

NIVA



RAPPORT LNR 4513-2002

**U**ndersøkelser av  
forurensningsgraden  
av kvikksølv  
fra tidligere drift ved  
Eidsvoll Gullverk



**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 Undersøkelser av graden av kvikksølv-forurensning fra tidligere drift ved Eidsvoll Gullverk	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4513 - 2002	April 2002
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-21951	20
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik Sigurd Rognerud	Fagområde	Distribusjon
	Miljøgifter ferskvann	
	Geografisk område	Trykket
	Akershus	NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Bergvesenet	Harald Ese

**Sammendrag**

I forbindelse med tidligere gruvevirksomhet ved Eidsvoll Gullverk ble det sannsynligvis brukt kvikksølv i prosessen, og det ble deponert avfall fra virksomheten i et område ca. 1 km ovenfor søndre Holsjøen. I innsjøens sedimenter ble det funnet et lysere sjikt med høyere uorganisk andel enn sedimentet forøvrig og som var anrikt på kvikksølv. Dette sjiktet (ca. 14-15 cm under dagens sedimentoverflate) var antagelig avsatt rundt 1900, dvs. i den andre store driftsperioden ved Gullverket (1896 – 1907). Årsaken til den høye kvikksølvkonsentrasjonen er trolig at elementært kvikksølv som ble benyttet i prosessen, har blitt oksidert og ført med bekkevannet til innsjøen. Det er kjent at gullårer kan være anrikt på kvikksølv. Det er derfor også mulig at de høyere konsentrasjonene kan skyldes tilførsel av knust gruvemasse med høyere kvikksølvinnhold enn berggrunnen forøvrig. Overflate-sedimentene var betydelig forurenset av kvikksølv, men konsentrasjonene var ikke høyere enn forventet i en skogssjø i denne regionen med såvidt høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. Årsaken til dette er atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger. Abbor i søndre Holsjøen hadde konsentrasjoner av kvikksølv på samme nivå som abbor fra andre innsjøer i denne regionen. Dette er i overensstemme med resultatene fra sedimentundersøkelsen. Vannet i tilløpsbekken som renner gjennom det aktuelle gruveområdet var i liten grad forurenset av kvikksølv, og konsentrasjonene av kvikksølv i brønnvann ved eiendommen Knofsløkka var også lave. Det er ikke grunnlag for å foreslå spesielle tiltak for å redusere kvikksølv-forurensning til søndre Holsjøen. Det bør likevel utvises generell varsomhet med større gravearbeider da dette kan mobilisere kvikksølvforurensninger. De største forurensningsproblemene knyttet til driften ved Gullverket finnes ved Brøstadgruva, et område som delvis drenerer til et annet sidevassdrag til Vorma. Det kan være grunn til å foreta nærmere undersøker av deler av dette vassdraget.

Fire norske emneord 1. Gullgruve 2. Kvikksølvforurensning 3. Sediment 4. Fisk	Fire engelske emneord 1. Gold mine 2. Mercury pollution 3. Sediments 4. Fish
---	--

*Jarl Eivind Løvik*  
Prosjektleder

*Brit Lisa Skjelkvåle*  
Forskningsleder

*Nils Roar Sælthun*  
Forskningsjef

**Undersøkelser av forurensningsgraden av kvikksølv  
fra tidligere drift ved Eidsvoll Gullverk**

## Forord

Denne rapporten omhandler kvikksølv i sedimenter og fisk i søndre Holsjøen i Eidsvoll kommune, samt vannkvalitet i en tilløpsbekk til innsjøen og i en drikkevannsbrønn på eindommen Knofsløkka. Vassdraget drenerer et område hvor det foregikk gruvedrift med utvinning av gull i perioden 1759-1907 og hvor en antar at det ble brukt kvikksølv i prosessen.

Undersøkelsen er finansiert av Bergvesenet. Kontaktperson for oppdragsgiveren har vært senioringeniør Harald Ese.

