for oppredning av malm fra Lergruvebakken gruve. I 1978-79 foretok NIVA en undersøkelse som omfattet både Nordgruvefeltet og Storz-området. Dette arbeidet ble utført for Industridepartementets bergverkskontor og hadde som målsetting å beskrive forurensningstilstanden rundt Røros. Hensikten med undersøkelsene den gang var å registrere virkningene av forurensningene i resipientene og vurdere konsekvensene av endret drift.

Senere er det gjennomført en rekke undersøkelser i Nordgruvefeltet etter oppdrag for Bergvesenet. Hensikten med disse undersøkelsene har variert noe, og har tildels vært av relativt kortvarig karakter med forskjellige målsettinger. Noen har også hatt som mål å kartlegge avrenning fra delområder som Sextus gruve (Arnesen, 1996) og Muggruva (Arnesen, 1996). Sistnevnte gruve drenerer i sin helhet nordover til Rugla og Gaula og er ikke videre omtalt her.

Etterhvert ble arbeidene mer tiltaksorientert ved å beskrive forurensningskildene i området med sikte på å finne mest mulig effektive tiltak mot forurensning fra området. I denne sammenheng ble det også gjennomført et prosjekt finansiert av Statens forurensningstilsyn med målsetting å vurdere muligheter og kostnader ved å foreta en kjemisk rensing av dremsvann fra Kongens gruve (Iversen et. al., 1997). I tillegg til de arbeider som er nevnt foran, er det også foretatt kartleggingsarbeider av forurensningssituasjonen ved flere mindre gruver i feltet (Iversen, 1990 og 1994). Disse undersøkelsene er finansiert av Statens forurensningstilsyn.

I denne rapporten er alle resultater fra tidligere undersøkelser tatt med i den utstrekning de har vært relevante for det foreliggende prosjekt. Den foreliggende rapport kan således betraktes som en slutt-rapport der det er foretatt en samlet vurdering av forurensningstilstand og forurensningstransport i Nordgruvefeltet ved utgangen av 2000.



Figur 1. Kart over Nordgruvefeltet (utdrag av 1720 III Røros, 1:50.000)

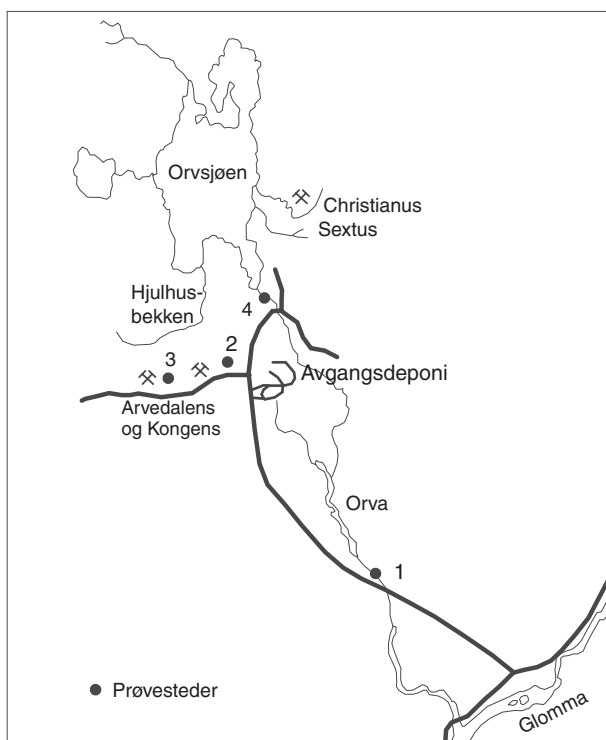
2. Nordgruvefeltet

2.1 Geografi

Som navnet indikerer ligger Nordgruvefeltet nord for Røros. I feltet er drevet en rekke gruver (se tabell 1 under) som alle ligger i Røros kommune, bortsett fra Muggruva som ligger i Holtålen kommune. Alle gruvene er markert på figur 1 som viser et utdrag av kartet 1720 III, Røros. Gruveområdene som denne rapporten behandler er markert på kartskissen i figur 2 der også prøvetakingsstasjonene er markert.

Tabell 1. Beliggenhet til gruver i Nordgruvefeltet. Karthenvisningen gjelder Statens Kartverks serie M711.

Gruveområde	Kartref. 32VPQ, WGS84	Kartblad
Kongens-Arvedalen	178510, 189511	1720 III, Røros
Sextus	195529	1720 III, Røros
Lergruvebakken	197488	1720 III, Røros
Rødalen	157510	1720 III, Røros
Fjellsjøgruva	163533	1720 III, Røros
Mug	172565	1720 III, Røros



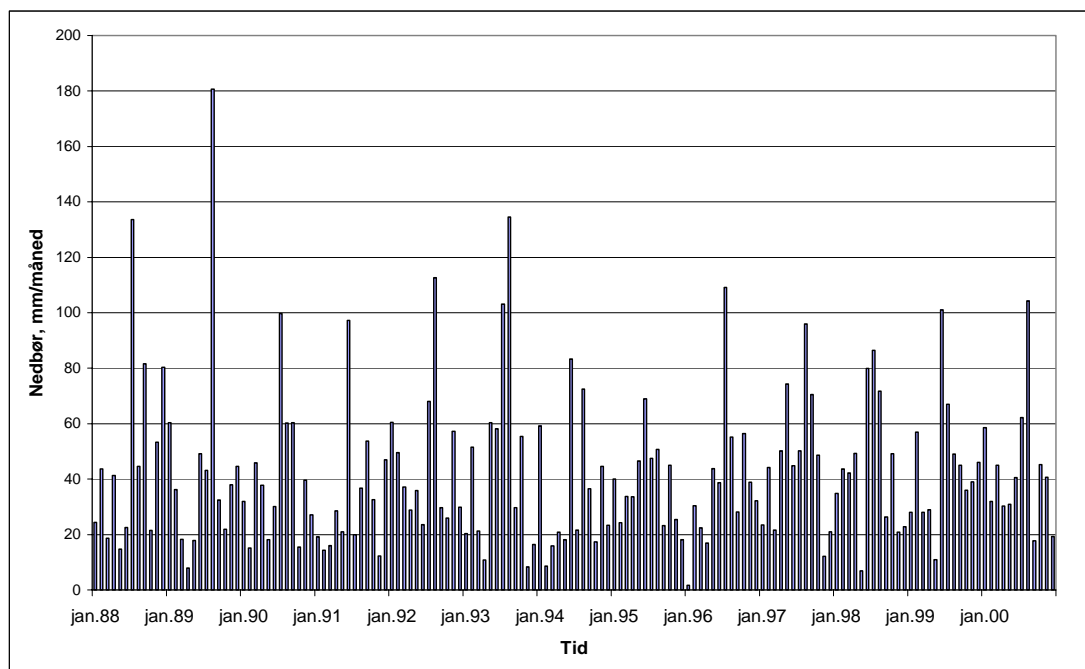
Figur 2. Kart over Kongensområdet med prøvetakingsstasjoner inntegnet.
 Stasjon 1 Orva ved bru på vei til Kongens gruve (Litlstugguvollen)
 Stasjon 2 Gruvevann fra Kongens gruve
 Stasjon 3 Bekk under velte i øvre område ved Kongens gruve
 Stasjon 4 Orva ved utløp av Orvsjøen

Rødalsgruva og Muggruva drenerer til andre vassdrag og omfattes ikke av denne undersøkelsen. De øvrige gruveområdene drenerer til Orvsjøen eller Orva som løper inn i Glåma ved Orvos. Tilførslene fra Lergruvebakken til Orva er ubetydelige og er kommentert i foregående rapport (Arnesen, 1999). De prøvetakingsstasjoner som denne undersøkelsen omfatter, er markert på figur 2 som fremstiller en kartskisse over Orvsjøen og vassdraget ned til Orvos.

2.2 Meteorologi

De meteorologiske data som er benyttet i denne rapporten er innsamlet av Det norske meteorologiske institutt (DNMI) ved målestasjonen 10400 Røros. Stasjonen er lokalisert ved jernbanestasjonen i Røros 628 meter over havet, ca. 10 km sørøst for de sentrale deler av Nordgruvefeltet.

Ved beregning av vannføring i de perioder en ikke har vannføringsobservasjoner for, er det benyttet daglige middeltemperaturer og nedbørhøyder for denne stasjonen. Beregningene er utført ved hjelp av den såkalte HBV-modellen. Prinsippene for modellen er beskrevet i foregående rapport (Arnesen, 1999). Figur 3 viser grafisk nedbørhøyder for stasjonen 10400 Røros for perioden 1988-2000.



Figur 3. Månedlige nedbørhøyder fra DNMI målestasjon 10400 Røros 1988 – 2000.

Årsnormalen for nedbør for Røros er 504 mm, d.v.s. forholdsvis lite og karakteristisk for et tørt innlandsklima. For stasjonen i Gauldalen (67700 Haltdalen) er det betydelig mer nedbør med en normal på 750 mm. Deler av nedbørfeltet til Orva strekker seg i retning Gauldalen. Nedbørhøyder og avrenning for Orva kan av den grunn være underestimert ved at en har benyttet nedbørdata for Røros.

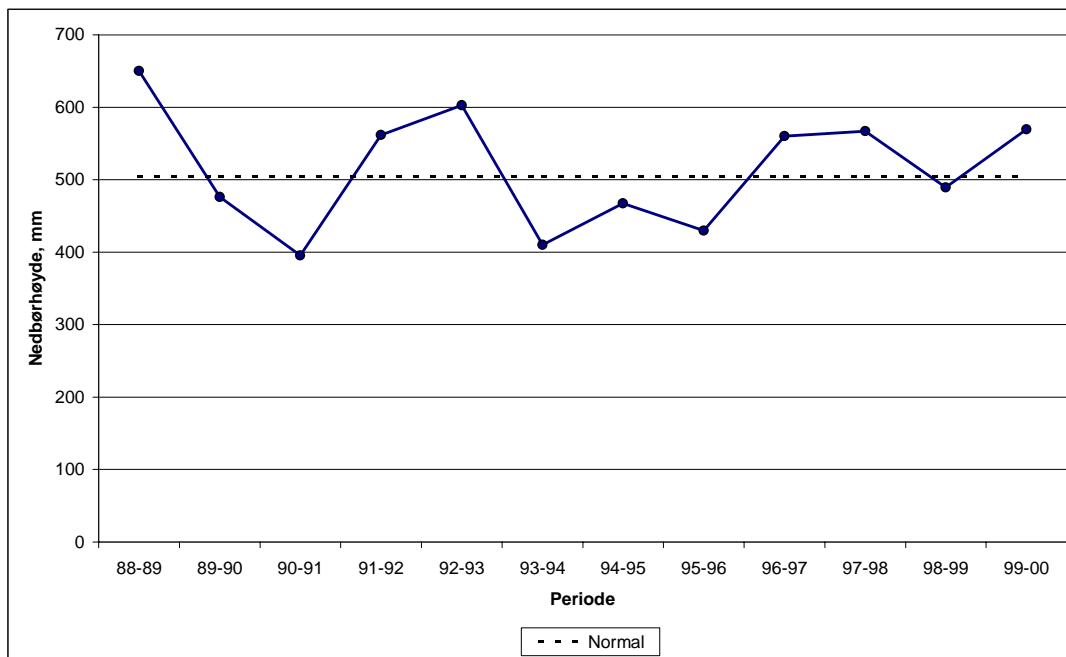
Det kan også være forbundet med en viss usikkerhet å benytte døgnmiddeltemperaturer for Røros i beregningene da Orvas nedbørfelt ligger 100-400 meter høyere enn Røros. Beregningsmodellen inneholder imidlertid ledd som utligner denne forskjellen.

I denne rapporten er årstransporten beregnet for hydrologiske år (1.september – 31.august). Etter vår vurdering gir dette et mer korrekt bilde av transporten i løpet av et år da en ikke tar med seg nedbør i beregningene som er falt og lagret i nedbørfeltet i løpet av det foregående år. I tabell 2 er samlet be-

regnede årlige nedbørhøyder for hydrologiske år for perioden 1988/89 - 1999/00. I figur 4 er beregningene vist grafisk.

Tabell 2. Årlige nedbørhøyder målt ved DNMI stasjon Røros. Beregningene er gjort for hydrologiske år (1. Sept.- 31. aug.).

Periode	Nedbørhøyde mm	Nedbør i % av normalår
1988-89	650,2	129,0
1989-90	475,9	94,4
1990-91	395,7	78,5
1991-92	561,9	111,5
1992-93	602,7	119,6
1993-94	409,9	81,3
1994-95	467,1	92,7
1995-96	429,9	85,3
1996-97	560,3	111,2
1997-98	567,2	112,5
1998-99	489,1	97,0
1999-00	569,7	113,0



Figur 4. Årlige nedbørhøyder målt ved DNMI Røros, beregnet i hydrologiske år (1. sept.–31. aug.) Normalen for 1961–90 er tegnet inn.

3. Hydrologi

3.1 Gruvevann Kongens

De hydrologiske forholdene omkring Kongens gruve er beskrevet av Arnesen (1991). I august 1996 ble bekken, som drenerer de øverste veltene, overført til Hjulhusbekken gjennom et rør som krysser dagåpningene til den sammenraste gruva. Hjulhusbekken fører til Orvsjøen. I området ved de øvre veltene er dreneringsforholdene uoversiktlige idet synlige sprekker i terrenget leder vann inn i gruva. En del vann drenerer sannsynligvis inn i gruva før det når den utgravde drenggrøfta under veltene. Gruva strekker seg også over mot vest og inn i et annet nedbørfelt, Rødalen. Området omkring Oscars sjakt drenerer sannsynligvis til gruva. Det er gravet ut en grøft nedenfor den gamle dammen ovenfor de øvre veltene. Hensikten var trolig å lede overflatevann bort fra gruva. Denne bekken blandes med gruvevannet nedenfor det området hvor gruvevannet kommer ut. Grøfta er sannsynligvis ikke helt tett og en del vann drenerer gjennom grunnen og ned i den sammenraste gruva. Det er vanligvis forholdsvis lite snø i terrenget på begge sider av rasområdet om vinteren, men mye snø samler seg i kløften som den nedre del av rasområdet utgjør. De uoversiktlige dreneringsforholdene gjør det meget vanskelig å beregne arealet for nedbørfeltet til gruvevannet fram til målepunktet.

