

RAPPORT LNR 4550-2002

Tungmetallforurensning i Kvina

Undersøkelser av vannkjemi og
bunnfauna

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
5005 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

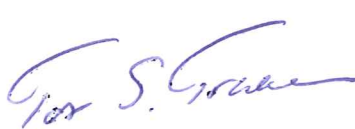
Tittel Tungmetallforurensning i Kvina. Undersøkelser av vannkjemi og bunnfauna.	Løpenr. (for bestilling) 4550-2002	Dato juni 2002
	Prosjektnr. Undernr. 21134	Sider Pris 27
Forfatter(e) Tor S. Traaen Torleif Bækken	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder Kvinesdal Kommune	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Det er utført undersøkelser av tungmetaller og forsuring i Kvinavassdraget. I Knabeåni, som mottar avrenning fra nedlagte Knaben gruver, var konsentrasjonene av kobber og labilt aluminium høye nok til å medføre lavt artsantall av bunnfauna. Konsentrasjonene av molybden (maksimalverdi 28 µg/l) var langt lavere enn det som antas å skade vannboende organismer. I Kvina oppstøms kalkdoserer var forsuringen hovedårsaken til lavt artsantall av bunndyr (pH rundt 5,0 og labilt aluminium 30-70 µg/l). Det ble allikevel registrert flere arter i 2001 enn ved undersøkelsen i 1991-1992, trolig grunnet redusert forsuring. Nederst i vassdraget lå konsentrasjonene av tungmetaller på nivå med forventede bakgrunnsverdier. Kalkingen synes ikke å ha mobilisert molybden fra elvesedimentene. Det er ikke påvist utlekking av tungmetaller fra den utfylte strandpromenaden ved Kvinesdal sentrum.


Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Gruver	1. Mining
2. Tungmetaller	2. Heavy metals
3. Forsuring	3. Acidification
4. Bunnfauna	4. Bottom fauna



Tor S. Traaen
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

Tungmetallforurensning i Kvina
Undersøkelser av vannkjemi og bunnfauna

Forord

Denne undersøkelsen av tungmetaller i Kvinavassdraget er utført etter oppdrag fra Fylkesmannen i Vest-Agder og Kvinesdal kommune. Kontaktperson hos Fylkesmannen har vært Randi Semb. Solveig Egeland i Kvinesdal kommune har organisert vannprøvetakingen. De kjemiske analysene er utført ved NIVAs kjemilaboratorium i Oslo. Torleif Bækken har utført prøvetaking, analyser og bearbeiding av bunnfauna. De vannkjemiske data er bearbeidet av undertegnede.

Oslo, 24. juni, 2002

Tor S. Traaen

Innhold

Tungmetallforurensning i Kvina	2
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Vannkjemiske undersøkelser	7
2.1 Måleprogram i 2001/2002	7
2.2 Vannkjemiske resultater	9
2.2.1 Vannkjemi relatert til forurensning	9
2.2.2 Tungmetaller	10
3. Bunnfauna	14
3.1 Materiale og metode	14
3.2 Resultater	15
3.2.1 Bunnfyrsamfunn	15
3.2.2 Mangfold og forurensning	17
4. Litteratur	21
Vedlegg A. Stasjonsplassering	22
Vedlegg B. Vannkjemiske hovedkomponenter i Kvina.	23
Vedlegg C. Tungmetaller i Kvinavassdraget.	25

Sammendrag

Det er utført undersøkelser av vannkjemi på 7 stasjoner i Kvinavassdraget i tidsrommet mai 2001 til april 2002. I oktober 2001 ble det tatt prøver av bunnfauna på 6 stasjoner i øvre deler av vassdraget. Hovedvekten i undersøkelsene er lagt på tungmetaller og forsuring.

Knabeåni mottar avrenning fra nedlagte Knaben molybdengruver. Molybdenkonsentrasjonene i Knabeåni (maksimumsverdi 28 µg/l) ligger godt under de konsentrasjoner som anses å være skadelig for vannboende organismer (kanadisk grenseverdi : 73 µg/l). Av tungmetallene er det bare kobber som har så høye konsentrasjoner at man må forvente negative effekter på fisk og bunnfauna (maksimumsverdi: 21 µg/l). Selv om avrenningen fra gruveområdet øker pH i Knabeåni, har vannet allikevel lav pH (ned til 5,1) og forholdsvis høye konsentrasjoner av labilt (giftig) aluminium (maksimumsverdi 88 µg/l). Arts sammensetningen av bunnfaunaen kan forklares både ut fra forsuring og effekter av kobber.

I Kvina oppstrøms kalkdosereren er forsuringen trolig bestemmende for artssammensetningen av vannboende organismer. Forsuringen synes imidlertid å ha avtatt noe siden undersøkelsen i 1991/92. Til tross for at Kvina har et påvirket bunndyrsamfunn ble det registrert langt flere arter, og i større tettheter i denne undersøkelsen enn det som ble registrert på de tilsvarende lokalitetene i 1991/92. Noe av forskjellen kan skyldes at det har blitt lavere konsentrasjoner av labilt aluminium samt høyere pH verdier i 2001 enn i 1991/92.

Ved Kloser nederst i vassdraget ligger tungmetallnivåene på det som må ansees å være naturlige bakgrunnskonsentrasjoner. Det er ingen ting som tyder på at kalkingen har ført til vesentlig mobilisering av molybden fra sedimentert materiale fra gruveområdene. Det er heller ikke påvist utlekking av tungmetaller fra utfyllingen til strandpromenaden ved Kvinesdal sentrum.

Summary

Title: Heavy metal pollution in River Kvina.

Year:2002

Author:Tor S. Traaen and Torleif Bækken

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4205-8

Investigations of water chemistry at 7 stations in the Kvina water course are performed from May 2001 to April 2002. Bottom fauna was sampled at 6 stations. The main pollutions investigated were acidification and heavy metals.

River Knabeåni, a tributary to River Kvina, receives runoff from the closed Knaben molybden mine. The concentrations of Molybdenum were below toxic concentrations for water organisms. Among the heavy metals only copper showed concentrations toxic to aquatic organisms. Low pH and high concentrations of labile aluminium also contributed to the low number of species of bottom fauna in River Knabeåni.

In River Kvina upstream the liming, acidification is the main cause for low diversity of bottom animals. However, the acidification seems to have decreased since the investigations in 1991/92, resulting in increased number and densities of bottom animal species.

Near the outlet of River Kvina, heavy metal concentrations are close to natural background concentrations. The liming does not seem to mobilize Molybdenum from river sediments derived from mining. Waste rocks used to make a river promenade does not seem to leak noticeable amounts of heavy metals.

1. Innledning

Knaben molybdengruve ligger i Kvinesdal kommune. Knaben I ble satt i drift i 1885 og driften opphørte i 1917. Knaben II, feltets hovedgruve, ble skjerpet i 1890 og driften igangsatt i 1918. Driften ble nedlagt i 1970. Avgangen fra oppredningsverket ble deponert i to innsjøer, Lille Knabetjern som er fylt med avgang, og Store Knabetjern som kun er delvis fylt. Avgangen fra hele gruveområdet drenerer til de to innsjøene som igjen drenerer ut i Knabeåni. Knabeåni løper sammen med Kvina ved Risnes. I tillegg til forurensning fra avgangsdammene har den vannfylte gruva overløp gjennom en sprekkzone til en bekk gjennom deponiområdet til Store Knabetjern.

Gruveutslippene fra Knaben er tidligere undersøkt i 1989, 1982 og 1986 (Iversen 1998). Det ble også analysert for tungmetaller på 4 stasjoner i Knabeåni og øverst i Kvina i 1991/92 (Kroglund m.fl. 1993). Knabeåni var markert forurenset av tungmetaller, spesielt molybden, kobber og sink. Avgang fra gruvevirksomheten har gitt avsetning av tungmetallholdige partikler i hele vassdraget ned til fjorden. Fordi molybdat er mer løselig ved høy enn ved lav pH har det vært antydning at molybdat fra sedimenterte avgangspartikler kan løses ut til vannfasen på grunn av kalking (Langedal 1996). Spesielt for Knabeåni og den ukalkede delen av Kvina er kombinasjonen av forsuring (forsuringsfølsom vannkvalitet) og tungmetall-forurensning. Dette kan medføre at effektene av mange tungmetaller, spesielt kobber, blir mer markert enn i mer nøytrale vannforekomster.

Nederst i vassdraget er silico-mangan slagg fra Øye smelteverk brukt til utfylling av elvepromenaden langs Kvina ved Liknes sentrum. Kalking av Kvina og Litlåna kan ha redusert utlekking fra utfyllingen, men det er usikkert om slagget representerer noe forurensningsfare.

Det er skjedd en betydelig forbedring av analysemetodene (ICP-MS) siden undersøkelsene av tungmetaller fra tidlig på 1990-tallet. Målsettingen med denne undersøkelsen er å frembringe pålitelig kunnskap om graden av tungmetallforurensning i Kvinavassdraget.