Fisk ble innsamlet i forbindelse med et prøvefiske i regi av Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Jørn Enerud stod for dette fisket med assistanse av John Rossbach og Svein Kåre Bunæs i Eidsvoll fiskesamvirke. NIVA fikk stilt til disposisjon abbormaterialet fra dette fisket for kvikksølvanalyser m.m. og supplerte med eget garnfiske. Fra NIVA har Gösta Kjellberg, Sigurd Rognerud og Jarl Eivind Løvik deltatt i feltarbeidet. G. Kjellberg har aldersbestemt abbor. J.E. Løvik har vært NIVAs saksbehandler for prosjektet og har utarbeidet rapporten sammen med S. Rognerud. Analysene av stabile isotoper i fiskekjøtt ble utført ved Institutt for energiteknikk. Øvrige analyser er utført ved NIVAs laboratorium.

Nyttig informasjon om virksomheten ved Gullverket ble gitt av grunneierne Olav og Kari Bøe på Knofsløkka, styremedlem Jan Arne Sandholtbråten i venneforeningen Guldværket Cirkumferens og Eigil Rune Iversen i NIVA. Samtlige takkes for godt samarbeide!

Ottestad, 26. april 2002

*Jarl Eivind Løvik*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Vannkvalitet i bekk og drikkevannsbrønn	9
3.2 Kvikksølv i søndre Holsjøens sedimenter	11
3.3 Kvikksølv i abbor fra søndre Holsjøen	13
<b>4. Sammenfattende diskusjon</b>	<b>15</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>17</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>19</b>

---

## Sammendrag

I forbindelse med tidligere gruvevirksomhet ved Eidsvoll Gullverk ble det høyst sannsynlig brukt kvikksølv i anrikingsprosessen. I sedimentene i søndre Holsjøen ble det funnet et sjikt som skilte seg ut fra sedimentene forøvrig ved at det hadde høyere andel uorganisk materiale og var anrikt på kvikksølv. Dette sjiktet som lå ca. 14-15 cm under dagens sedimentoverflate, var sannsynligvis avsatt omkring år 1900, det vil si i den andre store driftsperioden ved Gullverket som varte fra 1896 til 1907. Årsaken til den høye konsentrasjonen av kvikksølv i det nevnte sedimentsjiktet er trolig at elementært kvikksølv fra anrikingsprosessen har blitt oksidert og siden ført med bekken og videre til søndre Holsjøen. Det er imidlertid også kjent at gullårer kan være anrikt på kvikksølv. Vi kan derfor ikke utelukke muligheten av at knust gravemasse med høyere kvikksølvinnhold enn berggrunnen forøvrig i nedbørfeltet har blitt tilført søndre Holsjøen. Bekken som renner gjennom det gamle gruveområdet fra nordre til søndre Holsjøen var i liten grad forurenset av kvikksølv. Konsentrasjonene var stort sett lave, men enkelte av målingene kunne likevel tyde på at det ble spredt kvikksølvforurensninger i området i forbindelse med gruedriften. Forurensningen hadde imidlertid bare lokalt omfang. Brønnvannet på eiendommen Knofsløkka hadde relativt lavt innhold av kvikksølv, og konsentrasjonene var langt lavere enn det som er fastsatt som norm for drikkevann.

Overflatesedimentene i søndre Holsjøen var betydelig forurenset av kvikksølv sammenlignet med sedimenter som er avsatt i førindustriell tid. Konsentrasjonene var relativt høye, men de var likevel ikke høyere enn det en skulle forvente i en skogssjø i denne regionen med såvidt høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. Årsaken til forurensningene er atmosfæriske avsetninger av kvikksølv som i dag er 3-4 ganger større enn for noen hundre år siden. Undersøkelsen gav derfor ikke holdepunkter for å si at rester fra gruvevirksomheten har forurenset søndre Holsjøen nevneverdig med kvikksølv de siste 10 årene.

Abbor i søndre Holsjøen hadde konsentrasjoner av kvikksølv på omtrent samme nivå som abbor av tilsvarende alder, størrelse og med tilsvarende diett fra andre innsjøer i denne regionen. I utgangspunktet kunne en forvente at fisken i denne innsjøen hadde høyere konsentrasjoner ettersom det finnes en mulig lokal kilde til kvikksølvforurensning. Det viste seg imidlertid at eventuell kvikksølvforurensning fra virksomheten ved Gullverket ikke hadde noen vesentlig betydning for kvikksølvnivået i abboren i søndre Holsjøen i dag. Dette er i overenstemmelse med resultatene fra sedimentundersøkelsen.