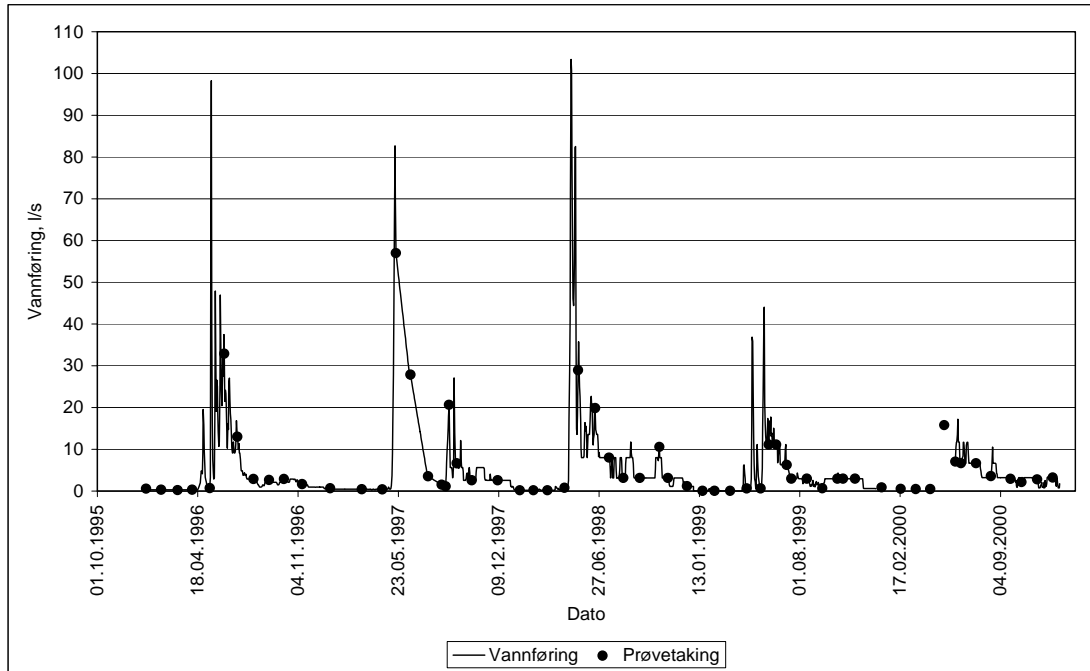
Det har vært kontinuerlige vannmengdemålinger siden oktober 1995 ved den måleprofil som ble anlagt i 1989 (se forsidebildet). I tabell 3 er gjort beregninger av årsavrenning for gruvevann for hydrologiske år i den tiden det har pågått kontinuerlige vannmengdemålinger.

Tabell 3. Årsavrenning av gruvevann fra Kongens gruve i den tiden det har pågått kontinuerlige registreringer. Hydrologiske år (1.sept.-31.august).

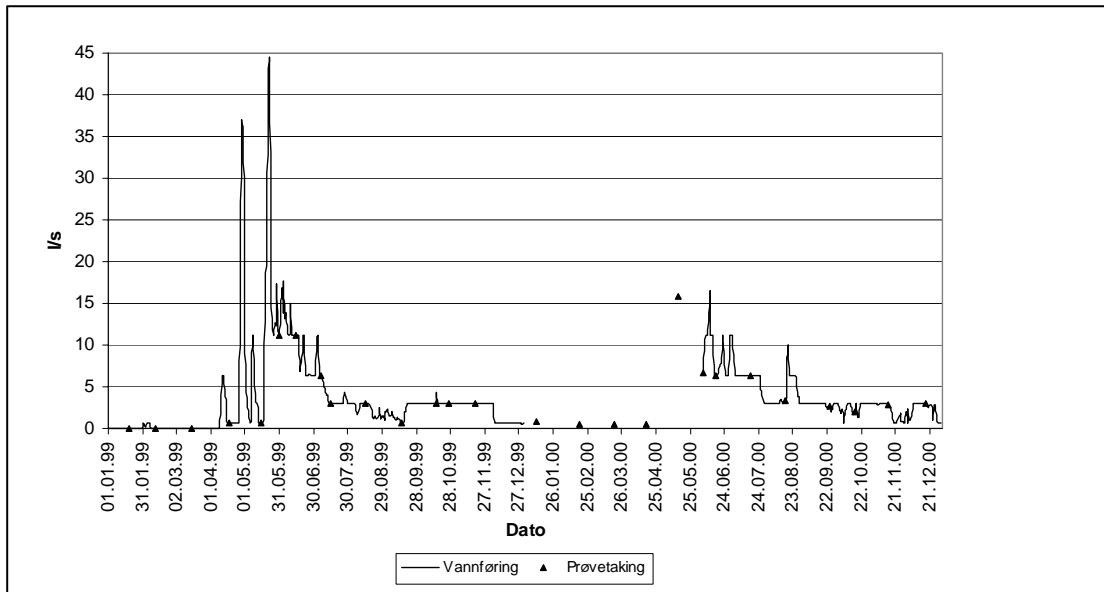
Periode	Års- avrenning m ³
1996-97	218339
1997-98	223337
1998-99	135679
1999-00	158000*

*Estimert ut fra måledata og nedbørdata for hele perioden

Figur 5 viser forløpet av de kontinuerlige registreringene ved måledammen for gruvevann. I perioden januar-mai 2000 gikk dessverre dataene tapt på grunn av tyveri. I denne perioden er de manuelle månedlige observasjonene lagt inn. Figuren tyder på at nedbørfeltet ikke har et naturlig avrenningsmønster. I lange perioder er vannføringen tilnærmet konstant (se figur 6). En mulig forklaring kan ha sammenheng med forholdene under dagen i gruva der det kan være en oppstuvning av vann.



Figur 5. Vannføring ved måledam for gruvevann fra Kongens gruve 1995-2000.

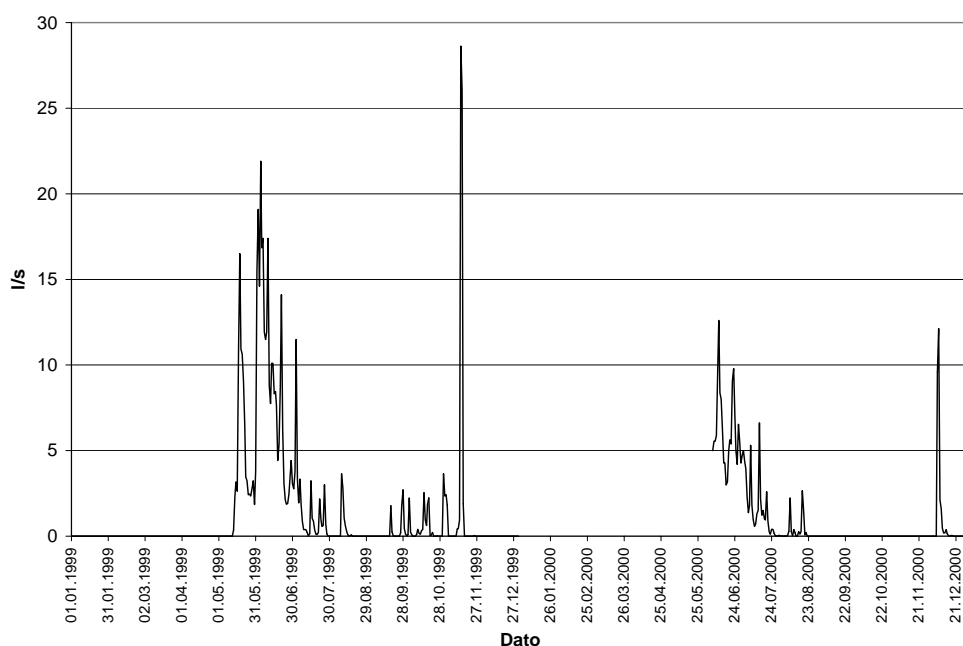


Figur 6. Vannføring ved måledam for gruvevann fra Kongens gruve 1999-2000.

3.2 Bekk Kongens øvre

Drensgrøften nedenfor veltene ved Kongens gruve, øvre område er gravet ut. Bekken drenerer velteområdet. En del drensvann som kommer fra nedbørfeltet ovenfor veltene drenerer også til bekken da den drensrøften som er gravet ut nedenfor den gamle dammen ikke greier å samle alt vann som kommer fra dammen. Grunnen under og nedenfor veltene er som tidligere nevnt oppsprukket slik at noe overflatevann trenger ned i gruva. Bekken ble overført til Hjulhusbekken i august 1996. Vannføringene i bekken ble målt v.h.a. en trekantet måleprofil. Kontinuerlig vannstandslogging ble satt igang høsten 1997. Da bekken også tar med seg en del løsmasser, ble måledammen fort full av slam. Det ble derfor satt ned en målerenne i glassfiber (H-renne) høsten 1998. Fordelen med målerenna, foruten at det sedimenterer lite slam i den, er at den gir gode verdier for høye vannføringer. Ulempene er at den kan tette seg med is om vinteren. Dessuten er det dårlig presisjon ved lave vannføringer. Et annet problem er at bekken er helt tørr i deler av året. Dette gjør at trykkcellen i måledammen er utsatt. De praktiske problemene i forbindelse med vannføringsmålingene i bekken har gjort at datafangsten har en dårligere kvalitet enn for gruvevannet. Ved beregning av årlig avrenning i tabell 4 har en benyttet målingene i året 1997-1998. I de øvrige år er avrenningen beregnet forholdsvis ut fra årlige nedbørhøyder. Beregnede verdier er sammenlignet med de registreringene som foreligger og kontrollert at de gir et tilnærmet riktig resultat.

Figur 7 viser måleresultatene for de kontinuerlige vannføringsmålingene i 1999 og 2000. Som figuren viser kan vannføringen i bekken variere svært mye fra dag til dag.



Figur 7. Vannføringsobservasjoner i målerenne 1999-2000.

Tabell 4. Beregnet årlig avrenning i bekk fra Kongens øvre.

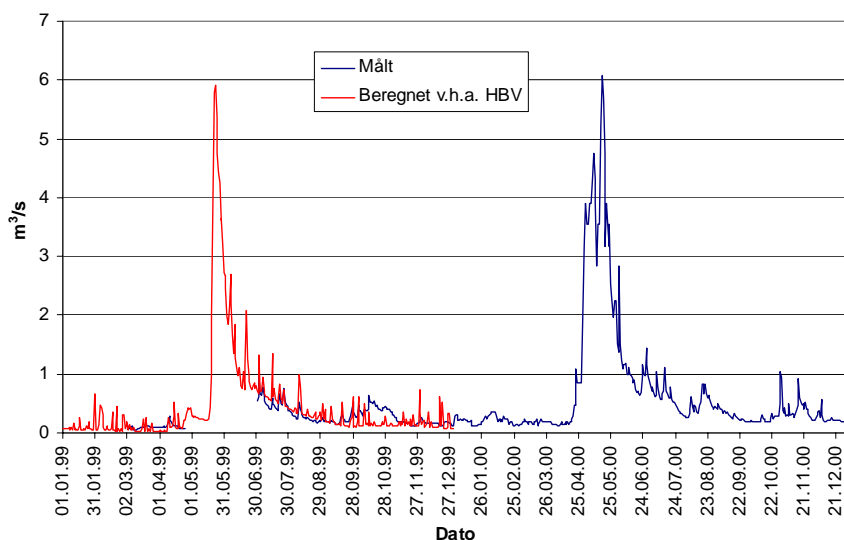
Periode	Avrenning m ³
1997-98	57999
1998-99	50013
1999-00	58255

3.3 Orva ved Litlstugguvollen og ved utløp av Orvsjøen

De kontinuerlige vannføringsmålingene i Orva kom i gang den 9. desember 1995. Stasjonen ved veibrua ved Litlstugguvollen er drevet av NVE. Målepunktet er kalibrert flere ganger. Vannføringen ved utløpet av Orvsjøen er beregnet ved hjelp av vannføringsdata for målestasjonen korrigert for endringer i nedbørfeltets areal (17,6 km² ved utløpet av Orvsjøen mot 25,5 km² ved målestasjonen). Dette gir selvfølgelig en viss usikkerhet. Da vannmengdene skal benyttes til å beregne forurensningstransport, er det også knyttet så vidt store usikkerheter til det kjemiske analysegrunnlaget ved at antall prøver er begrenset, slik at vi antar at usikkerheten i vannmengdeanslaget er akseptabel for dette formålet.

I tabell 5 og tabell 6 er samlet beregnet årlig avrenning for hydrologiske år fra 1. sept 1988 for Orva ved utløpet av Orvsjøen og for Orva ved veibru. I tabellene er angitt om beregningene er basert på måleverdier for NVE-stasjonen eller beregnet v.h.a. HBV-modellen.

Vannføringsobservasjonene i Orva for 1999 og 2000 er vist grafisk i figur 8. Da målecellen ble ødelagt vinteren 1999, er vannføringen beregnet v.h.a. HBV-modellen den perioden. Dette er vist på figuren. Modellen er kalibrert v.h.a. to års klimadata (1997 og 1998). Beregnede verdier gir tilfredsstillende resultater for årsavrenningen mens døgnerverdiene viser en del avvik fra de målte verdiene.



Figur 8. Vannføringsobservasjoner i Orva ved veibru ved Litlstugguvollen 1999-2000.