2. Vannkjemiske undersøkelser

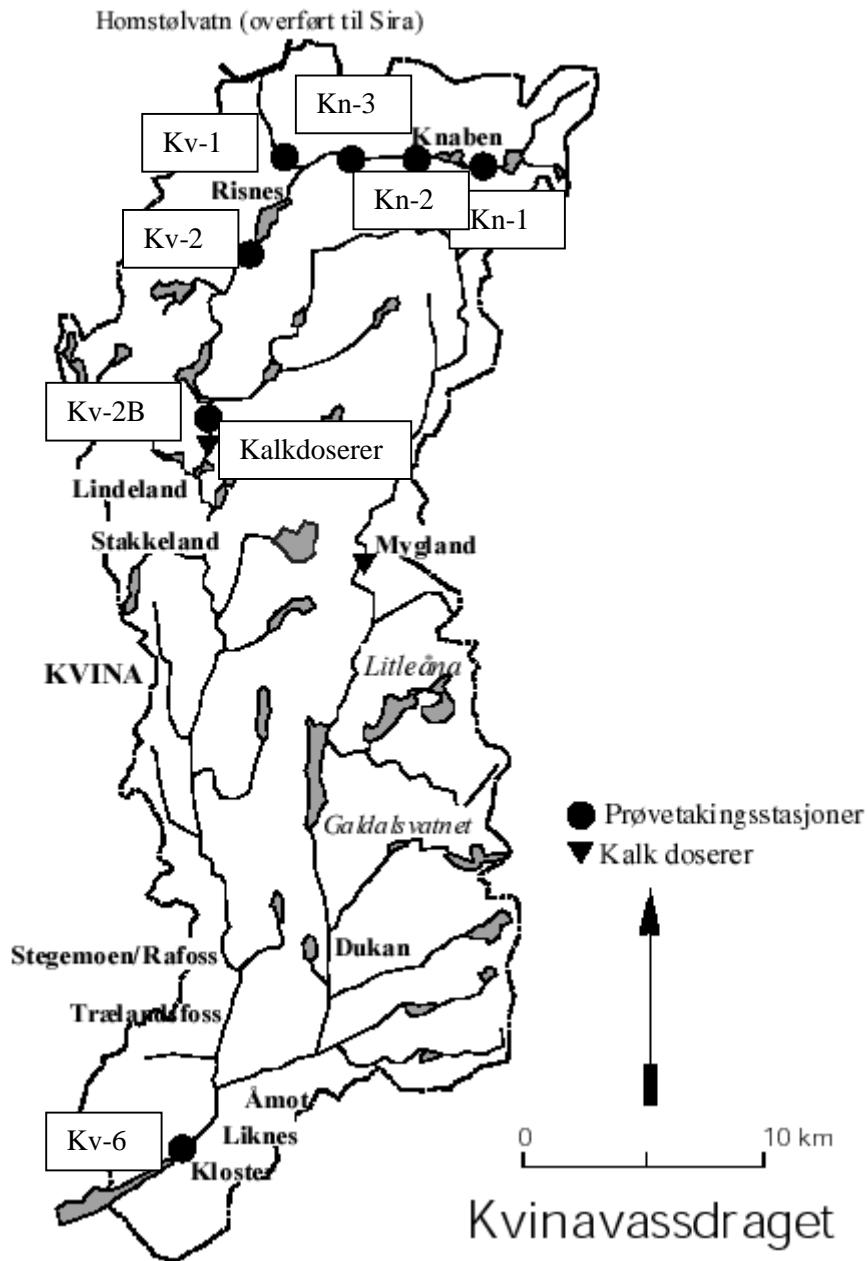
2.1 Måleprogram i 2001/2002

Metallkonsentrasjonene i vann fra gruveområder kan ha store variasjoner gjennom året. Ofte synes de høyeste konsentrasjonene å opptre i forbindelse med vårmelting og høstregn. I denne undersøkelsen ble det tatt 7 prøvetakinger på 7 stasjoner fra mai 2001 til april 2002.

Effektene av tungmetaller påvirkes av forsuring. I tillegg til tungmetaller er det derfor nødvendig å supplere med analyser som viser forsuringssituasjonen. Måleprogrammet ble koordinert med de vannkjemiske undersøkelsene i forbindelse med kalkingen i vassdraget (Kaste 2001), slik at analyser kan nyttes i begge undersøkelsene. Det ble derfor benyttet felles stasjoner oppstrøms øvre kalkdoserer i hovedvassdraget og ved munningen (Kloster). I øvre deler av vassdraget, inkludert Knabeåni ble stasjonsnettet fra resipientundersøkelsen i 1991/92 benyttet (Kroglund m.fl. 1993). Det er i Knabeåni man måtte forvente de største konsentrasjons-gradientene og de største effektene. Knabeåni har derfor det tetteste stasjonsnettet. Det tas tungmetallprøver på 6 stasjoner ned til kalkdoserer ved Lindeland samt 1 stasjon helt nederst i Kvina. Det ble analysert på følgende tungmetaller: Cu, Mo, Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, Co, Fe, Mn.

På stasjoner som ikke dekkes av kalkingsovervåkingen (de 5 øverste) ble det i tillegg analysert på: pH, Alkalitet, TOC, Al/r, Al/il, Ca og turbiditet. På 2 av stasjonene ble det også analysert på konduktivitet, Cl, SO₄, NO₃-N, Mg, Na og K.

Stasjonsnettet for vannkjemisk prøvetaking er vist i **Figur 1** og i **Vedlegg A**.

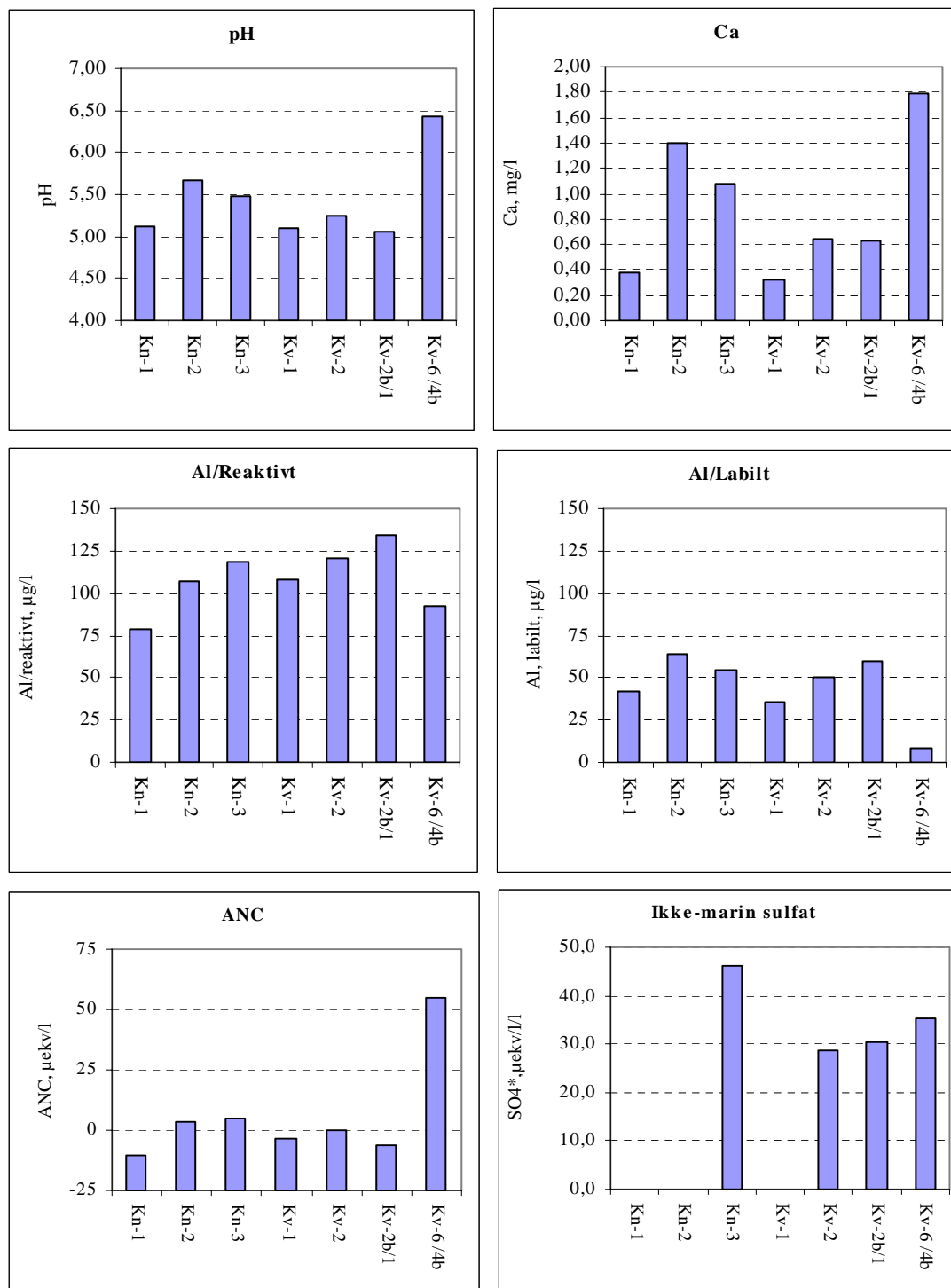


Figur 1. Prøvetakingsstasjoner for tungmetallundersøkelser i Kvinavassdraget 2001/2002.

2.2 Vannkjemiske resultater

2.2.1 Vannkjemi relatert til forsurening

Analyseresultatene av vannkjemiske hovedkomponenter er vist i **Vedlegg B. Figur 2** viser middelværdier i undersøkelsesperioden av forsureningsrelaterte parametre.



Figur 2. Vannkjemiske parametre (middelværdier) relatert til forsurening. For stasjonene Kv-2b og Kv-6 er det benyttet data fra stasjon 1 og 4B i Kalkingsovervåkingen (Øyvind Kaste, pers. med.).