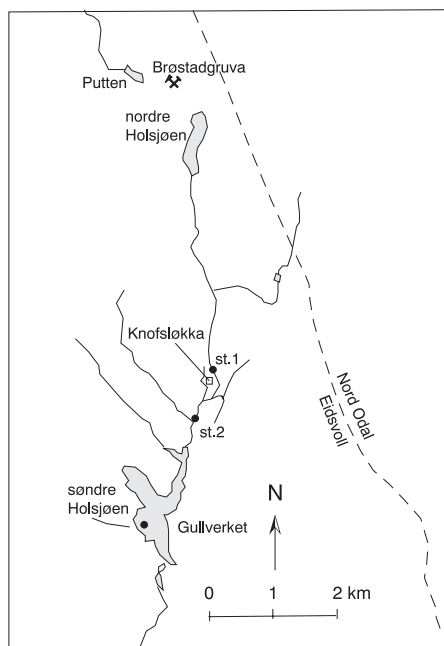
På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen, finner vi ikke at det er grunnlag for å foreslå spesielle tiltak for å redusere eventuell forurensning til vassdraget fra den tidligere gruvevirksomheten. Ettersom det ble brukt kvikksølv i prosessen, bør det likevel utvises forsiktighet med hensyn til mer omfattende gravearbeider, da dette kan mobilisere kvikksølvforurensninger. De største forurensningsproblemene fra driften ved Gullverket finnes i området ved Brøstadgruva ca. 5 km lengre opp i området. Tjernet Putten som mottar metallforurensninger og surt vann fra den nedlagte gruva, har utløp til et annet mindre sidevassdrag til Vorma. Det kan være grunn til å undersøke nærmere om også vassdraget nedstrøms Putten, f.eks. innsjøen Fløyta, er forurenset. Det samme gjelder nordre Holsjøen.

# 1. Innledning

## Bakgrunn

Statens forurensningstilsyn (SFT) pålegger i brev av 23.4.2001 Nærings- og Handelsdepartementet å gjennomføre supplerende undersøkelser for å avklare evt. forurensning knyttet til gruveavfall fra Brøstadgruva ved Eidsvoll Gullverk. Gruvedriften i området pågikk i periodene 1759-1819 og 1896-1907, og det antas at det ble brukt kvikksølv i oppredningsprosessen. Det er deponert avfall fra oppredningsprosessene oppe ved Brøstadgruva ved tjernet Putten (siste driftsperiode) og ved Knofsløkka ved innløpet til søndre Holsjøen (vesentlig første driftsperiode) (Fig. 1). Søndre Holsjøen med tilløpsbekker utgjør de øvre delene av Jøndalsåa, som er et mindre sidevassdrag til Vorma.

I vårtmarker og innsjøsedimenter omdannes uorganisk kvikksølv til den meget giftige forbindelsen metylkvikksølv som har en stor evne til å tas opp i organismer. Effektivt opptak og lav utskillelse er årsaken til at konsentrasjonen av metylkvikksølv i fisk øker med alder og med økte konsentrasjoner i dietten. Høye konsentrasjoner av kvikksølv i innlandsfisk som gjedde, abbor og storørret er ett av de mer alvorlige miljøproblemene i Norge i vår tid. Atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger er hovedkilden til kvikksølvforurensning i norske innsjøer (Rognerud & Fjeld 2001). Reduksjon i utslippene fra eventuelle lokale kilder er imidlertid også en prioritert oppgave fra miljøvernmyndighetenes side.



**Figur 1.** Kart over det aktuelle området. Prøvetakingsstasjoner for vannprøver i bekken (st. 1 og 2) og for sediment i søndre Holsjøen er markert.

## Tidligere undersøkelser av vannforurensning

NIVA har tidligere undersøkt vann og vassdrag som drenerer gruveområdet i 1992, 1996-1997 og 1998 (Iversen 1994, Arnesen og Iversen 1997, Iversen 1998). Undersøkelsene i 1996-97 viste at avrenningen fra gruveområdet hadde høye konsentrasjoner av kobber. I den lokale resipienten, Putten, var konsentrasjonene så høye at det neppe var levelig for fisk der. Fra området med deponert avgang var det også forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv i avrenningsvannet, i likhet med i 1992. Dette har videre ført til relativt høye konsentrasjoner av kvikksølv i overflatesedimenter i Putten, og en antok at