Tabell 5. Årlig avrenning i Orva ved utløp av Orvsjøen. Kolonnen metode angir om verdiene er målt (v.h.a. data fra NVE-stasjonen) eller om de er beregnet ved hjelp av HBV-modellen (se tekst)

Periode	Avrenning m ³	Metode
1988-89	12734950	HBV
1989-90	10025303	HBV
1990-91	6950533	HBV
1991-92	10043061	HBV
1992-93	11211282	HBV
1993-94	10199753	HBV
1994-95	9739409	HBV
1995-96	7419358	HBV/Målt
1996-97	12193385	Målt
1997-98	9952506	Målt
1998-99	9209341	HBV/Målt
1999-00	13727241	Målt

Tabell 6. Årlig avrenning i Orva ved veibru til Kongens gruve. Kolonnen metode angir om verdiene er målt eller om de er beregnet ved hjelp av HBV-modellen (se tekst)

Periode	Avrenning m ³ /s	Metode
1988-89	19331654	HBV
1989-90	15218410	HBV
1990-91	10550909	HBV
1991-92	15245366	HBV
1992-93	17018726	HBV
1993-94	15483226	HBV
1994-95	14784422	HBV
1995-96	11262586	HBV/Målt
1996-97	18509558	Målt
1997-98	15107904	Målt
1998-99	13979779	HBV/Målt
1999-00	20837952	Målt

4. Kjemiske analysedata

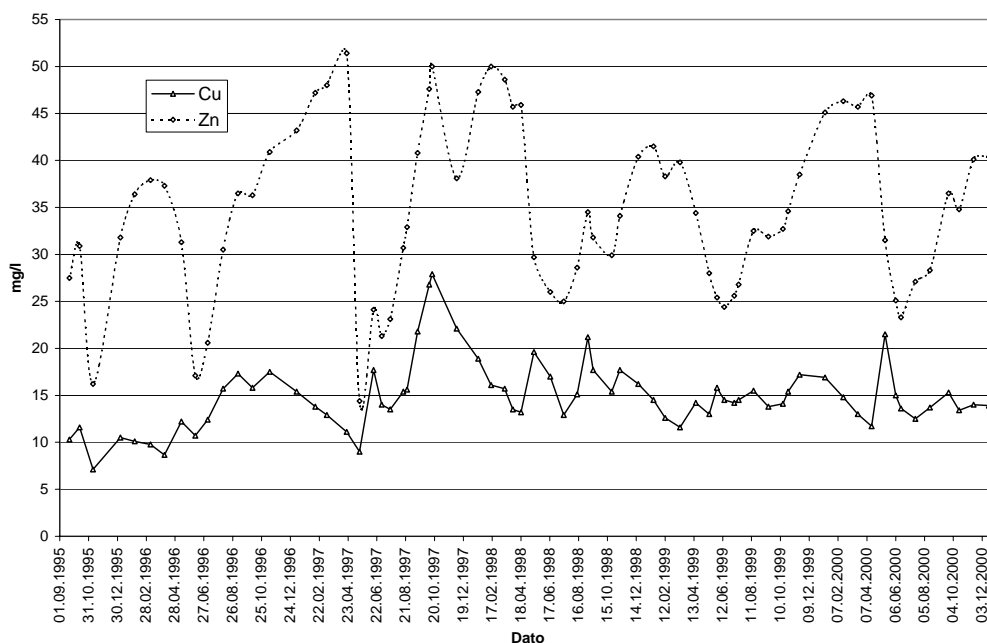
4.1 Tidligere resultater

Selv om NIVAs undersøkelser i Nordgruvefeltet startet så tidlig som i 1966 var de i mange år lite systematiske m.h.t. å gi et samlet bilde av forurensningssituasjonen. I mange år var undersøkelsene konsentrert om delmål i feltet som f.eks avrenning fra Sextus gruve, overføring av drensvann til Orvsjøen osv. Tidligere kartlegging hadde som formål å gi informasjon om størrelsesorden til avrenningen fra de enkelte kilder sett i forhold til hverandre. Systematiske undersøkelser av samlet avrenning over lengre tid og hele år ble først satt igang i 1992/93 og fra høsten 1995. Deler av datamaterialet er derfor vanskelig å benytte i transportberegninger. Kontinuerlige vannføringsmålinger kom igang høsten 1995. I denne rapporten har en derfor lagt mest vekt på vurdering av resultater innsamlet etter oktober 1995.

4.2 Årene 1999 og 2000

4.2.1 Gruvevann Kongens

De enkelte analyseresultatene for 1999 og 2000 er samlet i tabell 16 og tabell 17 i vedlegg A. Forsidebildet viser prøvetakingspunktet for gruvevannet. Figur 9 gir en grafisk fremstilling av analyseresultatene for kopper og sink for perioden oktober 1995 og til og med 2000. Etter at drensvannet fra veltene ved Kongens øvre område ble overført til Hjulhusbekken, er det tydelig at kopper- og sinkkonsentrasjonene har økt en del i gruvevannet. Kopper- og sinkkonsentrasjonene har av og til et forskjellig variasjonsmønster.



Figur 9. Kopper- og sinkanalyser for perioden september 1995-desember 2000.

Dette har sannsynligvis sammenheng med at en har med flere kilder å gjøre som har forskjellige egenskaper. Eksempelvis vil sterk frost redusere avrenningen fra avfall i dagen. De høyeste konsentrasjonene inntreffer vanligvis sent på høsten eller om vinteren.

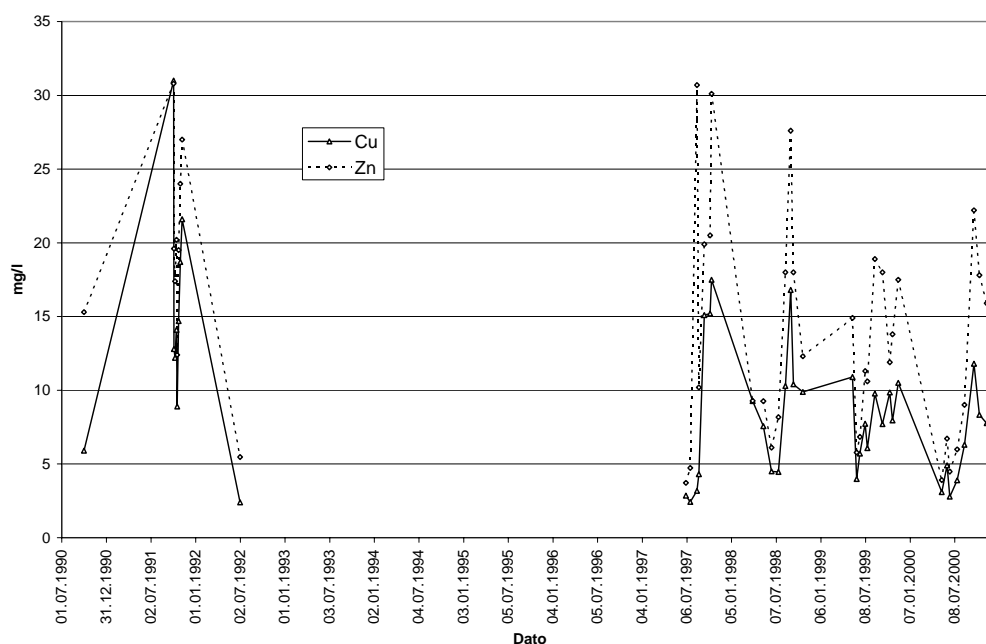
I tabell 7 er gjort en beregning av tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år. Verdiene tyder også på at gruvevannet har blitt noe surere og fått et høyere innhold av forvitningsprodukter etter at bekken under øvre velte ble overført til Hjulhusbekken. Selv om oppholdstiden i gruva har blitt lengre som følge av denne overføringen, har dette ikke ført til noen økning i pH-verdiene av betydning og derved reduserte kopperkonsentrasjoner. pH i gruvevannet er fortsatt for lav til at en oppnår adsorpsjon av kopperioner på kismineraler i gruva.

Tabell 7. Tidsveiede middelkonsentrasjoner i gruvevann fra Kongens gruve.
Beregnet for hydrologiske år (1. sept.- 31. aug.)

Dato	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1992-93	2,82	149,9	763	113937	11915	28180	48,7
1995-96	2,76	173,9	756	119768	10816	28779	40,8
1996-97	2,72	184,7	956	152013	14521	36816	38,2
1997-98	2,73	194,1	1069	169618	18645	39294	80,9
1998-99	2,76	185,4	974	149879	14967	33535	66,8
1999-00	2,70	191,6	1031	157167	14947	36515	74,3

4.2.2 Bekk Kongens øvre

De enkelte analyseresultatene for 1999 og 2000 er samlet i tabell 18 og tabell 19 i vedlegg A. Stasjonen har vært prøvetatt siden 1990, men systematiske prøvetakinger over lengre tidsrom kom først igang i juli 1997. Resultatene viser at drens vannet er mindre forurenset enn gruvevannet. pH-verdien er noe høyere enn i gruvevannet og innholdet av forvitningsprodukter er lavere.



Figur 10. Kopper- og sinkkonsentrasjoner 1990-2000.

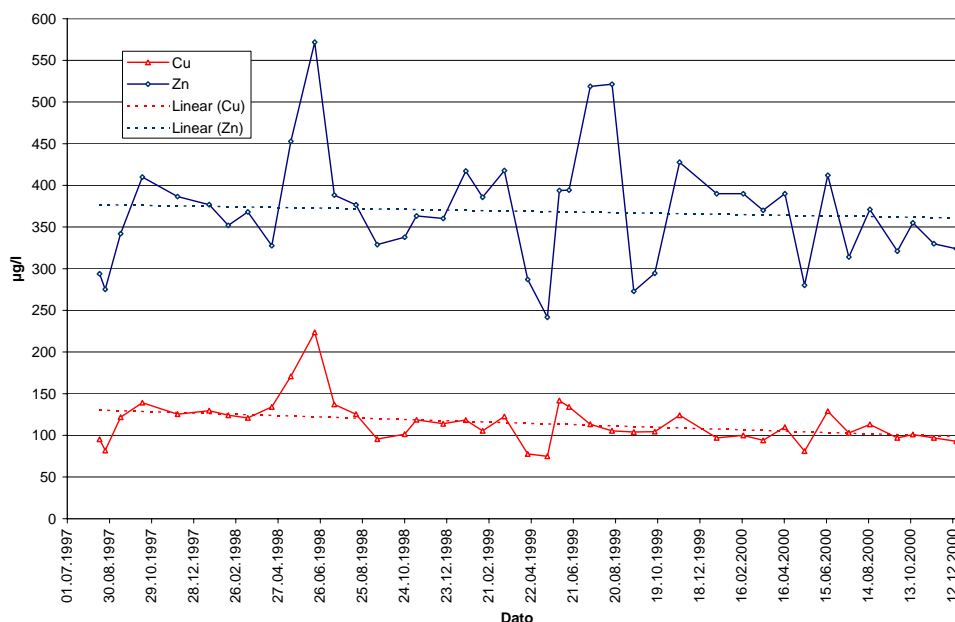
Figur 10 viser observasjonsmaterialet for kopper og sink i drensvannet. Kurvene viser et forløp som er normalt for overflateavrenning. Konsentrasjonene er lavest ved høye vannføringer om våren når snøsmelting pågår. Når det er mye nedbør eller stor snøsmelting, er det mulighet for at lite forurenset vann fra områdene ovenfor veltene ikke fanges opp av drensgrøften nedenfor den gamle dammen ovenfor veltene med den følge at det trenger inn under veltene og fører til en økt fortykning av drensvannet. I tabell 8 er gjort en beregning av tidveiede middelverdier for hydrologiske år fra 1.09.1997. Konsentrasjonene endrer seg forholdsvis mye fra år til år. De beregnede middelverdier viser tilsynelatende en fallende tendens. Da avfallet har ligget såvidt lenge urørt, antar vi imidlertid at de konsentrasjonsendringer som er påvist i måleperioden for en stor del har sammenheng med variasjoner i nedbør og klima. Da dreneringssystemet ovenfor veltene ikke greier å lede bort alt vannet når det er mye nedbør eller snøsmelting, kan vannføringen i bekken derved stige kraftig i løpet av kort tid. Dette fører til at konsentrasjonene i bekken kan variere kraftig. I et så lite nedbørfelt trenger en derfor trolig observasjoner over lengre tid for å få et best mulig inntrykk av mulige trender.

Tabell 8. Tidsveiede middelkonsentrasjoner i bekk nedenfor veltet, Kongens øvre.
Beregnet for hydrologiske år (1. sept.- 31. aug.).

Dato	pH	Kond mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1997-98	2,94	105,3	406	41220	11028	15892	33
1998-99	2,88	108,5	396	47360	9632	13745	28
1999-00	2,98	84,9	299	25814	6517	10459	20

4.2.3 Utløp Orvsjøen

De enkelte analyseresultatene for 1999 og 2000 er samlet i tabell 20 og tabell 21 i vedlegg A. NIVA har analysedata for Orvsjøens utløp siden 1966. Før 1997 har prøvetakingen vært lite regelmessig med relativt få prøver pr. år. Noen av prøvene har dessuten vært tatt i Orva ved inntaksdammen for driftsvann til flotasjonsverket. På dette stedet er det muligheter for at dammen tilføres drensvann gjennom grunnen fra Kongens-området. En del analyseresultater fra denne perioden viser av og til unormalt høye tungmetallverdier, særlig for sink. Fra og med 1997 er all prøvetaking foretatt ved den gamle brua over utløpet av Orvsjøen.



Figur 11. Kopper-og sinkobservasjoner ved utløpet av Orvsjøen 1997-2000.