Stasjon Kn-1, oppstrøms Knabetjørna, har en tynn, sur vannkvalitet med lite organisk stoff. Det er registrert pH lavere enn 5,0, labilt aluminium opp til 99 µg/l, og ANC ned til -24 µekv/l. Vannkvaliteten er dårlig for vannboende organismer.

Stasjon Kn-2, nedstrøms Knabetjørna, er mindre sur enn Kn-1 på grunn av markert tilførsel av kalsium fra gruveområdet. pH-verdier ned til 5,3 gir allikevel konsentrasjoner av labilt aluminium opp mot 90 µg/l og negative ANC-verdier. Turbiditeten er noe høyere enn stasjonen oppstrøms, men må sies å være lav til å være påvirket av et gruveområde.

Stasjon Kn-3, rett oppstrøms samløpet med Kvina, får tilført surt vann på strekningen Kn-2 til Kn-3. pH-verdier ned til 5,1 er registrert. Labilt aluminium over 80 µg/l og negative ANC-verdier er påvist. Konsentrasjonene av organisk stoff og reaktivt aluminium har økt sammenlignet med stasjonene ovenfor.

Stasjon Kv-1, Kvina oppstrøms samløpet med Knabeåni, har meget tynn vannkvalitet. Konsentrasjonene av kalsium ligger rundt 0,3 mg/l og pH ned til 4,8 er registrert. Labilt aluminium over 40 µg/l er registrert og ANC er som regel negativ.

Stasjon Kv-2, Kvina etter samløp med Knabeåni, har en vannkvalitet med hensyn på forsuring som ligger omtrent midt mellom Kn-3 og Kv-1. pH ligger i området 5,0 -5,6 og labilt aluminium ligger i Området 30 - 70 µg/l. ANC ligger rundt 0 µekv/l.

Stasjon Kv-2B, oppstrøms kalkdoserer (stasjon 1 i Kalkingsovervåkingen), har en vannkvalitet som er nokså lik Kv-2, men noe surere. pH under 5,0 og labilt aluminium over 100 µg/l er registrert.

Stasjon Kv-6, ved Kloster nederst i vassdraget (stasjon 4B i Kalkingsovervåkingen) har en stabilt god vannkvalitet. pH ligger i området 6,1-6,8 og labilt aluminium fra 1-19 µg/l. ANC ligger i området 40-90 µekv/l.

Som helhet er vassdraget oppstrøms kalkdosereren markert forsuret, med marginal og tidvis giftig vannkvalitet for vannboende organismer, selv uten påvirkning fra tungmetaller. Forsuringen har imidlertid avtatt noe siden undersøkelsene i 1991-1992. Det er en tendens til noe høyere pH og lavere konsentrasjoner av labilt aluminium i 2001 enn i 1991-1992. Vannkvaliteten nederst i vassdraget er god.

2.2.2 Tungmetaller

Analysedata for tungmetaller er vist i **Vedlegg C**. Middelverdier er vist i **Figur 3** og **Figur 4**.

Stasjon Kn-1, oppstrøms Knabetjørna, har tilnærmet bakgrunnskonsentrasjoner av tungmetaller, med unntak av molybden. Kilden til dette molybdenet er ikke klarlagt, men konsentrasjonene ligger langt under det som vurderes å være skadelig for organismer i ferskvann.

Stasjon Kn-2, nedstrøms Knabetjørna har fått betydelige tilførsler av tungmetaller, spesielt kobber, jern og mangan. Kobolt, sink og nikkel har også markerte økninger relativt til bakgrunnsstasjonen, men konsentrasjonene er allikevel lave. Molybden har en liten økning, men konsentrasjonene er langt under giftige nivåer. Kobber er det eneste tungmetallet som har konsentrasjoner som må antas å være giftig for fisk og andre vannboende organismer. Det er registrert kobberkonsentrasjoner over 20 µg/l, noe som må betegnes som sterkt forurenset.

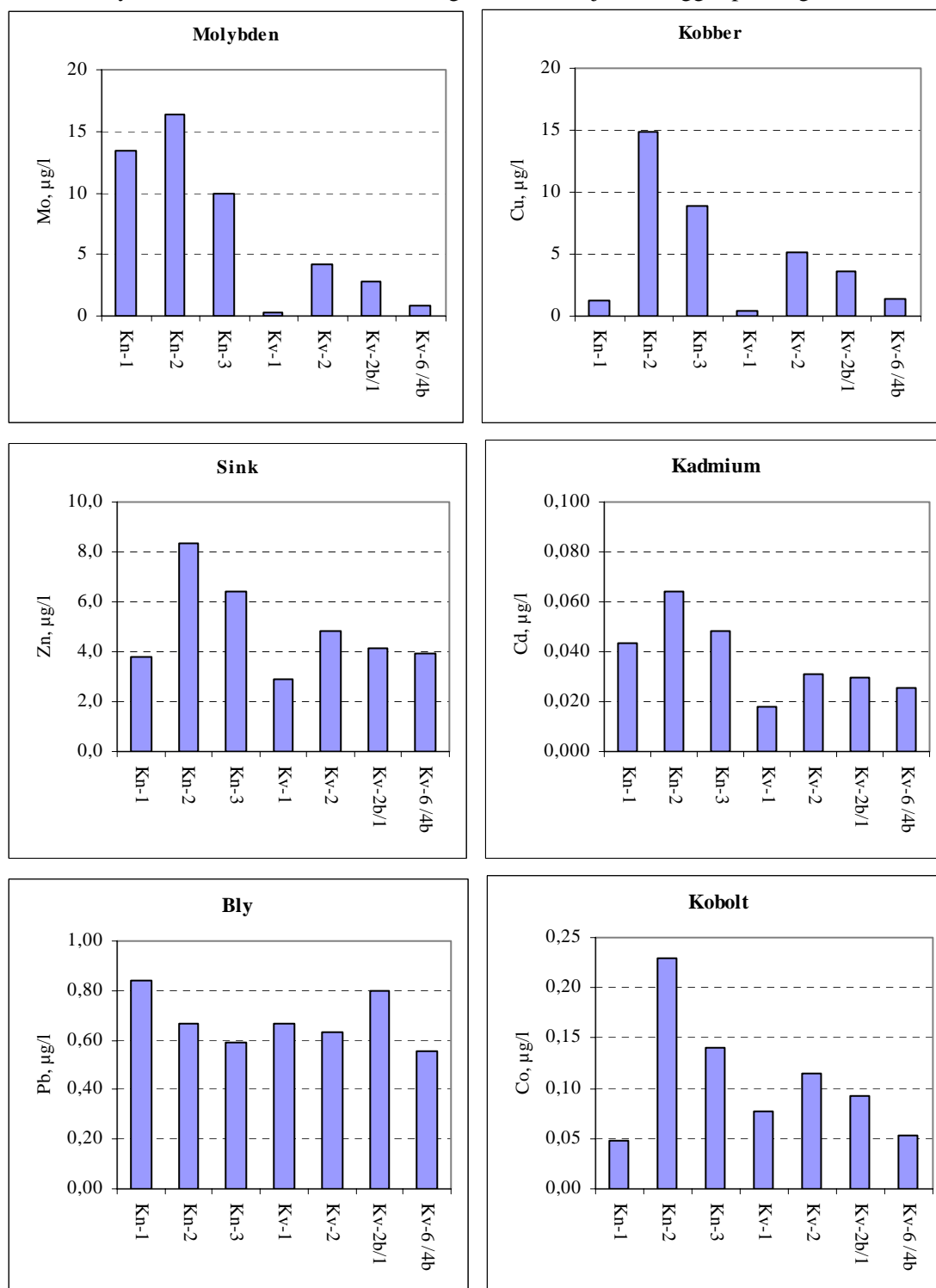
Stasjon Kn-3, Knabeåni rett oppstrøms samløpet med Kvina, har fått tilførsler fra sidebekker som reduserer tyngmetallkonsentrasjonene med ca 30%, men vannet er samtidig blitt noe surere. Vannet har fremdeles betenkelig høye konsentrasjoner av kobber.

Stasjon Kv-1, Kvina oppstrøms samløpet med Knabeåni, har bakgrunnskonsentrasjoner av alle målte tungmetaller. Forsuring er hovedproblemet.

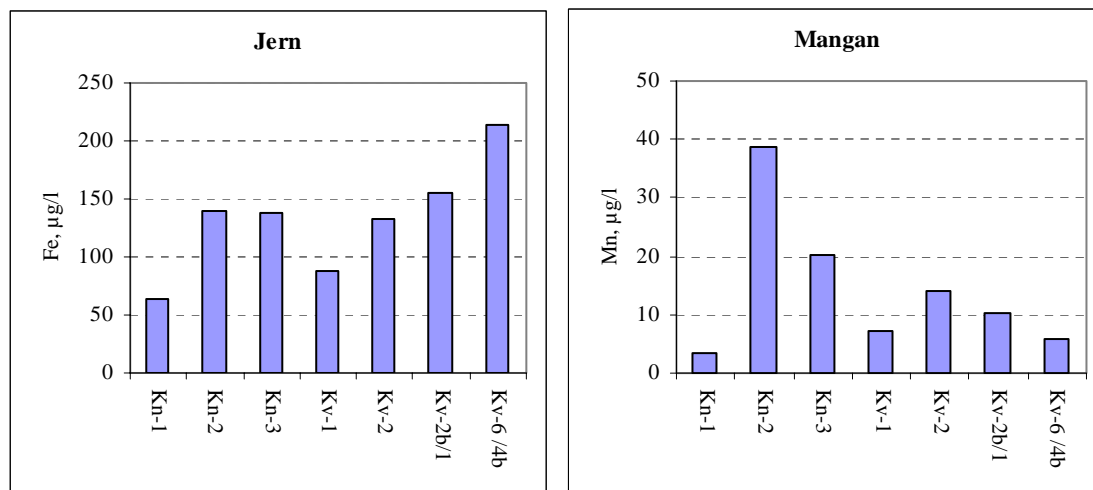
Stasjon Kv-2, Kvina etter samløp med Knabeåni. Konsentrasjonene av kobber og molybden er omtrent halvert i forhold til Kn-3. Virkningen av tungmetaller er trolig liten, men subletale virkninger av kobber kan ikke helt utelukkes. Forsuring er hovedproblemet.