eventuell fisk i innsjøen kunne ha så høyt kvikksølvinnhold at den ikke var tilrådelig å spise. Det ble videre konkludert med at de registrerte effektene bare hadde lokal betydning og at behovet for å gjøre forurensningsbegrensende tiltak var lite. I 1998 ble det gjort undersøkelser av kvikksølv i vann fra bekken som renner fra nordre til søndre Holsjøen, fra brønnvann på Knofsløkka og av kvikksølv i sedimenter fra søndre Holsjøen (Iversen 1998). Relativt høye konsentrasjoner av kobber i bekken viste at den var noe forurenset av avrenning fra gruvevirksomheten. Det ble ellers ikke påvist større forurensningsproblemer, men pga. tvil om hvorvidt prøvene var representative ble det anbefalt å følge opp undersøkelsene med flere prøver.

I søndre Holsjøen ble konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentene undersøkt i forbindelse med en regional undersøkelse av miljøgifter i innsøsedimenter på midten av 1990-tallet (Rognerud et al. 1997). Her ble det påvist moderat forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kvikksølv, bly og antimon i overflatesedimentet sammenlignet med i referansesedimentet (avsatt i førindustriell tid). Forurensningsgraden av kobber ble imidlertid betegnet som sterk.

#### *Gruveområdet og gruvedriften*

Gullverket er navnet på det store skogområdet mellom Eidsvoll og Nord-Odal. Brøstadgruva som var hovedgruve for Gullverket ligger i Eidsvoll kommune, Akershus fylke. Beskrivelser av geologien og gruvedriften i området er bl.a. gitt av Vibe (1897), Arnesen og Iversen (1997), informasjonsplakat ved Brøstadgruva og i Gullverkets hjemmeside på Internet (<http://gullverket.com>).

Berggrunnen i Gullverket består av omdannede dypbergarter fra jordens urtid (prekambrium), dannet for 1.600-1.800 millioner år siden. De dominerende bergartene er røde, granittiske gneiser, røde øyegneiser, grå gneiser og svarte amfibolitter. Dessuten finnes tynne soner med grå- og rødbåndete gneiser som utgjør rester av overflatebergarter som smeltemassene opprinnelig trengte inn i. Kisholdige kvartsganger på opptil flere kilometers lengde finnes utbredt langs en stor bruddsone i jordskorpen som strekker seg fra Mjøsa til Göteborg. Enkelte steder som i Eidsvoll, Odal og ved Väneren har gangene betydelig innhold av gull. Gullet finnes sjelden som synlige korn, men opptrer vanligvis som mikroskopiske korn på sprekker i svovelkis. Den nevnte sonen kjennetegnes forøvrig ved opptreden av skifrige bergarter.

I restene etter Det Odalske Kobberværks drift i dette området ble det på midten av 1700-tallet funnet gull, og etter at Kongsberg sølvverk foretok undersøkelser i 1758, ble det året etter satt igang ordinær gruvedrift i regi av den dansk-norske stat. Den gullførende kvartsen ble knust i et pukkverk og grovvasket (anrikt). Det gullførende materialet ble videre kjørt til Kongsberg med hest for utvinning ved sølvverkets anlegg. Etter ca. 10 år ble denne driften nedlagt fordi gullgehalten avtok. Staten gjenopptok imidlertid driften i 1770 og fortsatte med varierende styrke fram til 1783 da driften ble overtatt av private interesser, og etter skiftende eierskap kjøpte Bernt Anker hele verket i 1793. I denne perioden var driften konsentrert om utvinning av kobber. Gruvedriften ble nedlagt i 1819 etter store økonomiske tap for eierne.

I perioden 1896 til 1907 ble det satset store summer på utvinning av gull med Brøstadgruva som base. Brødrene Bache-Wiig satte igang denne driften nede ved Knofsløkka, men etter kort tid kom et engelsk selskap, The golden Mint Mines Ltd., inn i bildet. Engelskmennene flyttet hovedvirksomheten til Brøstadgruva der man bygde opp anrikingsanlegg med elektrisk strøm for hele området, arbeiderbrakker, smie, sagbruk og andre driftsbygninger. Selskapet hadde på det meste opp mot 200 personer i arbeid, men virksomheten gikk med store tap, og selskapet ble slått konkurs i 1903. Et nytt selskap, The Brustad Mines Ltd., startet opp igjen i 1905, men også dette selskapet gikk konkurs i 1907, og etter den tid har det ikke blitt drevet ordinær gruvedrift i Eidsvoll. Også etter 1907 har det imidlertid blitt gjort flere undersøkelser og forsøk på gullutvinning i Gullverket. Bl.a. gikk man på 1930-tallet igang med omvasking av den vrakede kvartssanda fra den store driftsperioden. I den senere tid har både Falconbridge Nikkelverk, Norsk Hydro, Follidal verk/Norsulfid og et par svenske



selskaper gjort undersøkelser og prøveboringer uten at gullmengdene som er funnet har gitt grunnlag for å starte gruvedrift.