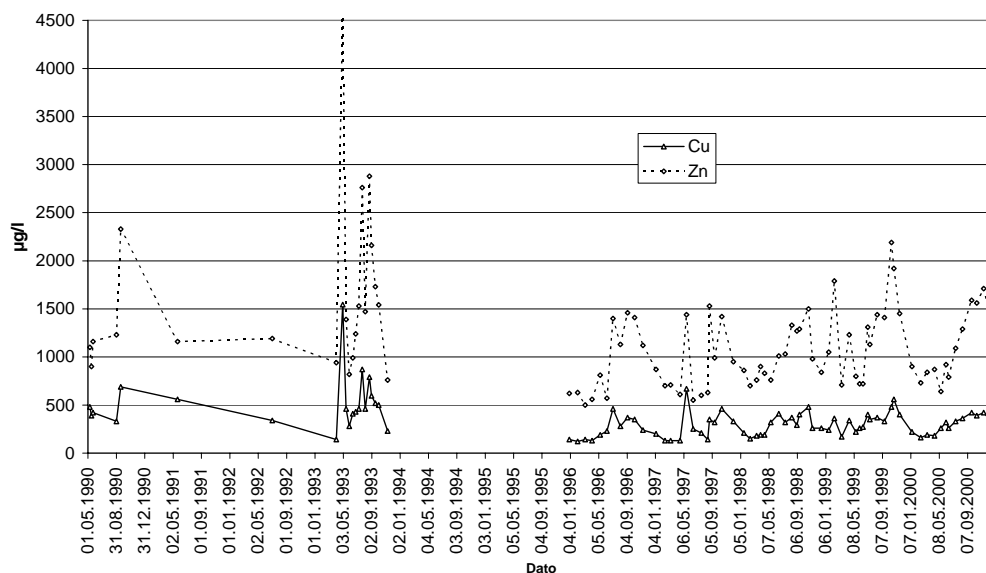
I figur 11 er vist observasjonsmaterialet for kopper og sink for perioden 1997-2000. Resultatene tyder på en stabil situasjon med en tilsynelatende svakt synkende trend. I tabell 9 er gjort en beregning av tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år fra 1.09.1997. Beregningene viser en tilsynelatende avtakende trend når det gjelder tungmetallkonsentrasjoner. Det er nødvendig med observasjoner over noen flere år for å få et bedre inntrykk av mulige trender. Det er vanskelig å se noen effekt av overføringen av drensvann fra Kongens øvre område.

Tabell 9. Tidsveiede middelverdier for kjemiske analyseresultater fra Orva ved utløp av Orvsjøen. Periodene gjelder hydrologiske år (1. sept. - 31. aug.)

Periode	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium kg/år
1997-98	6,54	3,30	8,31	82,2	140,4	396	0,81
1998-99	6,54	3,64	8,77	64,3	108,2	385	0,82
1999-00	6,64	3,49	8,35	71,6	105,8	360	0,77

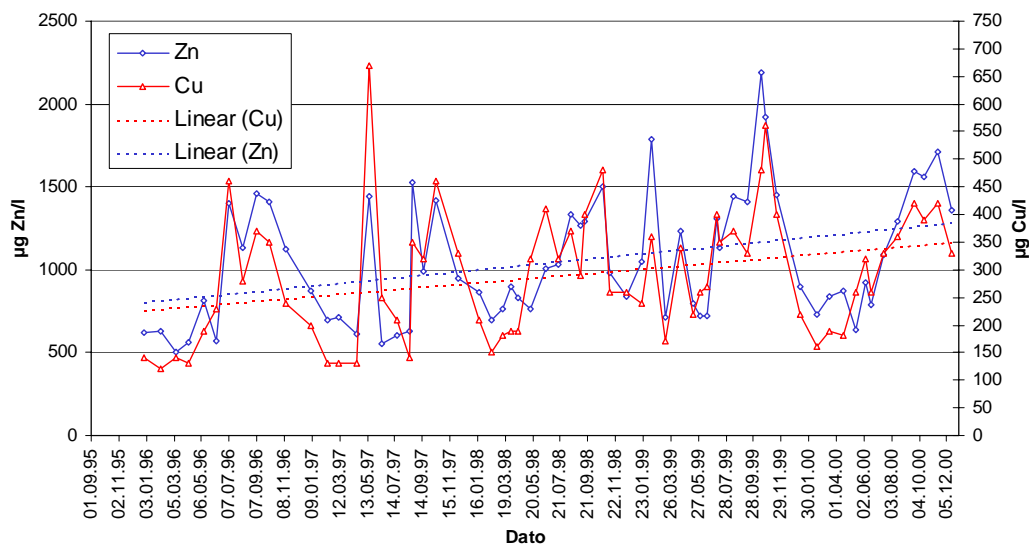
4.2.4 Orva ved bru på vei til Kongens gruve (Litlstugguvollen)

De enkelte analyseresultatene er samlet i tabell 22 og tabell 23 i vedlegg A. NIVA har også for denne stasjonen analysedata tilbake til 1966. Prøvetakingene fram til 1993 var imidlertid så vidt spredt at det er vanskelig å benytte datamaterialet til mer omfattende beregninger. Overdekkingstiltakene ved Kongens gruve og på slamdammen nedenfor flotasjonsverket ble gjennomført i perioden fra 1991-1994. Tiltaket på slamdammen som var det mest omfattende, ble gjennomført i 1992. NIVA gjennomførte etterundersøkelser med månedlig prøvetaking i Orva 1993. Programmet ble tatt opp igjen høsten 1995 og er fortsatt igang etter samme prøvetakingsmønster.



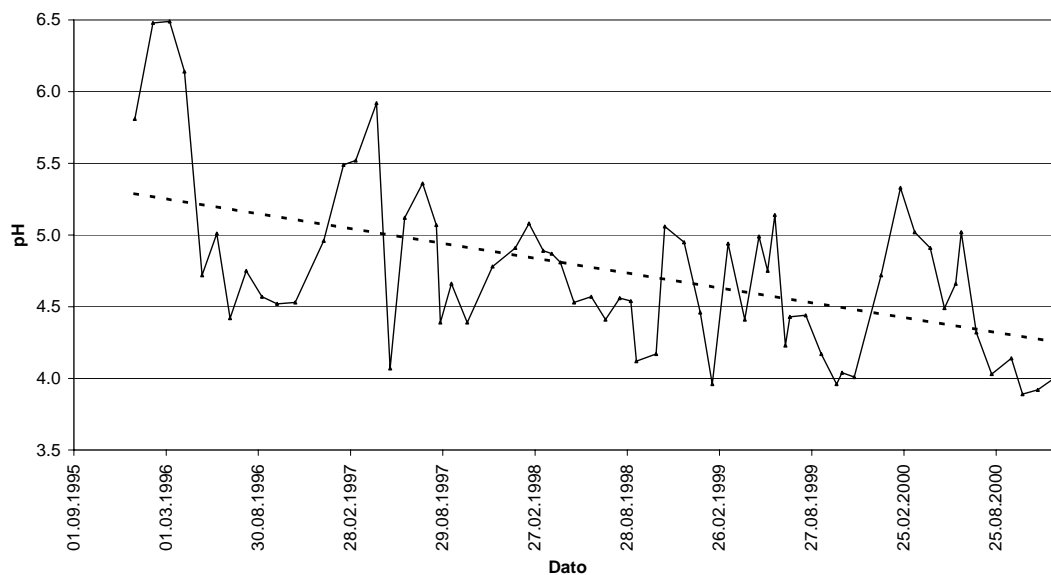
Figur 12. Kopper- og sinkkonsentrasjoner i Orva 1990-2000.

Figur 12 viser observasjonsmaterialet for kopper og sink for perioden 1990-2000. En ser at tiltaket på slamdammen i 1992 førte til en merkbar økning i konsentrasjonene i året etter. Etter at undersøkelsene ble tatt opp igjen høsten 1995, synes konsentrasjonene å vise en økende tendens igjen. Tendensen går tydeligere fram av figur 13 som viser forløpet for perioden 1995-2000. Her er også trendlinjene tegnet inn. Ved utgangen av 2000 var konsentrasjonene fortsatt økende.



Figur 13. Kopper- og sinkkonsentrasjoner i Orva 1995-2000.

Figur 14 viser observasjonsmaterialet for pH for samme tidsperiode. Observasjonene er i samsvar med resultatene for kopper og sink ved at pH-verdiene viser en synkende tendens, noe som viser betydningen av økte tilførsler av surt drens vann.



Figur 14. pH-verdier i Orva ved Litlstugguvollen 1995-2000.

I tabell 10 er fremstilt en beregning av tidsveiede middelveier for de viktigste kjemiske analyseresultater for stasjonen i perioder på hydrologiske år. Verdiene viser samme tendens som figurene foran. Når det gjelder kopper og jern er forholdet mindre fremtredende. Dette har sammenheng med utfellinger i elva fra gruveområdet og ned til Litlstugguvollen. Sink og sulfat er mer mobilt og viser følgelig tydeligst en økende tendens. Dersom trenden fortsetter og pH synker ytterligere, vil en også kunne påvise en større økning i kopperverdiene og til sist jernverdiene hvis pH blir lav nok.

Tabell 10. Tidsveiede middelveier for kjemiske analyseresultater fra Orva ved veibru til Kongens gruve. Periodene gjelder hydrologiske år (1. sept.- 31. aug.).

Periode	pH	Konduktivitet mS/m	Sulfat mg/l	Jern µg/l	Kopper µg/l	Sink µg/l	Kadmium µg/l
1996-97	5,00	7,72	26,1	2589	252	931	1,52
1997-98	4,69	7,70	26,7	2400	303	985	1,60
1998-99	4,57	9,78	34,3	2991	310	1125	1,66
1999-00	4,53	9,41	31,3	2485	298	1122	1,71

Siden en ikke har påvist vesentlige endringer i konsentrasjonene ved utløpet av Orva eller i gruvevannet ved Kongens gruve er det derfor mest sannsynlig at de endringer i som er påvist i vannkvaliteten i Orva, har sammenheng med en økning av diffuse tilførsler fra gruveområdet ved Kongens gruve, d.v.s. fra området omkring flotasjonsverket og slamdammen der det ble gjennomført tiltak i perioden 1991-1994. Selv om avfallet i dette området er overdekket, kan masseflyttingene ha medført en økt avrenning av forvittringsprodukter. Dette har sammenheng med at avfallet også hadde et betydelig innhold av forvittringsprodukter som lett vaskes ut når vann kommer til. En følge av flyttingen er at deler av avfallet vil bli lettere tilgjengelig for utvasking. Overdekkingen som er gjennomført vil riktignok begrense utvaskingen i betydelig grad, men kan sannsynligvis ikke forhindre at vann trenger gjennom dekket. Dette prosjektet har ikke hatt som målsetting å vurdere selve tiltaket. Analyse materialet som foreligger gir derfor ikke grunnlag for nærmere kommentarer. I øyeblikket er det usikkert om forurensningstransporten fortsatt vil øke og hvor lenge økningen eventuelt vil vare. En sannsynlig utvikling er at forurensningstransporten vil avta etter en tid og at det da innstiller seg en ny likevekt. Erfaringer fra to andre områder, ved Kjøligruve og ved Follidal hovedgruve, der det har vært gjennomført flyttinger av forurensende masser, viser at det kan ta mange år før situasjonen stabiliserer seg (Iversen, 1997 og 2001). En mer detaljert kartlegging av kildene kan trolig gi mer informasjon om dem.

5. Transportverdier

Det kan ofte være en vanskelig oppgave å beregne en pålitelig forurensningstransport fra et gruveområde. En har imidlertid sett at i de fleste tilfeller viser vannføringen større variasjoner enn analyseverdiene. Det er derfor viktig å ha så gode vannføringsdata som mulig for å oppnå gode data for forurensningstransporten. I Nordgruvefeltet har en valgt å logge vannføringen automatisk ved måleprofilene hver 2. time og beregne en døgnmiddelvannføring. Prøvetaking for kjemisk analyse er foretatt en gang pr. måned. Årstransporten er beregnet med å multiplisere tidsveiet middelerverdi for den enkelte analyseparameter med årsavrenningen. Dette er antakelig den mest pålitelige metoden når en har gode data for årsavrenningen. Når en ønsker å vurdere de enkelte kilder i forhold til hverandre (variasjoner i løpet av året), kan det også være nyttig å se på øyeblikksverdier for transporten i tillegg til årstransporten. I denne rapporten har en valgt å beregne årstransporten for hydrologiske år da en derved unngår de usikkerheter som en bringer inn ved å benytte kalenderårsmodellen.

5.1 Utløp Orvsjøen

Orvsjøen har flere forureningskilder :

1. Avrenning fra Christianus Sextus gruve. Avrenningen herfra skjer både som overflatetilførsler og gjennom grunnen.
2. Tilførsler via Hjulhusbekken. Bekken løper inn i Sjøvika og mottar overført vann fra bekk under velter ved Kongens øvre område. I tillegg er det også en del overflateavrenning fra gruveavfall deponert nedenfor rasområdet i Hjulhusbekkens nedbørfelt.
3. Naustebekken. Bekken mottar avrenning fra Fjellsjøgruva. Det er hovedsaklig sink som kommer fram til Orvsjøen.
4. Lekkasje av forvittringsprodukter fra avgangsdeponiet i det dypeste området i innsjøens nordende. Dette bidraget er lite og dreier seg hovedsaklig om sink.

Av disse kildene er tilførslene fra Sextus den dominerende. Siden avfallet her har ligget urørt så vidt lenge, antar vi at tilførslene herfra er stabile. Det har vist seg vanskelig å beregne forureningstransporten fra Sextus v.h.a. enkle feltundersøkelser slik de hittil er utført (Arnesen, 1996). Dette skyldes at store deler av transporten fra Sextus skjer gjennom grunnen.

Vannføringen ut av Orvsjøen er beregnet v.h.a. observasjonene i Orva ved Litlstugguvollen korrigert for nedbørfeltets areal. Selv om dette medfører noe usikkerhet, antar vi likevel at årsavrenningen blir så vidt pålitelig at en får tilfredsstillende tall for den årlige forurensningstransporten.

Tabell 11. Tidsveiede årlige transportverdier i utløp av Orvsjøen. Beregningene er gjort i hydrologiske år (1. sept.- 31. aug.).