Stasjon Kv-2B, oppstrøms kalkdoserer (stasjon 1 i Kalkingsovervåkingen). Tungmetallene er ytterligere fortynnet. Økning av jernkonsentrasjonen viser at gruveforurensningen ikke er hovedkilden til vannets innhold av jern.

Stasjon Kv-6, ved Kloster nederst i vassdraget (stasjon 4B i Kalkingsovervåkingen). Vannet har bakgrunnskonsentrasjoner av tungmetaller. Molybdenkonsentrasjoner rundt 1 µg/l viser at eventuell utlekking av molybden fra sedimenter på grunn av kalking ikke utgjør noen fare. Det er heller ikke noe som tyder på at utfyllingen på strandpromenaden i Kvinesdal sentrum gir merkbar utlekking av tungmetaller til vassdraget. Konsentrasjonen av jern har økt noe fra stasjonen ovenfor, men økningen kan ikke knyttes til noen bestemt kilde. Mangankonsentrasjonene ligger på bakgrunnsnivå.



Figur 3. Middelerverdier i 2001/2002 for molybden, kobber, sink, kadmium, bly og kobolt.



Figur 4. Middelerverdier i 2001/2002 for jern og mangan

Vurderinger av konsentrasjonsnivåer.

Av de undersøkte metallene inngår hverken molybden eller kobolt inngår i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Kanadiske retningslinjer for beskyttelse av vannboende organismer angir 73 µg/l som grenseverdi for molybden (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999). Verdien er satt til 1/10 av den laveste verdien som gir kronisk toksisitet for regnbueørret, som var den mest følsomme av de undersøkte organismene. Den høyeste konsentrasjonen av molybden som ble observert i Knabeåni var 28 µg/l, og middelerdien var 16 µg/l. Det er derfor lite sannsynlig at molybden gir noen gifteffekt Kvinnavassdraget.

SFT klassifiserer kobberkonsentrasjoner over 6 µg/l som "Meget sterkt forurenset" (SFT 1997). Dette skulle tilsi at Knabeåni og Kvina ned til kalkdosereren (Kv-2B) var "meget sterkt" eller "sterkt forurenset av kobber" (**Tabell 1**). Disse kriteriene må imidlertid sies å være svært strenge. Det finnes eksempler på levedyktige fiskepopulasjoner ved kobberkonsentrasjoner over 20 µg/l, noe som ble reflektert i at grenseverdien for laksefisk ble satt til 15 µg/l i den foregående utgaven av vannkvalitetskriterier (SFT 1992). I Knabeåni ble det registrert kobberkonsentrasjoner opp til 21 µg/l og middelerdien var 15 µg/l. Det forhold at Knabeåni og Kvina har en jonefattig og sur vannkvalitet må antas å forsterke giftvirkningene av tungmetaller. Det er derfor sannsynlig at kobber gir giftvirkninger i Knabeåni, mens virkningene i Kvina (maksimalverdi 8 µg/l, middelerdi 5 µg/l) trolig er små, selv om elva kommer i kategorien "meget sterkt forurenset" i følge klassifiseringen i **Tabell 1**.

De øvrige analyserte tungmetallene har lave konsentrasjoner og må antas å ha ubetydelig negativ virkning på vannboende organismer. Kvinnavassdraget synes å være rikt på jern, og menneskelig aktivitet er trolig ikke avgjørende for høye jernverdier.

Sammenlignet med undersøkelsen i 1991-1992 (Kroglund m.fl. 1993) var konsentrasjonene av kobber og molybden i Knabeåni tilnærmet like, mens sinkverdien var vesentlig lavere i denne undersøkelsen. På grunn av endrede deteksjonsgrenser kan verdiene for bly og kadmium ikke sammenlignes. En stikkprøve fra utløp Knabetjern i 1996 (Iversen 1998) ligger innenfor konsentrasjonsområdet som er funnet i denne undersøkelsen. I Knabeåni er konsentrasjonene av kobber og molybden høye nok til at analysene fra 1991-1992 er sammenlignbare med dagens analyser. Nivået av sinkkonsentrasjonene er imidlertid så lave at bedring av analysemetodene kan ha gitt bidrag til lavere verdier i 2001-2002.

Nederst i vassdraget (stasjon Kv-6 Kloster) var verdiene av kobber og sink i 2001/2002 bare ca 1/5 av verdiene fra 1991-1992. Lavere deteksjonsgrenser for dagens analysemetode (ICP-MS) har trolig bidratt til denne nedgangen.

Tabell 1. Tilstandsklasser for tungmetaller i Kvina.

Klassifiseringen er basert på maksimumsverdier. Klasseinndeling: I : "Ubetydelig forurenset", II: "Moderat forurenset", III: "Markert forurenset", IV: "Sterkt forurenset, V: "Meget sterkt forurenset".
Klassifisering i følge SFT 1997.

	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Fe
Kn-1	I	II	II	II	II	II	III	II
Kn-2	III	II	II	II	II	II	V	III
Kn-3	II	II	II	II	II	II	V	III
Kv-1	I	II	II	I	I	II	I	III
Kv-2	II	I	II	II	II	II	V	III
Kv-2B	I	I	III	II	II	II	IV	III
Kv-6	I	I	II	I	I	II	III	IV

Transportverdier

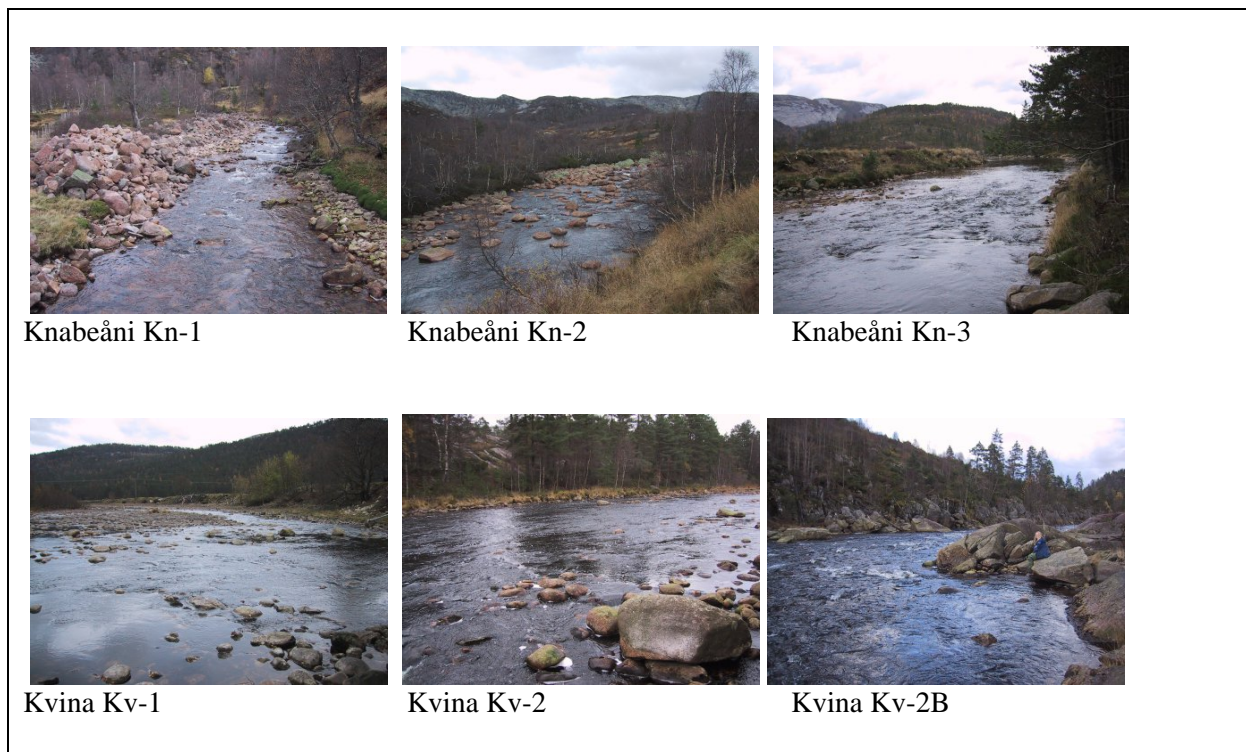
For å få et overslag over transportverdiene av tungmetaller fra gruveområdet har vi benyttet data fra stasjon Kn-3 nederst i Knabeåni. Nedbørfeltet til stasjonen er 50 km², og den midlere årlige avrenning er ca. 55 l/s.km² (NVE 1987). Konsentrasjonene av kobber og molybden varierer forholdsvis lite på stasjonen, så man vil få et rimelig godt overslag transporten ved å benytte middelverdiene og gange opp med årlig vannføring. Dette gir en kobbertransport på ca 0,8 tonn/år og en molybdentransport på 0,9 tonn/år. Dette er i god overens-stemmelse med Kroglund m.fl. 1993 som fant 0,9 tonn Cu/år og 0,8 tonn Mo/år. Dette tyder på at forurensningsmengden av kobber og molybden har endret seg lite de siste 10 årene. Sinktransporten synes imidlertid å være redusert (0,6 tonn i denne undersøkelsen mot 1,7 tonn i 1992). Denne nedgangen kan imidlertid delvis skyldes lavere deteksjonsgrenser for metoden som er brukt i denne undersøkelsen.