### *Målsetting*

Hensikten med undersøkelsen var for det første å gi et tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne vurdere vannkvaliteten og forurensningssituasjonen mht. kvikksølv i bekken som renner fra nordre til søndre Holsjøen og i drikkevannsbrønnen på eindommen Knofsløkka (Fig. 1). Undersøkelsen skulle videre gi data over konsentrasjoner av kvikksølv i overflatesedimenter i søndre Holsjøen og kontamineringsgraden i forhold til sedimenter avsatt i førindustriell tid. Dernest skulle nivåene av kvikksølv i fiskekjøtt dokumenteres og vurderes i forhold til kjente nivåer i andre populasjoner av samme fiskeart (abbor eller ørret) ellers i Sør-Norge. Det skulle også legges fram forslag til aktuelle tiltak dersom analyseresultatene tilsa det.

## **2. Materiale og metoder**

### *Prøveinnsamling*

Feltarbeidet ble gjennomført høsten 2001. Det ble samlet inn vannprøver 3 ganger i oktober-november ved middels til stor vannføring, ved to stasjoner i bekken som renner fra nordre til søndre Holsjøen; st. 1 ved bru like nedenfor kisivaskeri og st. 2 før innløp i søndre Holsjøen. Det ble dessuten samlet inn prøver fra brønnen på Knofsløkka. Sedimentprøver ble samlet inn fra det dypeste området i søndre Holsjøen (ca. 20 m) ved hjelp av en modifisert KB-corer (Mudroch and Azcue 1995). 3 sedimentkjerner ble tatt opp, og ved ankomst til land ble kjernene splittet i 0,5 cm eller 1,0 cm sjikt. Blandprøver fra de tre kjernene ble analysert fra sjiktene 0-0,5 cm, 0,5-1,0 cm og 14-15 cm. En referanseprøve ble tatt fra det dypeste sjiktet (29-31 cm) i den lengste kjernen. Fylkesmannen i Oslo og Akershus, ved Jørn Enerud og med assistanse fra Eidsvoll fiskesamvirke, gjennomførte prøvefiske med garn (Nordisk serie) i søndre Holsjøen i begynnelsen av oktober 2001. NIVA fikk stilt til disposisjon abbor materialet fra dette prøvefiske for kvikksølvanalyser. I tillegg gjennomførte NIVA supplerende garnfiske for å få et noe bredere materiale mht. størrelse på fisken.

### *Vannanalyser*

Vannprøvene ble analysert på pH, konduktivitet (Kond.), totalt organisk karbon (TOC), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), kalsium (Ca), magnesium (Mg) og kvikksølv (Hg). Vannprøvene for kvikksølvanalyser ble tatt på spesialvaskete flasker. En oversikt over metodebetegnelser i NIVAs akkrediteringsjournal er gitt i vedlegget. Ved analyse av kvikksølv i vann må metallet foreligge på ionisk form for at kalddampmetode skal kunne benyttes. Kvikksølvet i prøven overføres til metallisk tilstand med tinn(II)klorid i surt miljø. Kvikksølv dampen transporteres ved hjelp av en inert bæregass (argon) og oppkonsentreres i et amalgameringsystem. Videre frigjøres kvikksølv damp ved oppvarming, og dampen føres gjennom en målecelle hvor mengden registreres ved kalddamp atomabsorpsjon. Nedre grense for bestemmelse av kvikksølv i vann var 1,0 ng/l ( $1 \text{ ng} = 10^{-9} \text{ g}$ ).