Periode	Avrenning m ³	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år	Metode
1993*	10374011	112	1,9	1,2	5,9	8,9	Målt **
1997-98	9952506	83	0,82	1,4	3,9	8,1	Målt
1998-99	9209341	81	0,59	1,0	3,5	7,6	HBV/Målt
1999-00	13727241	115	0,98	1,5	4,9	10,6	Målt

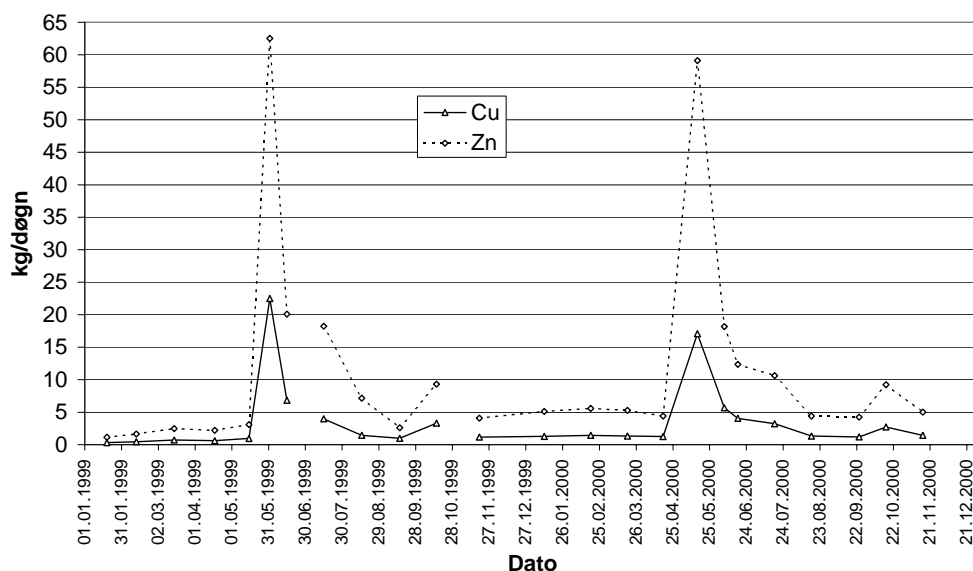
* I kalenderåret.

**Vannføring målt i Orva ved inntaksdam nedenfor flotasjonen

I tabell 11 er beregnet årstransporten for de tre hydrologiske år en har data for. Et av spørsmålene i denne forbindelse er hvilken betydning overføring av vann fra Kongens gruve, øvre område har hatt for vannkvaliteten i Orvsjøen, d.v.s. hvor mye av tilførslene fra Kongens som sedimenterer i innsjøen.

De beregningene som er gjort tyder på en forholdsvis stabil situasjon ved utløpet av Orvsjøen. Når det gjelder tilførslene fra Kongens-området, vil mestparten av jernet trolig sedimentere i Orvsjøen og i området ved Sjøvika. Sammenlignet med resultatene for 1993 er ikke overføringen av bekken fra Kongens merkbar i de beregningene som er gjort. Undersøkelser av sedimentene og vannkvalitet ved noen lokaliteter i Orvsjøen, samt en videre oppfølging av tilførslene vil belyse betydningen av disse nærmere.

Figur 15 viser de momentane transportverdier for kopper og sink for perioden 1999-2000. Figuren viser at metalltransporten foregår hovedsaklig under vårfloppen som vanligvis inntreffer i siste halvdel av mai måned. En ser også at sinktransporten under vårfloppen er ca. 3 ganger så stor som koppertransporten. Dette er forskjellig fra gruvevannet (se figur 16) og betyr at Orvsjøen mottar relativt mer sink enn kopper eller at kopper sedimenterer i Orvsjøen. Begge forhold er mulige. Orvsjøen mottar noe sink fra Fjellsjøgruva. Dessuten avgir den deponerte avgangen trolig en del sink.



Figur 15. Momentane transportverdier for kopper og sink ved utløpet av Orvsjøen i 1999 og 2000.

5.2 Bekk Kongens Øvre

Ved hjelp av beregnet årsavrenning i hydrologiske perioder og tidsveide årsmiddelveidier er det i tabell 12 beregnet årstransporten for de viktigste forurensningskomponenter. Beregningen er mer usikker enn for de øvrige stasjonene. Dette har delvis sammenheng med de problemer som er knyttet til vannføringsmålingene og delvis at antall prøvetakinger er beskjedent samtidig som vannkvaliteten varierer betydelig i løpet av ett år. Det er derfor en viss usikkerhet hvor representative de beregnede middelveidier er. Vi antar likevel at de beregninger som er gjort i tabell 12 gir et godt bilde av størrelsesorden på forurensningstransporten fra dette området.

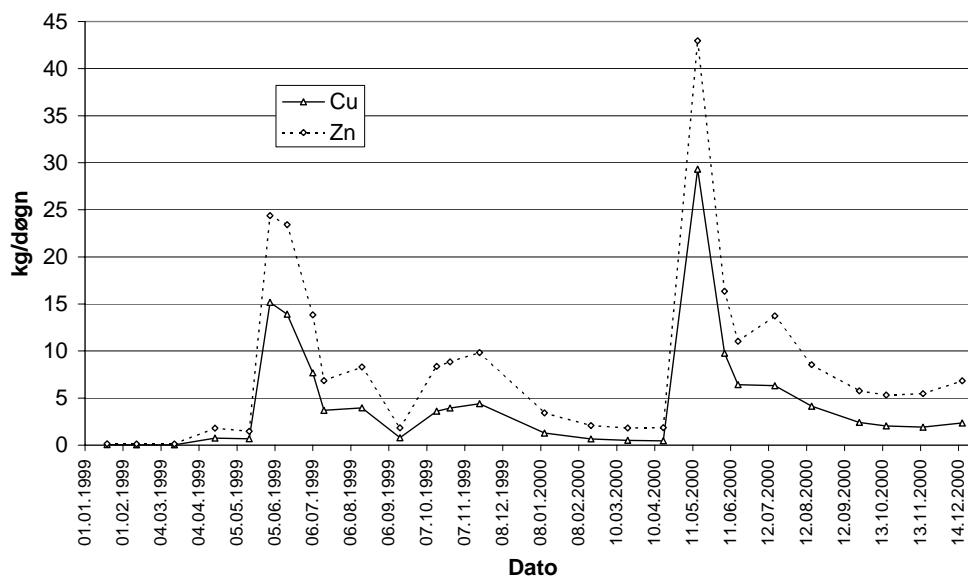
Tabell 12. Årstransport i bekk under velter ved Kongens, øvre område beregnet i hydrologiske perioder (1.sept.-31.aug.) på grunnlag av tidsveiede konsentrasjoner og total avrenning.

År	Avrenning m ³	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kopper tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år
1997-98	57999	24	2.4	0.6	0.9	1.9
1998-99	50013	20	2.4	0.5	0.7	1.4
1999-00	58255	17	1.5	0.4	0.6	1.1

5.3 Gruvevann Kongens

Figur 16 viser transporten av kopper og sink i 1999 og 2000. Transporten er beregnet v.h.a. manuelt avleste overløpshøyder på måleprofilen og de enklete analyseresultater. Figuren viser at mesteparten av forurensningstransporten foregår under vårflommen i mai/juni. Transporten kan også være høy i andre deler av året når det er mye nedbør.

I tabell 13 er beregnet årstransporten i de fire hydrologiske perioder en har data for. Beregningen er gjort på grunnlag av tidsveiede konsentrasjoner og total avrenning. Resultatene tyder på at forurensningstransporten har vært avtakende i perioden. Som nevnt i avsnitt 4.2.1 økte tungmetallkonsentrasjonene i perioden. Når transporten likevel har avtatt, skyldes dette at vannmengdene har avtatt. Dette settes i sammenheng med overføring av vann fra gruvass nedbørfelt til Hjulhusbekken. Vi antar imidlertid at det er nødvendig med observasjoner over noe lengre tidsrom for å få et inntrykk av hvor store de naturlige variasjonene i årstransporten er.



Figur 16. Momentane transportverdier for kopper og sink ved gruvevannsutløp 1999-2000.

Tabell 13. Årstransport ved gruvevannsutløp beregnet i hydrologiske perioder (1. sept.-31. aug.) på grunnlag av tidsveiede konsentrasjoner og total avrenning.

Periode	Total avrenning m³	SO₄ tonn/år	Fe tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cd tonn/år
1995-96						
1996-97	218339	209	33	3.2	8.0	0.008
1997-98	223337	239	38	4.2	8.8	0.018
1998-99	135679	132	20	2.0	4.6	0.009
1999-00	158038	163	25	2.4	5.8	0.012

5.4 Orva ved veibru til Kongens gruve (Litlstugguvollen)

Stasjonen gir uttrykk for samlet avrenning fra Nordgruvefeltet og er således den viktigste stasjonen for vurdering av forurensningstransporten fra feltet. Sammenholdt med resultatene for gruvevannet og utløpet av Orvsjøen vil en ved hjelp av data for Orva ved Litlstugguvollen indirekte kunne beregne bidraget fra diffuse kilder. Disse utgjør først og fremst avfallet som er deponert omkring flotasjonsverket (velter og slamdam).

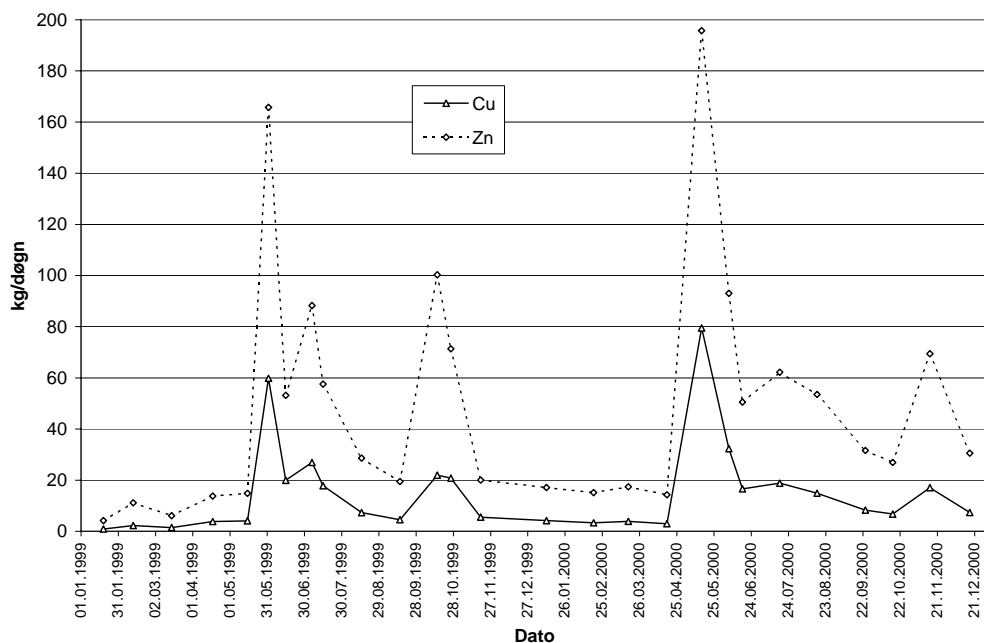
Det ble foretatt vannføringsmålinger i øvre del av Orva i 1993. De kontinuerlige vannmengdemålingene ved veibrua ved Litlstugguvollen kom igang i desember 1995. I tabell 14 er beregnet årstransporten for de viktigste forurensningskomponenter i hydrologiske år.

Tabell 14. Transport av sulfat, jern, kobber, sink og kadmium i Orva ved veibru til Kongens gruve. Årsavrenning er beregnet i hydrologiske år (1. sept.-31. aug.).

Periode	Avrenning m ³	Sulfat tonn/år	Jern tonn/år	Kobber tonn/år	Sink tonn/år	Kadmium kg/år	Metode
1993 *	18924106	593	53	7,8	27	-	Målt**
1995-96	11262586						
1996-97	18509558	483	48	4,7	17	28	Målt
1997-98	15107904	404	36	4,6	15	24	Målt
1998-99	15044227	479	42	4,3	16	23	Sim.
1999-00	21372768	652	53	6,2	23	36	Sim/målt

* I kalenderåret

** Vannføring målt i Orva ved inntaksdam ved flotasjonen



Figur 17. Momentane transportverdier for kobber og sink i Orva ved veibru 1999-2000.