3. Bunnfauna

3.1 Materiale og metode

Stasjoner

Det ble tatt prøver fra 6 lokaliteter (**Figur 1** og **Figur 5**). Tre av disse ble lagt til Knabeåni. Referansestasjonen, Kn-1, ble lagt oppstrøms avrenning fra Knaben gruver, Kn-2 ble plassert ca 100 m nedstrøms deponidammen ved Knaben, mens Kn-3 ble plassert rett oppstrøms samløpet med Kvina. Elvbredden på disse stasjonene varierte fra ca 4 m på Kn-1 til omkring 20 m på Kn-3. Videre ble det tatt prøver fra tre stasjoner i Kvina. Kv-1 ble lagt før samløp med Knabeåni, Kv-2 etter samløpet og Kv-2B oppstrøms kalkdoserer. Elvbredden varierte mellom 30 og 50 m på disse stasjonene. Bunnsubstratet på alle stasjonene besto først og fremst av stor og mellomstor stein, men også med enkelte blokker og områder med mindre steiner. Med unntak av referansestasjonen i Knabeåni Kn-1, som var nesten fri for vannmose, var det mye vannmose på alle stasjonene. På stasjonene Kn-3 og Kv-2 ble det registrert en del algebegroing, noe som antyder ekstra tilførsler av næringssalter.



Figur 5. Prøvetakingslokalitetene 19.10.2001.

Prøvetaking

Metoden for innsamling av bunndyr er beskrevet i Norsk Standard 4719 ("sparkemetoden"). Metoden inngår i NIVAs kvalitetssikringssystem, og anvendes i alle NIVAs bunndyrundersøkelser. Metoden er

meget god til å samle inn artene i habitatet, og god til å måle den relative tettheten mellom arter og lokaliteter.

"Sparkemetoden" innebærer bruk av standard håv etter standard prosedyre. Mens en beveger seg motstrøms i en elv/bekk eller sakte beveger seg langs stranden i en innsjø, brukes den ene foten til å sparke opp bunnssubstratet. Et håndnett brukes til å fange oppvirvlede bunndyr. Prosedyren foregår i ett minutt og gjentas 3 ganger (3*1 minutters sparkeprøve). Etter hvert minutt tømmes håvposen for å hindre tetting av maskene i posen. Det anvendes en standard håv med åpning 30cm x 30 cm, og med maskevidde i nettduken på 250 µm. Prøvene konserveres i 70% etanol. Bunndyrene blir tallet og artsbestemt etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop. Prøvene ble innsamlet 19.oktober 2001.

Vurdering

Ved metallpåvirkninger vil en ofte se to typer effekter i bunndyrsamfunnet: 1. De mest forurensningsfølsomme artene forsvinner slik at artsantallet reduseres. 2. Individtettheten av gjenværende arter eller grupper er vesentlig redusert (Leland m.fl. 1989, Malmquist & Hoffsten 1999, Deacon m. fl. 2001).

Den generelle vannkvaliteten påvirker virkningen av metallene. I ionefattig og surt vann, som i Knabeåni og Kvina, vil metallene i større grad være biologisk tilgjengelige enn i ionerikt godt bufret vann.

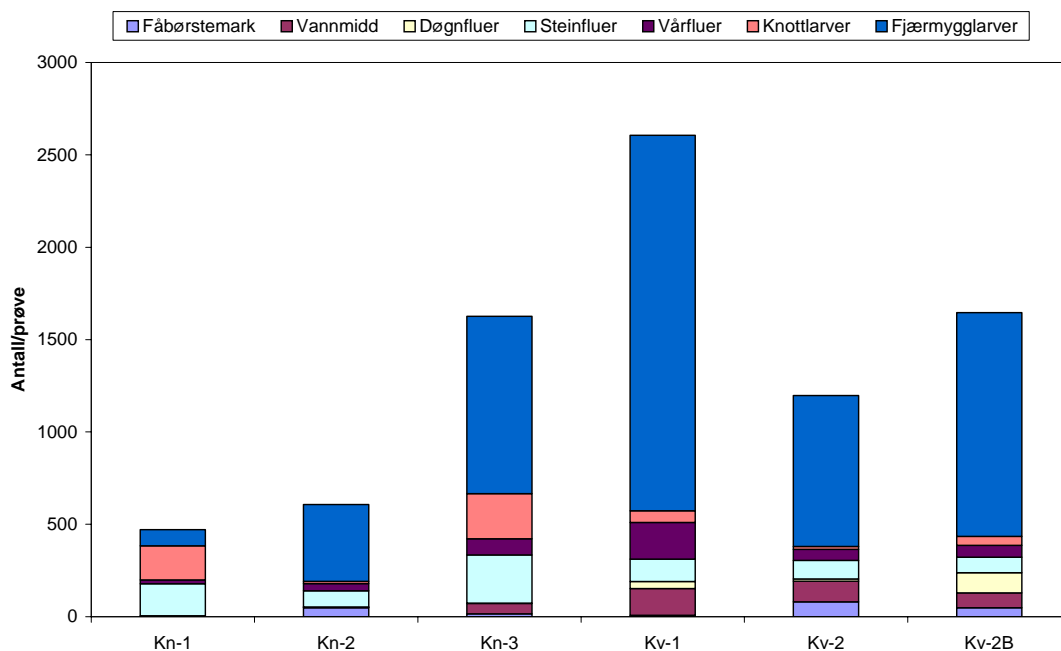
Dersom bunndyrsamfunnet er påvirket av surt vann vil dette avspeiles ved at surhetsfølsomme arter er fraværende. For å beskrive denne påvirkningen er det utarbeidet flere forsuringsindekser anvendbare under ulike forutsetninger (Fjellheim & Raddum 1990, Bækken & Aanes 1991, Bækken & Kjellberg 2000). I forliggende undersøkelse ble det anvendt Raddums indeks.

Bunndyrmaterialet ble identifisert til hovedgrupper av organismer. Individuer i de tre hovedgruppene døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) ble så vidt mulig identifisert til art/slekt. Det biologiske mangfoldet på stasjonene ble angitt ved antall arter/slekter innenfor disse tre gruppene (EPT). Tettheten av individer er angitt ved antall individer i hver prøve (3x1 min). Ved vurdering av mulige effekter er det også tatt hensyn til tilstedeværelse eller fravær av andre forurensningsfølsomme arter eller grupper.

3.2 Resultater

3.2.1 Bunndyrsamfunn

Antall individer i bunndyrprøvene varierte fra omkring 500 ind/prøve i Knabeåni Kn-1 til 2600 ind/prøve i Kv-1 i Kvina. Fjærmygglarver (chironomidae) dominerte på alle stasjonene unntatt Kn-1. Der var knott og steinfluer de vanligste gruppene med omlag samme tettheter. Steinfluer var vanlige også på de andre stasjonene. I tillegg ble det på alle stasjonene funnet en rekke andre typer bunndyr, men de ble som regel funnet i langt mindre antall. Blant disse var viktige grupper som døgnfluer og vårfluer (**Figur 6**).



Figur 6. Antall individer per prøve av de vanligste bunndyrgruppene på ulike lokaliteter i Knabeåni (Kn-1 - Kn-3) og Kvina (Kn-1- Kn-2B) 19.10.2001. Antall individer per 3x1 minutt sparkeprøve.

Døgnfluer

Det ble funnet mellom 1 og 3 døgnfluearter på hver lokalitet (**Tabell 3**). De vanligste var ubestemte individer fra familien Leptophlebiidae. Trolig var de fleste av disse artene *Leptophlebia vespertina*. I Knabeåni var dette eneste arten, og de ble funnet bare i meget få eksemplarer. I Kvina ble det funnet større tettheter, og tildels flere arter. Flest arter ble registrert på stasjon Kv-1 med 3 arter. Alle de registrerte døgnflueartene er tolerante ovenfor forurensning. Døgnfluen *Baetis rhodani* ble ikke funnet, men er tidligere funnet i sommerprøver lengre nedstrøms i Kvina og i sideelver til Kvina. Døgnfluesamfunnet hadde en sammensetning preget av forurensningspåvirkninger i form av forurensning og/eller metaller.

Steinfluer

Steinfluesamfunnet besto av en rekke arter (**Tabell 3**). Samlet ble det registrert 12 arter. Til dels var det ulike arter som dominerte på de ulike stasjonene, men samlet sett var det små forskjeller. Av de hyppigst registrerte artene var *Brachyptera risi*, *Isoperla sp/Isoperla difformis*, *Leuctra sp/Leuctra hippopus*. En eller to arter fra slekten *Amphinemura* var også meget vanlig. Disse ble imidlertid ikke funnet på Kn-2, den mest metallbelastede stasjonen. Steinfluesamfunnet er generelt mindre følsomt både overfor forurensning og metallpåvirkninger. De mest følsomme artene var fraværende i disse prøvene.