### *Sedimentanalyser*

Sedimentprøvene ble analysert for organisk innhold (glødetap) og innhold av kvikksølv. Av glødetapet utgjør karbon ca. 50%. I akkumulasjonsområdene i innsjøer (dyperer områder) avsettes sedimentene kronologisk. Det vil si at en ved å analysere for innholdet av f.eks. tungmetaller i ulike sjikt nedover i en sedimentkerne kan få et bilde på den historiske utviklingen i sedimentasjonen av metallholdige partikler. Forholdet mellom konsentrasjonen i et gitt sjikt og i referansesjiktet kalles kontamineringsfaktoren ( $K_f$ ). Denne faktoren gir ofte en indikasjon på forurensningsgraden av innsjøens sedimenter. Sedimentasjonshastigheten kan variere betydelig fra innsjø til innsjø, men generelt kan en anta at det avsettes ca. 0,6-1,5 mm per år i en skogssjø som søndre Holsjøen (se f.eks. Kaste et al. 2001). "Årssjiktene" vil være tjukkere i de øvre delene av sedimentet enn på større dyp bl. a. fordi sedimentet

har større vanninnhold og er mindre komprimert på toppen. Ut fra dette kan en regne som sikkert at sedimentsjiktet på ca. 30 cm representerer en periode lenge før gruvedriften startet ved Gullverket. Kvikksølv i sediment analyseres i homogensierte, tørkede prøver. Prøvene oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre, og organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdige form ( $\text{Hg}^{2+}$ ). Analysen videre utføres som for vann. Nedre grense for bestemmelse av kvikksølv er 0,005  $\mu\text{g/g}$ .

#### *Fiskeanalyser*

Totalt 15 abbor fra intervallet 1-450 g (5-33 cm) ble analysert for innhold av kvikksølv i kjøttet. I tillegg ble det foretatt aldersbestemmelser ved hjelp av gjellelokk. Kvikksølv i fisk analyseres i homogenserte frysetørkede prøver. Forøvrig utføres analysen som for kvikksølv i sediment. For å få et mål på eller indikasjon på fiskens plass i næringskjeden ble det dessuten analysert på stabile nitrogenisotoper ( $^{14}\text{N}$  og  $^{15}\text{N}$ ) i fiskeprøvene. Prøvene ble tørket ved 60 °C og homogenisert. For bestemmelse av  $^{13}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  og  $^{14}\text{N}$  er 1 mg prøvemateriale veid inn og overført til en 5 x 9 mm tinnkapsel. Kapselen lukkes og plasseres i en Carlo Erba NCS 2500 elementanalysator. Prøvene forbrennes med  $\text{O}_2$  og  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ved 1700 grader og  $\text{NO}_x$  reduseres til  $\text{N}_2$  med Cu ved 650 °C. Forbrenningsproduktene separeres i en poraplot Q kolonne og overføres direkte til et Micromass Optima isotop massespektrometer for bestemmelse av  $^{13}\text{C}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  og  $^{14}\text{N}$ . Duplikater analyseres rutinemessig for hver tiende prøve. Isotopsammensetningen av karbon og nitrogen ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) oppgis som "deltaverdier":  $\delta$  (‰) =  $[(R_{\text{prøve}} / R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$ , der R representerer forholdet mellom tung og lett isotop. Alle isotopverdiene refereres til primære standarder. For karbon er dette et marint karbonat, Pee Dee Belemitt (Craig 1953), og for nitrogen atmosfærisk luft (Mariotti 1983). Internasjonale standarder analyseres samtidig med prøvene for hver tiende prøve.  $\delta^{15}\text{N}$  resultatene kontrolleres med analyser av IAEA-N-1 og IAEA-N-2 standarder.  $\delta^{13}\text{C}$  resultatene kontrolleres med analyser av USGS-24 grafitt standard. IFEs verdier kontrolleres også mot en husstandard av ørretfilet.

## 3. Resultater

### 3.1 Vannkvalitet i bekk og drikkevannsbrønn

Resultatene av analysene av vannprøver fra høsten 2001 er gitt i tabell 1 sammen med resultatene fra 1998 (Iversen 1998).

I 1998 ble vannprøvene samlet inn i en tørr periode med liten avrenning. Høsten 2001 avtok vannføringen fra nærmest flomvannføring etter betydelig regnvær den første datoen til middels vannføring den siste datoen. På den tiden var det begynt å bli frost slik at overflateavrenningen var betydelig redusert. Samlet bør derfor resultatene gi et noenlunde representativt bilde av forurensningssituasjonen i bekken ved ulike avrenningsforhold.