Resultatene i tabellen viser at transporten var høyest i 1993, noe som trolig har sammenheng at dette var første året etter at tiltaket ble gjennomført på slamdammen. En ser også av resultatene for de

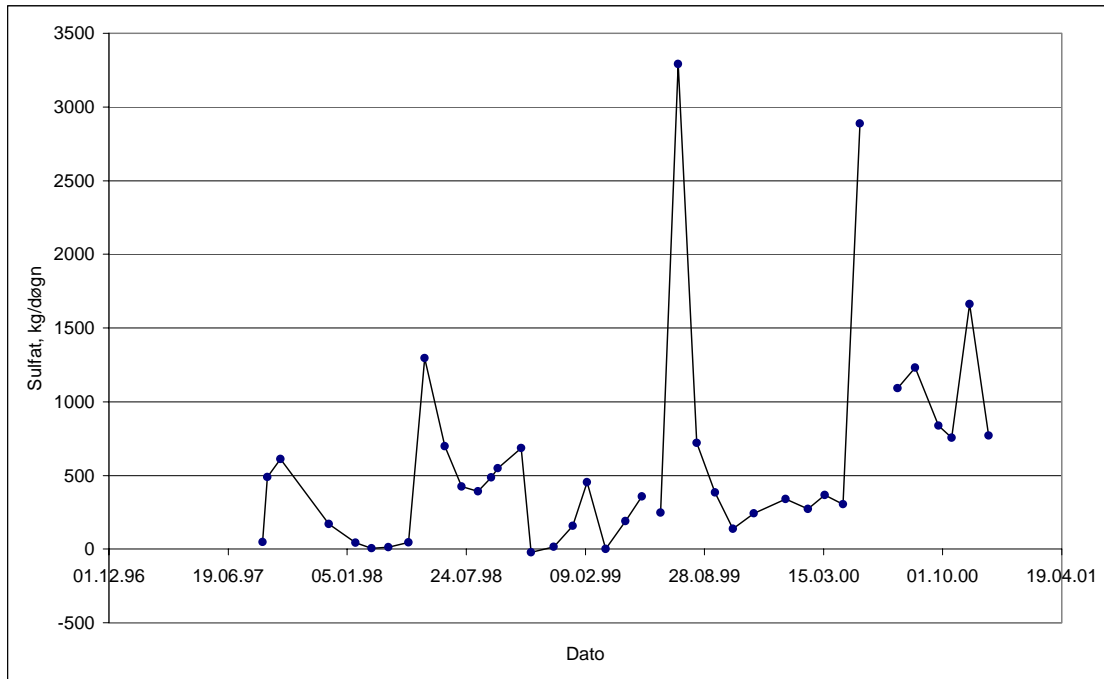
kjemiske analysene at konsentrasjonene i Orva var forholdsvis høye i dette året. I de tre årene fra høsten 1996 til høsten 1999 var forholdene stabile med en vesentlig mindre forurensningstransport enn i 1993. I perioden 1999-2000 ble det påvist en økning i forurensningstransporten igjen. Økningen kan ikke forklares med økte tilførsler fra gruvevannet ved Kongens gruve eller fra Orvsjøen. Da det også er påvist økende metallkonsentrasjoner i Orva, er det sannsynlig at transportøkningen er reell og at den kan knyttes til økt bidrag fra "diffuse" kilder nedstrøms gruvevannsutløpet og utløpet fra Orvsjøen. Da økningen for sink var spesielt stor, tyder dette på at de økte tilførslene til Orva skjer gjennom grunnen. Forholdet er mer detaljert behandlet i neste kapittel, 5.5.

5.5 Diffus avrenning i Kongensområdet

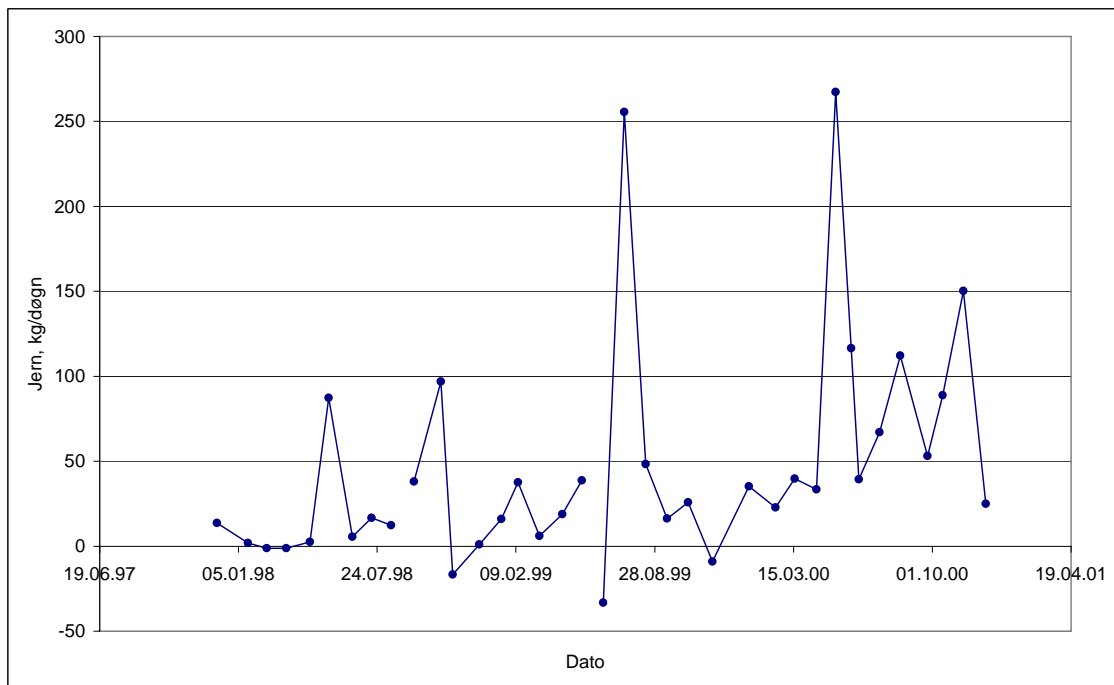
I figur 18, figur 19, figur 20 og figur 21 er den diffuse avrenningen av ulike forurensninger fremstilt grafisk. Denne avrenningen er den andelen av forurensningstransporten i Orva ved veibrua til Kongens gruve som ikke er inkludert i de transportverdiene som er målt i tilførslene til dette punktet i vassdraget. Alle verdier er beregnet ut fra enkeltmålinger av vannføring og konsentrasjon. Verdiene er beregnet som differansen mellom transporten ved veibrua og den i utløpet av Orvsjøen og i gruvevannet fra Kongens gruve. Fram til mai 1991 var det også målinger i utløpet av avgangsdammen ved Kongens gruve. Denne verdien er trukket fra når den foreligger. Før denne datoen foreligger det imidlertid kun et fåtalls målinger som samtidig omfatter disse tilførslene. I tabell 15 er disse verdiene samlet. Data for 21. mai 1991 er antakelig spesielt høye fordi det på den tiden foregikk anleggsvirksomhet i området. I perioden fram til 1996 er det vanskelig å vurdere de beregnede verdiene, fordi det i perioder hele tiden foregikk anleggsvirksomhet i området. Figurene viser at siden 1997 har den diffuse forurensningstransporten økt fra området, særlig i perioder hvor det er stor avrenning som under vårfloppen og i perioder med mye nedbør. I figur 22, figur 23 og figur 24 er avbildet hvordan årstransporten av viktige forurensningskomponenter fordelte seg i det hydrologiske år 1999-2000. Figurene viser at det for tiden er de diffuse tilførslene som for tiden er de viktigste kildene for forurensningstransporten i Orva. Tilførslene av kopper fra de diffuse kildene er omtrent like stor som fra gruvevannet. Når det gjelder sinktransporten utgjør tilførslene fra gruva bare 25 % av samlet transport i Orva.

Tabell 15. Enkeltverdier av diffus avrenning fra Kongensområdet fram til mai 1991.

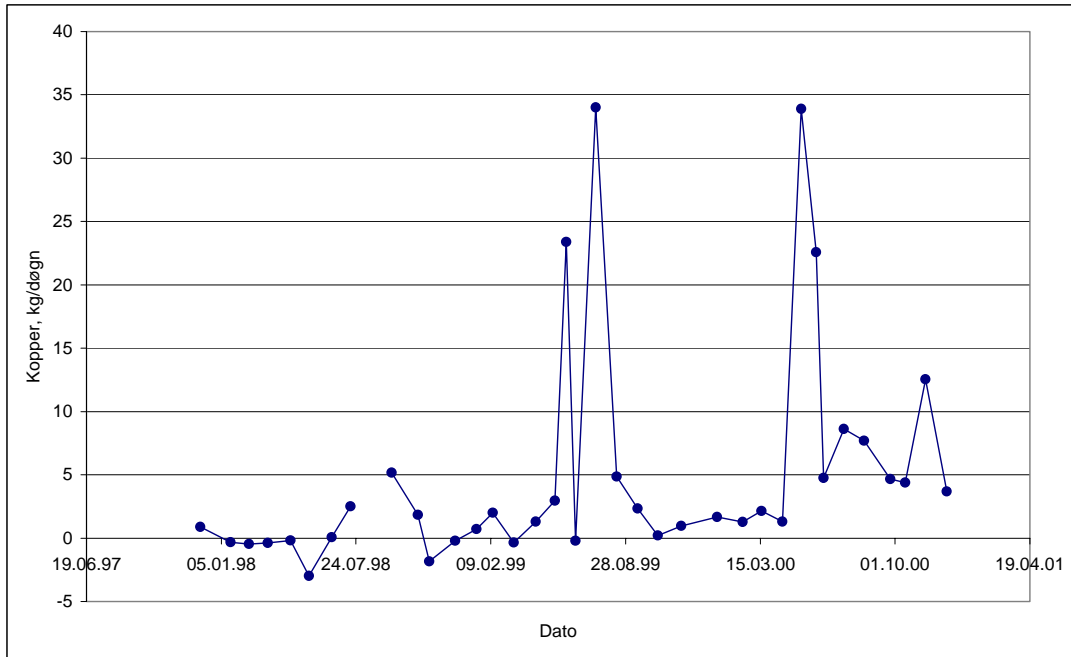
Dato	Sulfat kg/døgn	Jern kg/døgn	Kopper kg/døgn	Sink kg/døgn
06.09.89	690,4	50,8		32,0
10.10.89	45,0	-38,8	1,7	6,1
19.09.90				-42,9
21.05.91	1016,9		19,9	43,6



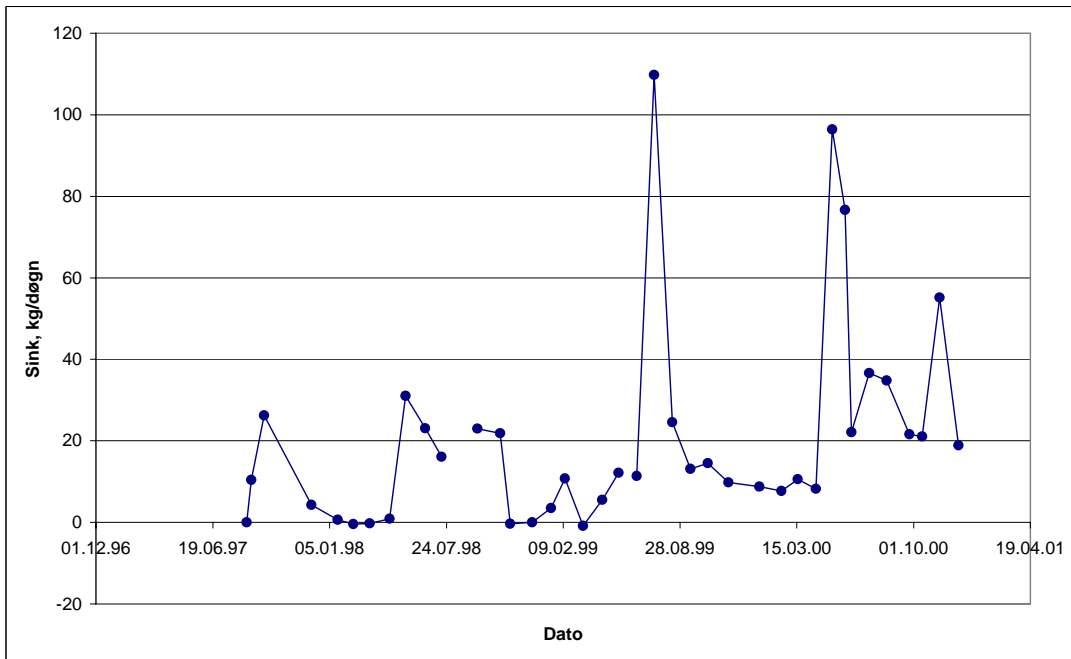
Figur 18. "Diffus avrenning" (se tekst) av sulfat fra området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve



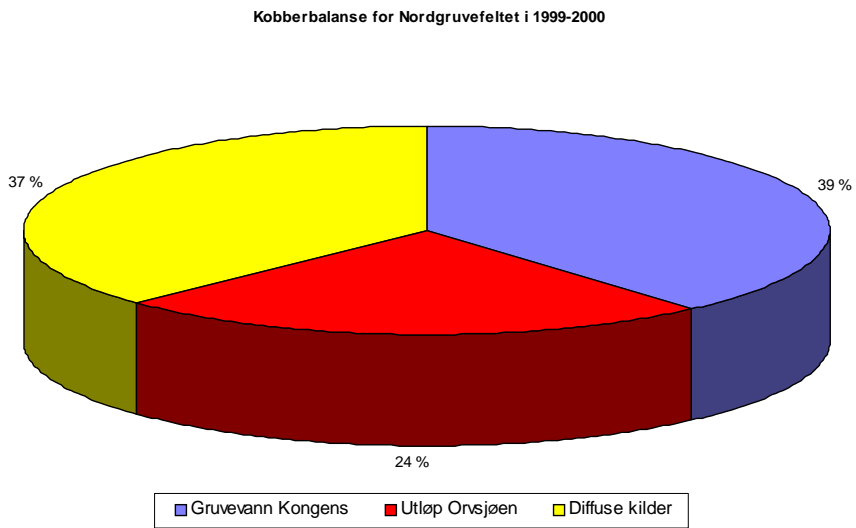
Figur 19. "Diffus avrenning" (se tekst) av jern fra området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve.



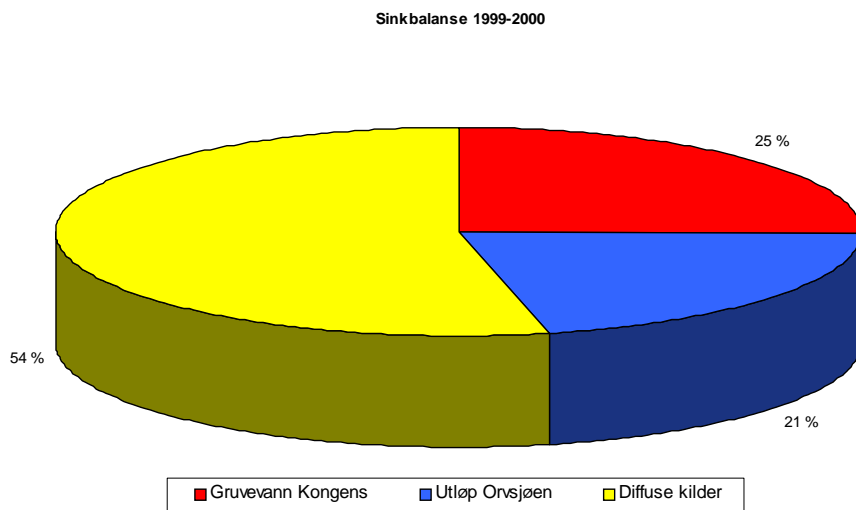
Figur 20. "Diffus avrenning" (se tekst) av kopper fra området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve.