Vårfluer

Vårfluesamfunnet besto av mellom 4 og 7 arter på hver lokalitet. Samlet var det 8 arter. Ved siden av ubestemte individer fra familien Polycentropodidae var de to artene *Polycentropus flavomaculatus* og *Plectrocnemia conspersa* vanlige og ble funnet på alle stasjonene. Dette var også tilfelle for *Rhyacophila nubila*, en meget vanlig art i norske elver. Også vårfluesamfunnet består av forurensningstolerante arter.

3.2.2 Mangfold og forurensing

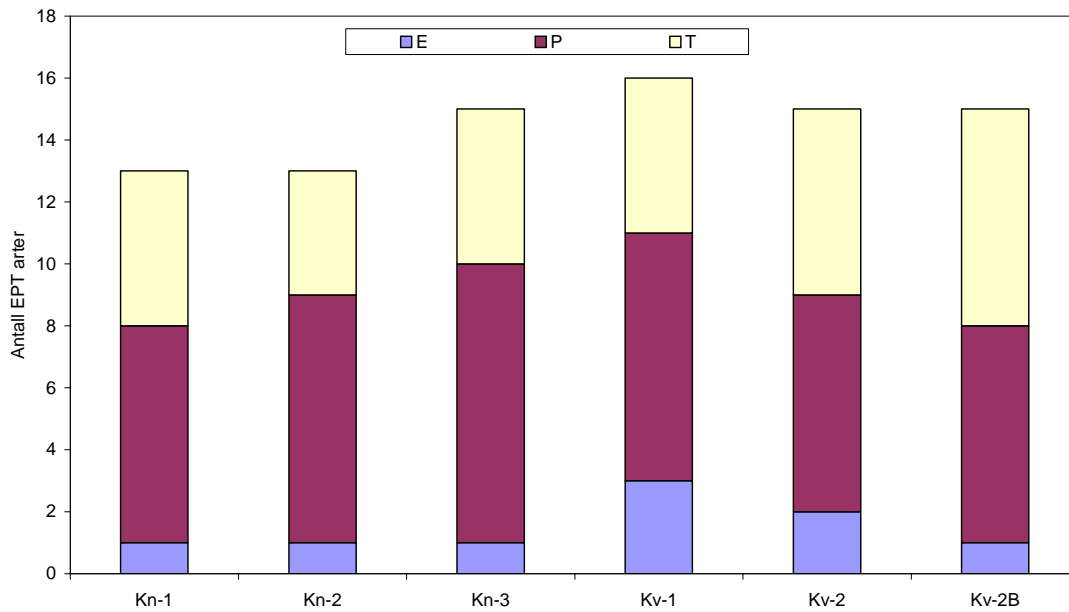
Antall arter i hovedgruppene døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera), kalt EPT etter de latinske navnene, kan anvendes som et enkelt mål på biologisk mangfold i elver og bekker. Generelt var det noe lavt antall EPT, men ikke uvanlig for sørlandselver (**Figur 7**). Dette viser først og fremst næringsfattige, forsurete lokaliteter, men trolig også virkninger av metaller.

Forsuringstilstanden kan demonstreres ved Raddums forsuringindeks. Denne viser 0,5 på alle stasjonene og viser at bunndyrsamfunn er påvirket av surt vann (**Figur 8**). Det kan imidlertid være vanskelig å skille virkningen av det sure vannet fra virkningen av metallene. På alle stasjonene både i Knabeåni og Kvina var det, i tillegg til surt vann med negativ ANC, også relativt høye konsentrasjoner av labilt aluminium. Tidvis og stedvis var konsentrasjonene i nærheten av 100 µg/l (Vedlegg), noe som er giftige konsentrasjoner for de mest følsomme bunndyrartene.

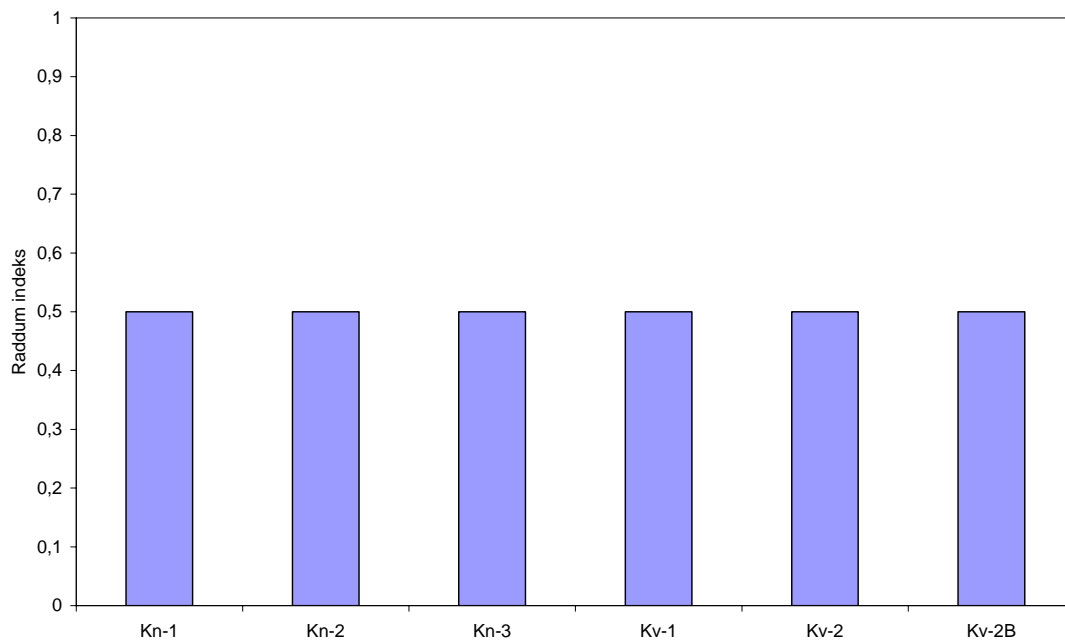
Av tungmetallene var det først og fremst kobber som ble funnet i høye konsentrasjoner. Dette gjaldt stasjonene i Knabeåni nedstrøms Knaben, Kn-2 og Kn-3, der det ble registrert konsentrasjoner omkring 20 µg/l. Etter samløp med Kvina var konsentrasjonene ca halvert.

Lydersen et al (2002) har presentert et klassifiseringssystem for virkningen av metaller i ferskvann. Det er primært basert på laksefisk, og noe mangelfullt utviklet for bunndyr. Det er store variasjoner i metalltoleranse hos forskjellige arter av bunndyr. Men det kan likevel, med visse forbehold, også anvendes på denne gruppen. I følge systemet var kobberkonsentrasjonene i på stasjonene Kn-2 og Kn-3 i Knabeåni i klasse 3 "middels høy" (16-30µg/l). Biologisk innebærer det: "Virkninger på laksefisk, redusert artsantall med dominans av tolerante arter". De biologiske virkningene påvist i denne undersøkelsen stemmer godt over ens med virkningene angitt i klassifikasjonssystemet. Vi må likevel regne med at surt vann og aluminium er de viktigste årsakene til de reduserte bunndyrsamfunnene observert både i Knabeåni og Kvina.

Til tross for at elvene har et påvirket bunndyrsamfunn ble det registrert langt flere arter, og i større tettheter i denne undersøkelsen enn det som ble registrert på de tilsvarende lokalitetene i 1991/92 (Kroglund et al 1993). Dette gjaldt særlig funn av steinfluer og vårfluer som var nesten helt fraværende i 1991/92 prøvene, mens de til dels ble registrert hyppig i 2001. For døgnfluene var situasjonen nokså lik i 2001 som i 1991/92. Noe av forskjellen kan forklares med ulike prøvetakingstidspunkter. Antall arter steinfluer og vårfluer er vanligvis lavere, særlig i sommerprøver, men også i tidlige høstprøver, enn i prøver senere på høsten/vinteren. Vi kan imidlertid ikke utelukke at noe av forskjellen også skyldes at det har blitt bedre forhold for bunndyrsamfunnene på disse delene av elva. Dette støttes av at det ble observert lavere konsentrasjoner av labilt aluminium (særlig maksimumkonsentrasjoner) samt høyere pH verdier (særlig minimumsverdier) i 2001 enn i 1991/92.



Figur 7. Antall EPT arter (døgnfluer, steinfluer, vårfluer) på stasjoner i Knabeåni og Kvina 19.10.2001.



Figur 8. Raddums forsøringsindeks anvendt på dyregruppene i Knabeåni og Kvina.

Tabell 2. Hovedgrupper av bunndyr i prøver fra tre stasjoner i Knabeåni og Kvina 19.10.2001. Antall ind./3*1 min sparkeprøve (NS4719).

		Knabe- åni Kn-1	Knabe- åni Kn-2	Knabe- åni Kn-3	Kvina Kv-1	Kvina Kv-2	Kvina Kv-2B
Fåbørstemark	Oligochaeta	1	48	16	8	80	48
Snegl	Gastropoda						
Småmuslinger	Lamellibranchiata						
Vannmidd	Hydracarina	1	4	56	144	112	80
Muslingkreps	Ostracoda						
Døgnfluer	Ephemeroptera	3	1	2	38	12	110
Steinfluer	Plecoptera	173	87	260	122	101	84
Billelarver voksne	Coleoptera larver C. imago						
Vårfluer	Trichoptera	21	39	88	198	60	64
Knottlarver	Simuliidae larver	184	12	244	64	16	48
Fjærmygglarver	Chironomidae larver	88	416	960	2032	816	1212
Andre tovinger	Andre diptera			64	16	16	
SUM		471	607	1690	2622	1213	1646

Tabell 3. Døgnflue-, steinflue- og vårfluearter (EPT) i prøver fra tre stasjoner i Knabeåni og Kvina 19.10.2001. Antall ind./3*1 min sparkeprøve (NS4719).