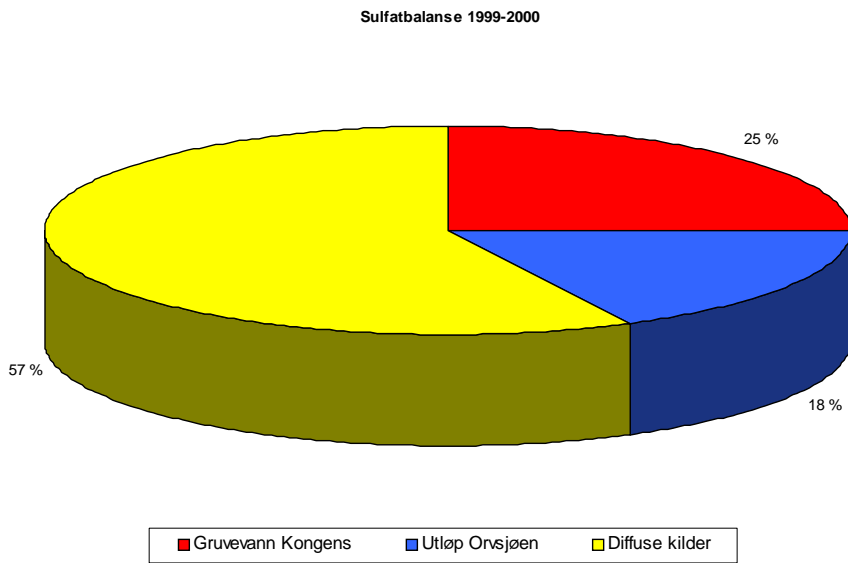
Figur 21. "Diffus avrenning" (se tekst) av sink fra området rundt flotasjonsverket ved Kongens gruve.



Figur 22. Fordeling av koppertransport i Nordgruvefeltet på kilder i 1999-2000 (hydrol. år).



Figur 23. Fordeling av sinktransport i Nordgruvefeltet på kilder i 1999-2000 (hydrol. år).



Figur 24. Fordeling av sulfattransport i Nordgruvefeltet på kilder i 1999-2000 (hydrol. år).

6. Diskusjon

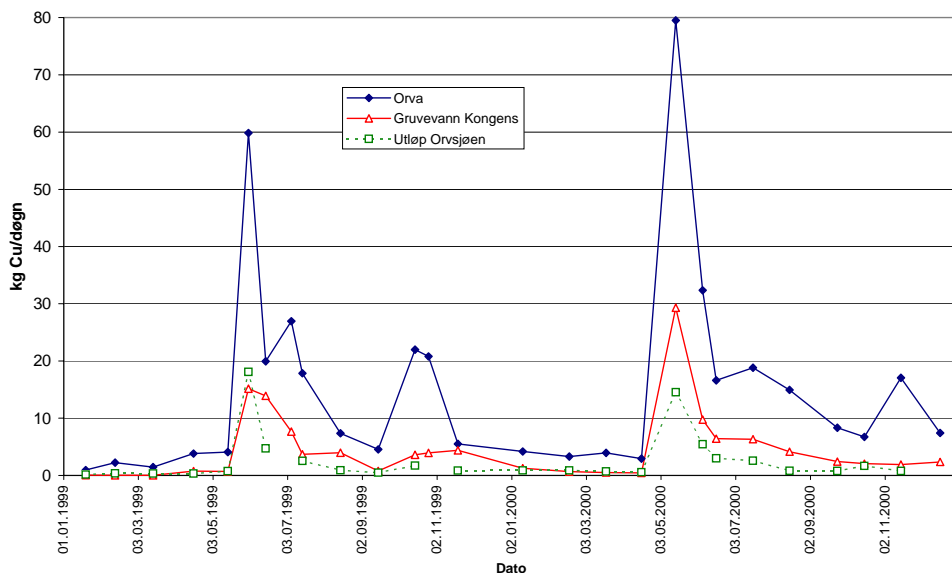
Selv om undersøkelsene i Nordgruvefeltet har pågått i lang tid, er det først i løpet av de 4-5 siste år at undersøkelsene har vært så vidt systematiske at det har vært mulig å få pålitelige og detaljerte verdier for hva de enkelte kilder betyr for de samlede forurensningstilførsler til Glåma. I tillegg til de naturgitte forholdene med relativt store variasjoner når det gjelder nedbør og klima, har også de tiltakene som er gjort siden 1992 også gjort det nødvendig å følge opp forurensningssituasjonen over lang tid for å få et sikkert inntrykk av hva de forskjellige tiltakene har ført til. Vi har funnet det riktigst å beregne forurensningstransporten i perioder på hydrologiske år (1.sept.-31.aug.). En slipper derved den usikkerheten som kalenderårsmodellen innebærer ved at det kan ligge store nedbørmengder lagret i nedbørfeltet ved årets begynnelse og som egentlig hører med til foregående år. Ved å benytte hydrologiske år som basis for beregningene, vil årsavrenningen bli riktigere. Årstransporten vil også derved bli riktigere når en beregner denne v.h.a. årsavrenning og tidsveiet middel for analyseverdi.

Ved utløpet av Orvsjøen har det vært beskjedne endringer i forurensningstransporten etter 1997. Dette betyr at det ikke har vært mulig å påvise noen endringer som følge av overføring av vann fra det øvre området ved Kongens gruve til Hjulhusbekken og Orvsjøen. Tilsynelatende kan dette tolkes som en positiv effekt av tiltaket. En mer sannsynlig forklaring er at forurensningstransporten fra Kongens til Orvsjøen er liten i forhold til tilførslene fra Sextus-området. Dette understøttes av at en hittil ikke har påvist noen endringer i sulfat- eller sinkkonsentrasjonene. Da sulfat- og for en stor del av sinkinnholdet i dreinsvannet fra Kongens ikke felles ut i Orvsjøen, tyder dette på at tilførslene fra Kongens er av mindre betydning for Orvsjøen. Videre kan oppholdstid og innblandingsforhold også ha stor betydning i denne sammenheng. For å få et bedre grunnlag for å angi effektene av dette tiltaket anbefaler vi en fortsatt overvåking av området. For å studere hvor store metallmengder som sedimenterer i Orvsjøen hadde det trolig vært riktigere å basere feltforsøkene på målinger av tilførslene fra Sextus. Disse må gjøres etter et mer omfattende opplegg enn tidligere, d.v.s. de må baseres på kontinuerlige vannmengdemålinger. Indirekte kan en også få et inntrykk av sedimenteringen ved å undersøke vannkvalitet og sediment i Orvsjøen. Undersøkelser av bunn-nære områder ved deponiområdet nord i innsjøen kan trolig gi informasjon om bl.a lekkasjen av sink fra avgangsdeponiet.

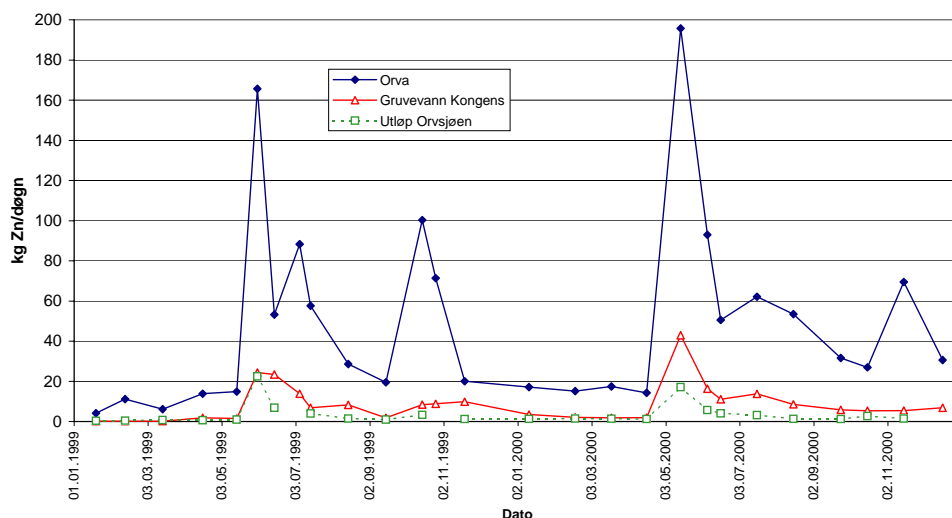
Når det gjelder gruvevannet fra Kongens gruve, kan det påvises økte metallkonsentrasjoner som følge av overføring av dreinsvann fra det øvre velteområdet til Hjulhusbekken. Dette har imidlertid ikke ført til noen økt forurensningstransport fra gruva. Analyse materialet tyder på at transporten fra gruva har avtatt noe i perioden 1997-2000, en periode på 4 hydrologiske år. Da klima- og nedbørforhold er meget spesielle og da avrenningen fra gruva avviker fra et naturlig nedbørfelt, anbefaler vi at gruvevannet følges opp ennå en tid for å fastslå hvordan årstransporten varierer.

Etter at limnigrafen kom i drift i Orva i desember 1995, har en fått et godt tallmateriale for de samlede tilførsler til Glåma fra Nordgruvefeltet. Analyse materialet for prøver tatt i perioden fra høsten 1995 til utløpet av 2000 viser at tungmetallkonsentrasjonene er økende i Orva. Fallende pH-verdier og økende sulfatverdier bekrefter også dette resultatet. Ved å beregne forurensningstransporten ved hjelp enkeltverdier for vannføring og korresponderende analyseverdier er det også tydelig at forurensningstransporten er økende. Økningen er imidlertid ikke dramatisk, men den er likevel tydelig og bør kreve nærmere oppmerksomhet i tiden fremover. Etter vurdering av momentane transportverdier og ved å vurdere samlet transport med transporten ved kjente kilder som utløp Orvsjøen og utløp fra Kongens gruve, ser en at det er økt forurensningstilførsel fra såkalte diffuse kilder i Kongens-området som er årsaken til den økte transport i Orva. Økningen er spesielt stor når det gjelder sink, noe som viser at tilførselen sannsynligvis skjer gjennom grunnen eller kommer fra avfall med spesielt høyt sinkinnhold. Transporten fra diffuse kilder er spesielt stor når det

er mye avrenning som under snøsmelting eller i perioder med mye nedbør. Vi anbefaler derfor at det foretas en nærmere kartlegging av kildene. Dette er helt nødvendig dersom det blir aktuelt med ytterligere tiltak i området. En mulig fremgangsmåte kan være å foreta en befaring med prøvetaking i Orva på strekningen fra Litlstugguvollen til Orvsjøens utløp. En vil derved få et inntrykk av hvor forurensningstilførslene kommer inn. Dersom det også er mulig å måle vannføringen på stedet, vil utsagnskraften styrkes ytterligere. I figur 25 og figur 26 er vist enkeltverdier for materialtransporten av kopper og sink i 1999 og 2000 fordelt på de enkelte kilder i måleprogrammet. Figurene viser tydelig forholdene som er nevnt foran.



Figur 25. Koppertransport i 1999 og 2000. Enkeltverdier fordelt på kilder.



Figur 26. Sinktransport i 1999 og 2000. Enkeltverdier fordelt på kilder.

Det kan synes noe overraskende at forurensningstransporten har økt fra et område der det er gjort et forurensningsbegrensende tiltak. Den foreliggende rapporten har imidlertid ikke som mål å vurdere kvaliteten på de tiltakene som er gjort. Det må likevel legges til at tiltaket på den gamle slamdammen nedenfor flotasjonen ble i første rekke utført for å forhindre økt forurensningsfare da da det var fare for at dammen kunne gli ut. I tillegg så en det som viktig å dekke til overflaten for å forhindre

støvflukt. Tiltakene ble likevel utført med en slik kvalitet at de skulle ha forurensningsbegrensende effekt. Når det hittil ikke er påvist noen forbedret tilstand i Orva, kan dette ha sammenheng med flytting av sterkt forurensende masser. Erfaringsmessig kan det ta noe år før en ny likevekt innstiller seg. Kun fortsatt overvåking kan gi informasjon om den videre utvikling. Dersom det vil bli aktuelt å vurdere ytterligere tiltak i området, må disse omfatte de diffuse tilførsle for å oppnå tilstrekkelig virkning.

7. Konklusjon

NIVA har foretatt undersøkelser av forurensningsstasjonen i Nordgruvefeltet ved Røros siden 1966. Etter 1996 har undersøkelsene vært mer systematiske og tiltaksorienterte med hovedvekt på å gjøre rede for forurensningstransporten i området fordelt på de viktigste kilder.

Feltundersøkelsene etter 1996 er basert på 4 stasjoner med prøvetaking og kontinuerlig vannføringsmåling ved 3 av dem. Det ble laget en rapport i 1999 med vurdering av situasjonen ved utgangen av 1998. Den foreliggende rapport kan betraktes som en sluttrapport som beskriver forurensningssituasjonen ved utgangen av 2000. Rapporten kan danne grunnlag for eventuelle fortsatte undersøkelser eller tiltaksutredninger.

Overføring av vann fra Kongens, øvre område til Hjulhusbekken og Orvsjøen har hittil ikke ført til noen påviselige effekter i fysisk/kjemisk vannkvalitet ved utløpet av Orvsjøen. Den mest sannsynlige forklaringen på dette er at overføringen er av mindre betydning for forurensningssituasjonen i Orvsjøen da det er tilførselene fra Sextus som her er av størst betydning.

Overføringen synes å ha ført til økte tungmetallkonsentrasjoner i gruvevannet fra Kongens gruve. Siden vannmengdene har avtatt, har overføringen ført til en mindre reduksjon i forurensningstransporten fra gruva.

I løpet av de to siste år er det påvist en økning i forurensningstilførselene fra diffuse kilder i Kongensområdet, d.v.s. området rundt flotasjonsverket inkludert slamdammen. Dette førte til en økt forurensningstransport i Orva spesielt i siste år. Bidraget av sink fra dette området var betydelig høyere enn fra de andre kildene i undersøkelsen. Bidraget av kopper var også stor. Det er mulig at den økte forurensningstransporten kan ha sammenheng med at forurensende masser ble flyttet på under tiltakene. I så fall vil økningen være et forbigående fenomen.

Tungmetallkonsentrasjonene i Orvsjøen og i Orva er fortsatt såvidt høye at de ikke kan forventes nevneverdig liv her.

8. Referanser

- Arnesen, R.T. og Grande, M., 1973. A/S Røros Kobberverk. En undersøkelse av Orvsjøen 1973. NIVA-Rapport, O-73101. Oktober 1973.
- Arnesen, R.T. og Tjomsland, T., 1980. Røros Kobberverk. Vannforurensning fra gruver. NIVA-Rapport, O-78050, Serie nr. 1206. Juni 1980.
- Arnesen, R.T., 1989. Vannforurensning fra Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-rapport, O-87043, Serie nr. 2207, Februar 1989.
- Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Hals, B. og Lundgren, T., 1990. Vannforurensning i Nordgruvefeltet – Røros. Arbeidet i 1989. NIVA-Rapport, O-87043. L.nr. 2413.
- Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Hals, B. og Ahlfors, J., 1991. Avrenning fra velter - Arvedalen gruve, Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-Rapport. O-91156, L.nr. 2715. 10 s.
- Arnesen, R.T. og Iversen, E.R., 1994. Virkninger av øket tilførsel av gruvevann til Orvsjøen, Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-Rapport, O-94017/O-93126/O-92123.
- Arnesen, R.T., 1996. Christianus Sextus gruve, Nordgruvefeltet, Røros. Kartlegging av forurensningstransport. NIVA-Rapport, O-94159. L.nr. 3562-96. 30 s.
- Arnesen, R.T., 1996. Muggruva, Holtålen. Kartlegging av forurensningstransport. NIVA-Rapport, O-94158, L.nr. 3450-96. 23 s.
- Arnesen, R.T., Bakken, T.H. og Iversen, E.R., 1999. Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-Rapport, O-99095. L.nr. 4081-99. 36 s.
- Iversen, E.R. og Arnesen, R.T., 1990. Vannforurensning fra nedlagte gruver, Del II. NIVA-Rapport, O-89106, L.nr. 2363, 51 s.
- Iversen, E.R., 1994. Vannforurensning fra nedlagte gruver. Del III. NIVA-Rapport, O-92152, L.nr. 3045. 36 s.
- Iversen, E.R. og Knudsen, C-H., 1997. Kjemisk rensing av gruvevann fra Kongens gruve i Nordgruvefeltet, Røros. NIVA-Rapport, O-96099, L.nr. 3632-97. 69 s.
- Iversen, E.R., 1997. Kjøli gruve. Avrenning 1995-1996. NIVA-Rapport, O-95171, L.nr. 3598-97. 19 s.
- Iversen, E.R., 2001. Oppfølging av forurensningstilførsler fra Folldal sentrum. Undersøkelser i 2000. NIVA-Rapport, O-99155, L.nr. 4365-2001. 25 s.

Vedlegg A. Kjemiske analyseresultater for årene 1999 og 2000

Tabell 16. Analyseresultater for gruvevann fra Kongens gruve 1999.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
19.01.1999	2,79	208	1228	192000	14500	41500	80	0.43
12.02.1999	2,90	189	1198	193000	12600	38300	70	0.45
15.03.1999	2,89	209	1269	209000	11600	39800	75	0.46
17.04.1999	2,75	204	1051	184000	14200	34400	65	1.52
15.05.1999	2,71	175	796	119000	13000	28000	50	1.52
31.05.1999	2,75	155	668	172000	15800	25400	60	10.19
15.06.1999	2,71	156	668	106000	14500	24400	55	11.11
06.07.1999	2,79	158	683	103000	14200	25600	55	7.69
15.07.1999	2,70	163	737	105000	14500	26800	55	3.70
15.08.1999	2,74	171	928	127000	15500	32500	70	2.17
15.09.1999	2,78	184	928	125000	13800	31900	70	1.47
15.10.1999	2,73	182	940	131000	14100	32700	60	3.90
26.10.1999	2,77	179	985	138000	15400	34600	70	3.25
19.11.1999	2,71	193	1072	149000	17200	38500	75	2.39
Gj.snitt	2,77	180	939	146643	14350	32457	65	3.59
Maks.verdi	2,90	209	1269	209000	17200	41500	80	11.11
Min.verdi	2,70	155	668	103000	11600	24400	50	0.43

Tabell 17. Analyseresultater for gruvevann fra Kongens gruve 2000.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
11.01.2000	2.73	208	1269	185000	16900	45100	90	0.88
18.02.2000	2.78	213	1341	210000	14800	46300	90	0.52
19.03.2000	2.74	220	1418	227000	13000	45700	90	0.46
17.04.2000	2.66	244	1443	252000	11700	46900	95	0.46
15.05.2000	2.61	195	877	146000	21500	31500	75	15.78
06.06.2000	2.8	140	689	105000	15000	25100	55	7.54
17.06.2000	2.77	149	647	99000	13600	23300	50	5.48
17.07.2000	2.69	166	584	94100	12500	27100	54	5.86
16.08.2000	2.69	164	716	108000	13700	28300	60	3.50
24.09.2000	2.75	174	796	125000	15300	36500	69	1.83
16.10.2000	2.78	170	778	125000	13400	34800	63	1.77
15.11.2000	2.77	175	847	139000	14000	40100	70	1.58
17.12.2000	2.68	208	808	144000	13900	40400	70	1.96
Gj.snitt	2.73	187	939	150700	14562	36238	72	3.66
Maks.verdi	2.80	244	1443	252000	21500	46900	95	15.78
Min.verdi	2.61	140	584	94100	11700	23300	50	0.46

Tabell 18. Analyseresultater for drensvann under øvre velter Kongens gruve 1999.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
15.05.1999	2.80	124.0	446	63600	10900	14900	30	
01.06.1999	3.09	56.3	149	18800	3980	5780	10	8.79
15.06.1999	2.93	80.1	223	29900	5710	6840	15	
06.07.1999	2.99	92.0	311	29000	7730	11300	25	6.23
15.07.1999	2.96	81.1	260	18400	6080	10600	20	2.32
15.08.1999	2.81	125.0	524	35500	9780	18900	40	0.07
15.09.1999	2.83	142.0	563	35800	7700	18000	30	0.13
15.10.1999	2.84	111.0	410	52800	9850	11900	20	5.99
26.10.1999	2.96	97.0	401	34700	7950	13800	30	1.10
19.11.1999	2.88	113.0	473	40600	10500	17500	30	0.27
Gj.snitt	2.91	102.2	376	35910	8018	12952	25	3.11
Maks.verdi	3.09	142.0	563	63600	10900	18900	40	8.79
Min.verdi	2.80	56.3	149	18400	3980	5780	10	0.07

Tabell 19. Analyseresultater for drensvann under øvre velter Kongens gruve 2000.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
15.05.2000	3.08	51.8	116	11700	3100	3910	10	13.10
06.06.2000	3.14	57.2	189	13600	4910	6720	15	4.70
17.06.2000	3.26	45.0	122	6800	2790	4490	10	2.47
17.07.2000	3.04	64.7	155	11700	3890	5990	11	3.22
16.08.2000	2.91	82.9	256	23700	6310	9010	17	2.55
24.09.2000	2.76	149	578	47200	11800	22200	38	0.02
16.10.2000	2.92	114	434	34400	8330	17800	28	0.38
15.11.2000	2.91	112	413	35500	7770	15900	24	0.20
17.12.2000	2.87	125	395	40300	8970	15000	23	0.27
Gj.snitt	2.99	89.1	295	24989	6430	11224	20	2.99
Maks.verdi	3.26	149.0	578	47200	11800	22200	38	13.10
Min.verdi	2.76	45.0	116	6800	2790	3910	10	0.02

Tabell 20. Analyseresultater. Utløp Orvsjøen 1999.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Cd
		mS/m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
19.01.1999	6.70	3.86	9.5	60	118	417	0.82
12.02.1999	6.57	3.58	8.9	83	106	386	0.75
15.03.1999	6.83	3.67	9.1	54	123	418	0.82
17.04.1999	6.48	3.96	8.4	42	78	287	0.71
15.05.1999	6.26	3.64	7.1	58	75	242	0.47
01.06.1999	6.50	3.44	8.6	114	142	394	0.80
15.06.1999	6.16	3.49	9.0	93	134	394	0.77
15.07.1999	6.27	3.46	8.4	72	113	519	0.90
15.08.1999	6.58	3.40	8.7	66	106	521	0.76
15.09.1999	6.63	3.59	8.4	50	104	273	0.82
15.10.1999	6.40	3.61	9.5	55	104	295	0.76
19.11.1999	6.70	3.53	9.4	89	124	428	1.09
Gj.snitt	6.51	3.60	8.8	70	111	381	0.79
Maks.verdi	6.83	3.96	9.5	114	142	521	1.09
Min.verdi	6.16	3.40	7.1	42	75	242	0.47
Std.av.	0.20	0.17	0.7	21	20	91	0.14

Tabell 21. Analyseresultater. Utløp Orvsjøen 2000.

Dato	pH	Kond	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Cd
		mS/m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
11.01.2000	6.71	3.81	9.0	67	97	390	0.80
18.02.2000	6.66	3.56	9.0	61	100	390	0.78
17.03.2000	6.77	3.62	8.6	49	94	370	0.76
17.04.2000	6.69	3.59	8.2	50	110	390	0.70
15.05.2000	6.42	3.06	6.3	69	81	280	0.60
17.06.2000	6.70	3.31		124	129	412	0.65
17.07.2000	6.61	3.30	8.0	76	103	314	0.67
16.08.2000	6.68	3.20	7.4	90	113	371	0.67
24.09.2000	6.66	3.42	7.8	59	97	321	0.68
16.10.2000	6.79	3.39	7.7	66	101	355	0.70
15.11.2000	6.75	3.56	8.1	60	97	330	0.69
17.12.2000	6.68	3.50	8.3	51	93	324	0.67
Gj.snitt	6.68	3.44	8.04	69	101	354	0.70
Maks.verdi	6.79	3.81	9.00	124	129	412	0.80
Min.verdi	6.42	3.06	6.30	49	81	280	0.60
Std.av.	0.10	0.21	0.77	21	12	40	0.06

Tabell 22. Analyseresultater. Orva ved veibru ved Litlstugguvollen.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
19.01.1999	4.46	11.10	40.1	3540	240	1050	1.24	46
12.02.1999	3.96	19.00	70.4	5450	360	1790	1.99	72
15.03.1999	4.94	6.85	24.2	3010	170	710	1.00	100
17.04.1999	4.41	11.10	40.1	3750	340	1230	1.77	130
15.05.1999	4.99	6.76	23.4	2150	220	800	1.27	215
01.06.1999	4.75	5.81	17.7	1310	260	720	1.35	2664
15.06.1999	5.14	5.43	17.7	970	270	720	1.12	855
06.07.1999	4.23	10.90	32.6	3070	400	1310	2.17	780
15.07.1999	4.43	9.06	31.7	2400	350	1130	1.86	590
15.08.1999	4.44	10.90	38.9	2960	370	1440	2.18	230
15.09.1999	4.17	12.80	41.6	1930	330	1410	2.12	160
15.10.1999	3.96	14.60	45.8	4200	480	2190	2.68	530
26.10.1999	4.04	15.30	52.4	5940	560	1920	3.14	430
19.11.1999	4.01	11.30	37.1	1840	400	1450	2.34	160
Gj.snitt	4.42	10.78	36.7	3037	339	1276	1.87	497
Maks.verdi	5.14	19.00	70.4	5940	560	2190	3.14	2664
Min.verdi	3.96	5.43	17.7	970	170	710	1.00	46
Std.av.	0.40	3.87	14.2	1454	104	467	0.63	678

Tabell 23. Analyseresultater. Orva ved veibru ved Litlstugguvollen 2000.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
11.01.2000	4.72	8.34	28.9	2640	220	900	1.35	220
18.02.2000	5.33	6.10	21.9	1590	160	730	1.10	240
17.03.2000	5.02	7.15	26.1	2390	190	840	1.06	240
17.04.2000	4.91	7.64	27.5	2680	180	870	1.11	190
15.05.2000	4.49	6.30	17.5	1570	260	640	1.03	3540
06.06.2000	4.66	6.97	22.7	1830	320	920	1.60	1170
17.06.2000	5.02	5.97	19.7	1430	260	790	1.48	740
17.07.2000	4.32	9.04	29.6	2060	330	1090	1.78	660
16.08.2000	4.03	12.5	39.8	3550	360	1290	2.10	480
24.09.2000	4.14	13.7	53.6	3710	420	1590	2.63	230
16.10.2000	3.89	16.7	49.1	5470	390	1560	2.33	200
15.11.2000	3.92	15.6	49.1	4210	420	1710	2.53	470
17.12.2000	4.00	13.1	45.8	2230	330	1360	2.02	260
Gj.snitt	4.50	9.93	33.2	2720	295	1099	1.70	665
Maks.verdi	5.33	16.70	53.6	5470	420	1710	2.63	3540
Min.verdi	3.89	5.97	17.5	1430	160	640	1.03	190
Std.av.	0.48	3.85	12.6	1201	90	361	0.57	911