	Knabe- åni Kn-1	Knabe- åni Kn-2	Knabe- åni Kn-3	Kvina Kv-1	Kvina Kv-2	Kvina Kv-2B
DØGNFLUER						
<i>Baetis sp</i>						
<i>Baetis rhodani</i>						
<i>Heptagenia fuscogrisea</i>				2		
<i>Leptophlebiae</i>	3	1	2	32	10	110
<i>Paraleptophlebia sp</i>				4	2	
Antall døgnfluearter	1	1	1	3	2	1
STEINFLUER						
<i>Isoperla sp.</i>	1	42	14	8	8	6
<i>Isoperla difformis</i>	1	10	14	14	34	14
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>			12	2	2	
<i>Brachyptera risi</i>	84	7	36	6	10	10
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		7	60	8	8	6
<i>Amphinemura sp.</i>	13		84	44	34	40
<i>Protonemura meyeri</i>	9	2	2			
<i>Nemoura sp</i>	13					6
<i>Nemoura cinerea</i>		1				
<i>Leuctra sp.</i>		16	12	44	5	
<i>Leuctra hippopus</i>	52	2	26	22		2
Antall steinfluearter	7	8	9	8	7	7
VÅRFLUER						
<i>Rhyacophila nubila</i>	4	7	40	4	2	2
<i>Hydroptila sp.</i>						
<i>Oxyethira sp.</i>					6	20
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	11	12	16	40	4	2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1	12	14	120	24	14
<i>Neureclipsis bimaculata</i>						
<i>Polycentropidae indet</i>	4	8	8	20	22	20
<i>Hydropsyche siltalai</i>						
<i>Lepidostoma hirtum</i>						6
<i>Limnephilidae indet.</i>	1		10	14	2	
<i>Mystacides azurea</i>						2
Antall vårfluearter	5	4	5	5	6	7

4. Litteratur

- Bækken, T. & Aanes 1990: Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr.2. Forsuring.- NIVA Rapport 2491.
- Bækken & Kjellberg 1999: Klassifisering av surhetsgrad og vurdering av forsuring i rennende vann basert på forekomst av bunndyr. Klassifiseringssystem tilpasset humusrike elver og bekker i østlandsområdet. - NIVA Internettside. http://www.niva.no/diverse_fagartikler/baekken_sure dyr.htm
- Canadian Council of Ministers of the Environment 1999: Canadian water quality guidelines for protection of aquatic life: Molybdenum. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Winnipeg.
- Deacon, J.R., Spahr, N.E., Mize, S.V. & Bougler, R.W. 2001: Using water, bryophytes, and macroinvertebrates to assess trace element concentrations in the Upper Colorado River basin - Hydrobiologia 455:29-39, 2001.
- Fjellheim, A. og G.G. Raddum. 1990. Acid precipitation: monitoring of streams and lakes. - The Sciences of the Total Environment, 96.
- Iversen, E.R. 1998: Vannforurensning fra nedlagte gruver.- NIVA-rapport l.nr. 3787-98.
- Kaste, 2001: Kvinavassdraget.- I Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 2000. DN-notat 2001-2. Direktoratet for Naturforvaltning, Trondheim.
- Kroglund, F., P. Brettum og M.C. Lie 1993: Kvinavassdraget- resipientundersøkelser. NIVA-rapport l.nr. 2853.
- Langedal, M. 1996: Fluvial dispersion of particle-bound heavy metals: An evaluation of overbank sediments as sampling medium for regional geochemical mapping and environmental studies.- Doktoringeniøravhandling, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, Trondheim.
- Leland, Harry V., Fend, Steven V., Dudley, Thomas L. and Carter, James L. 1989: Effects of copper on species composition of benthic insects in a Sierra Nevada, California stream.- Freshwater Biology, Vol. 21, pp 163-179.
- Lydersen E., Löfgren, S. and Arnesen, R.T. 2002: Metals in Scandinavian Surface Waters: Effects of Acidification, Liming, and Potential Reacidification.- Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 32(2&3):73-295.
- Malmquist, B. & Hoffsten, P-O. 1999: Influence of drainage from old mine deposits on benthic macroinvertebrate communities in central swedish streams - Water Research Vol. 33(10), 2415-2423.
- NVE 1987: Avrenningskart over Norge.- NVE, Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling.
- SFT 1992: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.- SFT-veiledning nr. 92:06. Oslo.
- SFT 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.- SFT-veiledning nr. 97:04. Oslo.

Vedlegg A. Stasjonsplassering

Stasjon	Kartblad	UTM
Kn-1	1412 III	32V LL 878045
Kn-2	1412 III	32V LL 867048
Kn-3	1312 II	32V LL 823047
Kv-1	1312 II	32V LL 806043
Kv-2	1312 II	32V LL 795007
Kv-2B	1312 II	32V LK 782922
Kv-6	1311 I	32V LK 806646

Vedlegg B. Vannkjemiske hovedkomponenter i Kvina.

Stasjon	Dato	pH	H+	ALK	ALK-E	TURB860	TOC	Al/r	Al/il	Al/labilt	ANC	Ca	KOND	Na	K	Mg	Cl	SO4	NO3-N
			µekv/l	mmol/l	µekv/l	FNU	mg/l C	µg/l	µg/l	µg/l	µekv/l	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l N
Kn-1	20010528	5,00	10	0,024	0	0,37	1,2	57	22	35	-14	0,19							
Kn-1	20010621	5,09	8	0,026	0	0,82	1,9	48	29	19	-8	0,23							
Kn-1	20010725	5,15	7	0,028	0	0,91	2,4	81	42	39	-8	0,37							
Kn-1	20010830	5,19	6	0,028	0	0,80	2,1	70	36	34	-8	0,51							
Kn-1	20010928	5,46	3	0,033	2	0,87	2,2	67	41	26	-2	0,55							
Kn-1	20011019	5,05	9	0,026	0	0,86	2,2	93	48	45	-11	0,43							
Kn-1	20020417	4,87	13	0,020	0	0,54	1,4	138	39	99	-24	0,39							
Kn-1	Middel	5,12	16	0,026	0	0,74	1,9	79	37	42	-11	0,38							
Kn-2	20010528	5,26	5	0,029	0	0,47	1,4	81	19	62	-12	0,57							
Kn-2	20010621	5,76	2	0,040	10	0,78	1,2	64	15	49	3	1,22							
Kn-2	20010725	5,65	2	0,038	8	0,95	3,0	123	55	68	4	1,35							
Kn-2	20010830	5,93	1	0,044	14	1,10	3,2	115	55	60	14	1,70							
Kn-2	20010928	6,21	1	0,055	26	1,00	2,6	95	58	37	26	2,41							
Kn-2	20011019	5,53	3	0,035	4	1,10	2,8	147	59	88	-3	1,22							
Kn-2	20020417	5,38	4	0,034	3	2,40	1,9	126	39	87	-9	1,29							
Kn-2	Middel	5,67	5	0,039	9	1,11	2,3	107	43	64	3	1,39							
Kn-3	20010528	5,19	6	0,028	0	0,44	1,7	84	25	59	-12	0,53	1,23	0,72	0,09	0,10	1,1	1,5	175
Kn-3	20010621	5,41	4	0,036	5	0,62	2,9	99	44	55	1	0,97	1,43	0,85	0,12	0,13	1,1	2,2	98
Kn-3	20010725	5,42	4	0,036	5	0,67	4,6	149	90	59	9	0,98	1,55	0,98	0,12	0,14	1,1	2,3	48
Kn-3	20010830	5,86	1	0,043	13	0,71	3,9	112	67	45	17	1,40	1,74	1,24	0,13	0,17	1,4	3,0	59
Kn-3	20010928	6,08	1	0,050	21	0,68	3,6	87	67	20	27	1,81	2,08	1,30	0,17	0,19	1,5	3,7	40
Kn-3	20011019	5,32	5	0,034	3	0,71	4,4	157	96	61	5	0,95	1,76	1,32	0,15	0,17	1,9	2,3	90
Kn-3	20020417	5,11	8	0,028	0	0,87	2,5	139	58	81	-13	0,90	2,24	1,94	0,18	0,24	3,3	2,1	195
Kn-3	Middel	5,48	7	0,036	7	0,67	3,4	118	64	54	5	1,08	1,72	1,19	0,14	0,16	1,6	2,4	101

Fortsettelse Vedlegg B

Stasjon	Dato	pH	H+ µekv/l	ALK mmol/l	ALK-E µekv/l	TURB860 FNU	TOC mg/l C	Al/r µg/l	Al/il µg/l	Al/labilt µg/l	ANC2 µekv/l	Ca mg/l	KOND mS/m	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3-N µg/l N	
Kv-1	20010528	5,30	5	0,031	0	0,67	2,6	70	33	37	-5	0,39								
Kv-1	20010621	5,06	9	0,027	0	0,60	2,1	82	44	38	-10	0,29								
Kv-1	20010725	5,04	9	0,027	0	0,61	5,3	157	121	36	5	0,33								
Kv-1	20010830	5,37	4	0,032	0	0,81	2,8	84	53	31	-2	0,41								
Kv-1	20010928	5,25	6	0,029	0	0,63	2,1	69	37	32	-7	0,33								
Kv-1	20011019	4,91	12	0,020	0	0,66	5,9	173	139	34	6	0,28								
Kv-1	20020417	4,81	15	0,018	0	0,57	3,2	120	78	42	-13	0,27								
Kv-1	Middel	5,11	16	0,026	0	0,65	3,4	108	72	36	-4	0,33								
Kv-2	20010528	5,16	7	0,026	0	0,45	1,9	77	29	48	-10	0,49	1,28	0,84	0,12	0,12	1,3	1,3	170	
Kv-2	20010621	5,26	5	0,031	0	0,73	2,2	83	40	43	-7	0,52	1,34	1,04	0,13	0,14	1,5	1,4	132	
Kv-2	20010725	5,29	5	0,034	3	0,94	5,8	175	118	57	13	0,72	1,45	1,03	0,11	0,14	1,2	1,7	43	
Kv-2	20010830	5,58	3	0,039	9	1,10	5,1	135	86	49	18	0,93	1,56	1,24	0,15	0,17	1,5	2,1	63	
Kv-2	20010928	5,46	3	0,030	0	0,59	2,2	70	41	29	-4	0,47	1,14	1,00	0,10	0,13	1,4	1,3	109	
Kv-2	20011019	5,06	9	0,028	0	0,82	5,6	172	121	51	6	0,69	1,90	1,47	0,22	0,19	2,3	1,8	110	
Kv-2	20020417	4,97	11	0,024	0	0,82	2,8	133	61	72	-13	0,68	2,30	2,05	0,19	0,24	3,5	1,8	165	
Kv-2	Middel	5,25	6	0,030	2	0,78	3,7	121	71	50	0	0,64	1,57	1,24	0,15	0,16	1,8	1,6	113	

Vedlegg C. Tungmetaller i Kvinavassdraget.

Stasjon	Dato	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l
Kn-1	20010528	1	4	0,03	0,59	2,2	<0,05	0,03	<0,1	0,7	34
Kn-1	20010621	2	5	0,30	0,74	4,1	0,026	0,04	<0,1	1,5	59
Kn-1	20010725	3	14	0,19	0,88	3,4	0,043	0,04	<0,1	1,3	66
Kn-1	20010830	4	23	0,16	0,86	3,1	0,065	0,06	0,9	1,2	91
Kn-1	20010928	5	24	0,44	0,91	4,4	0,056	0,06	<0,1	1,4	72
Kn-1	20011019	4	20	0,20	1,00	4,0	0,051	0,05	<0,1	1,4	65
Kn-1	20020417	7	4	0,13	0,91	5,4	0,018	0,06	<0,1	1,2	55
Kn-1	Middel	4	13	0,21	0,84	3,8	0,043	0,05	0,1	1,2	63
	Maksimum	7	24	0,44	1,00	5,4	0,065	0,06	0,9	1,5	91
	Minimum	1	4	0,03	0,59	2,2	0,018	0,03	<0,1	0,7	34
Kn-2	20010528	15	7	0,27	0,49	4,4	<0,050	0,11	<0,1	5,8	59
Kn-2	20010621	35	15	0,70	0,43	6,3	0,052	0,19	<0,1	8,7	103
Kn-2	20010725	36	17	0,79	0,80	9,1	0,070	0,23	<0,1	16,0	142
Kn-2	20010830	46	20	0,97	0,72	9,6	0,079	0,26	0,8	17,0	168
Kn-2	20010928	61	28	1,10	0,70	9,9	0,090	0,28	0,1	15,0	198
Kn-2	20011019	39	19	1,00	0,79	10,0	0,065	0,28	<0,1	21,0	150
Kn-2	20020417	38	9	0,62	0,75	9,0	0,045	0,26	0,1	20,2	152
Kn-2	Middel	39	16	0,78	0,67	8,3	0,064	0,23	0,2	14,8	139
	Maksimum	61	28	1,10	0,80	10,0	0,090	0,28	0,8	21,0	198
	Minimum	15	7	0,27	0,43	4,4	0,045	0,11	<0,1	5,8	59
Kn-3	20010528	13	6	0,21	0,41	4,0	<0,050	0,09	<0,1	5,4	53
Kn-3	20010621	24	11	0,70	0,51	7,9	0,052	0,13	<0,1	6,3	111
Kn-3	20010725	21	10	0,58	0,73	7,1	0,041	0,16	<0,1	9,5	149
Kn-3	20010830	19	12	0,51	0,46	6,2	0,044	0,14	0,7	9,5	193
Kn-3	20010928	19	17	0,83	0,57	6,8	0,056	0,13	0,1	8,4	201
Kn-3	20011019	20	9	0,60	0,79	6,0	0,043	0,17	<0,1	11,0	163
Kn-3	20020417	25	6	0,41	0,64	6,8	0,052	0,17	0,1	12,5	94
Kn-3	Middel	20	10	0,55	0,59	6,4	0,048	0,14	0,2	8,9	138
Kn-3	Maksimum	25	17	0,83	0,79	7,9	0,056	0,17	0,7	12,5	201
Kn-3	Minimum	13	6	0,21	0,41	4,0	0,041	0,09	<0,1	5,4	53

Fortsettelse Vedlegg C

Stasjon	Dato	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l
Kv-1	20010528	9	0,2	<0,02	0,43	2,2	<0,05	0,09	0,1	0,3	88
Kv-1	20010621	5	0,2	0,70	0,48	2,9	0,016	0,06	<0,1	0,5	52
Kv-1	20010725	7	0,2	0,18	0,97	3,0	0,019	0,09	<0,1	0,5	127
Kv-1	20010830	11	0,3	0,14	0,54	2,7	0,014	0,11	0,6	0,4	139
Kv-1	20010928	6	0,3	0,18	0,38	3,7	0,017	0,06	<0,1	0,5	39
Kv-1	20011019	8	0,2	0,20	1,10	3,0	0,006	0,09	<0,1	0,4	124
Kv-1	20020417	5	0,1	0,11	0,75	2,9	<0,003	0,06	<0,1	0,3	45
Kv-1	Middel	7	0,2	0,22	0,66	2,9	0,018	0,08	0,2	0,4	88
Kv-1	Maksimum	11	0,3	0,70	1,10	3,7	0,019	0,11	0,6	0,5	139
Kv-1	Minimum	5	0,1	<0,02	0,38	2,2	<0,003	0,06	<0,1	0,3	39
Kv-2	20010528	11	4,1	0,17	0,38	3,4	<0,05	0,09	<0,1	4,9	68
Kv-2	20010621	10	3,2	0,40	0,43	4,1	0,020	0,08	<0,1	2,6	91
Kv-2	20010725	16	5,4	0,36	0,97	4,7	0,027	0,12	<0,1	5,5	194
Kv-2	20010830	20	6,8	0,40	0,61	7,6	0,033	0,15	0,6	7,4	195
Kv-2	20010928	8	1,5	0,31	0,38	3,7	0,018	0,07	<0,1	1,3	73
Kv-2	20011019	17	4,4	0,40	0,97	5,0	0,028	0,16	<0,1	7,0	218
Kv-2	20020417	18	3,5	0,31	0,67	5,4	0,041	0,13	0,1	7,6	88
Kv-2	Middel	14	4,1	0,34	0,63	4,8	0,031	0,11	0,2	5,2	132
Kv-2	Maksimum	20	6,8	0,40	0,97	7,6	0,041	0,16	0,6	7,6	218
Kv-2	Minimum	8	1,5	0,17	0,38	3,4	0,018	0,07	<0,1	1,3	68
Kv-2B	20010528	9	3,1	0,19	0,44	3,3	<0,05	0,08	<0,1	4,5	77
Kv-2B	20010621	9	2,4	0,30	0,50	3,2	0,025	0,08	<0,1	2,5	108
Kv-2B	20010725	8	2,0	0,22	1,10	3,7	0,026	0,09	<0,1	3,6	244
Kv-2B	20010830	11	2,8	0,32	0,91	5,5	0,040	0,11	0,6	4,5	233
Kv-2B	20010928	14	5,3	0,39	0,59	4,3	0,026	0,09	0,1	3,1	146
Kv-2B	20011019	8	1,8	0,30	1,30	4,0	0,024	0,10	<0,1	3,0	201
Kv-2B	20020417	14	2,4	0,25	0,73	5,1	0,015	0,11	<0,1	3,9	82
Kv-2B	Middel	10	2,8	0,28	0,80	4,2	0,029	0,09	0,2	3,6	156
Kv-2B	Maksimum	14	5,3	0,39	1,30	5,5	0,040	0,11	0,6	4,5	244
Kv-2B	Minimum	8	1,8	0,19	0,44	3,2	0,015	0,08	<0,1	2,5	77

Fortsettelse Vedlegg C

Stasjon	Dato	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l
Kv-6	20010528	4	1,2	0,14	0,32	3,6	<0,05	0,04	0,2	2,2	99
Kv-6	20010906	4	0,8	0,44	0,58	4,6	0,020	0,04	0,4	1,4	261
Kv-6	20011019	12	0,4	0,20	0,89	4,0	0,020	0,10	<0,1	1,0	313
Kv-6	20020418	6	1,1	0,20	0,40	3,9	0,016	0,06	0,1	1,5	101
Kv-6	20010928	5	0,9	0,18	0,60	3,7	0,022	0,03	0,2	1,0	293
Kv-6	Middel	6	0,9	0,23	0,56	4,0	0,020	0,05	0,2	1,4	213
Kv-6	Maksimum	12	1,2	0,44	0,89	4,6	0,022	0,10	0,4	2,2	313
Kv-6	Minimum	4	0,4	0,14	0,32	3,6	0,016	0,03	<0,1	1,0	99