Resultatene viste at vannet i bekken var relativt surt (pH 5,5-6,4) og ionefattig (Kond. 2,3-2,9 mS/m) og hadde et betydelig innhold av humussyrer (TOC 8-17 mg/l). Konsentrasjonene av sulfat, kalsium og magnesium var forholdsvis lave, henholdsvis ca. 1-5 mg/l, ca. 2-3 mg/l og ca. 0,4-0,6 mg/l. Dette gjenspeiler at berggrunnen i hovedsak er kalkfattig, og det indikerer at eventuell oksidasjon av sulfidminerale etter gruvevirksomheten i liten grad påvirker vannkvaliteten i bekken på denne strekningen. Til sammenligning kan vi nevne at det ble målt sulfatkonsentrasjoner i størrelsesorden ca. 25-170 mg/l i de mer forurensede lokalitetene ved Brøstadgruva i 1992 og 1996. Vannet på den nederste stasjonen var noe surere, mindre humuspreget og mer ionefattig enn på den øverste stasjonen.

**Tabell 1.** Analyseresultater av vannprøver innsamlet i mai 1998 og høsten 2001. Ved beregning av middelvei av Hg har vi benyttet 0,5 ng/l i de tilfeller der konsentrasjonen var lavere enn nedre grense for bestemmelsen (1 ng/l).

Lokalitet Benevning	Dato	pH	Kond. mS/m	TOC mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Hg ng/l
Bekk st. 1	27.5.98	6,04	2,70	-	5,2	2,54	0,50	1,0
	9.10.01	5,86	2,65	13,0	1,0	2,80	0,49	<1,0
	15.10.01	6,08	2,88	9,9	3,3	2,97	0,53	1,0
	7.11.01	6,39	2,92	8,3	3,6	3,22	0,60	6,5
	<i>Middel</i>	<i>6,09</i>	<i>2,79</i>	<i>10,4</i>	<i>3,3</i>	<i>2,88</i>	<i>0,53</i>	<i>2,3</i>
Bekk st. 2	27.5.98	6,11	2,53	-	4,9	2,45	0,46	2,5
	9.10.01	5,50	2,25	17,3	1,5	2,29	0,40	<1,0
	15.10.01	5,64	2,26	14,4	2,7	2,25	0,41	<1,0
	7.11.01	6,05	2,33	12,1	3,1	2,59	0,48	1,5
	<i>Middel</i>	<i>5,83</i>	<i>2,34</i>	<i>14,6</i>	<i>3,0</i>	<i>2,40</i>	<i>0,44</i>	<i>1,25</i>
Knofsløkka, brønn	8.6.98	7,79	15,0	-	4,2	29,2	4,05	4,0
	9.10.01	7,53	15,9	1,1	3,8	24,3	3,18	1,5
	15.10.01	7,88	15,8	1,3	4,3	25,1	3,18	1,5
	7.11.01	8,10	16,0	1,2	4,1	25,4	3,33	2,5
	<i>Middel</i>	<i>7,84</i>	<i>15,9</i>	<i>1,2</i>	<i>4,1</i>	<i>24,9</i>	<i>3,23</i>	<i>1,8</i>
Søndre Holsjøen	9.10.01	6,29	-	13,0	-	-	-	-

Kvikksølvkonsentrasjonen i bekken ved stasjonen ovenfor og nedenfor Knofsløkka var henholdsvis <1,0-6,5 ng/l og <1,0-1,5 ng/l. Det finnes lite av pålitelige data over kvikksølv-konsentrasjoner i vann i norske vassdrag, men i SFT's system for klassifisering av vannkvalitet benyttes følgende klasser (Tabell 2):

**Tabell 2.** Tilstandsklasser for kvikksølv i vann (konsentrasjoner i ng/l) i henhold til SFT's klassifiseringssystem (SFT 1997).

Tilstandsklasser for kvikksølv i vann (ng/l)				
I	II	III	IV	V
"Ubetydelig forurenset"	"Moderat forurenset"	"Markert forurenset"	"Sterkt forurenset"	"Meget sterkt forurenset"
<2	2-5	5-10	10-20	>20

Arnesen og Iversen (1997) nevner også at konsentrasjonene av kvikksølv i de fleste norske vassdrag oftest er mindre enn 2 ng/l. Diamond (1999) har sammenstilt data fra flere undersøkelser av vann i bl.a. Sverige og Canada. Konsentrasjonene varierte i området 0,2-10 ng/l, og de fleste referansene oppgir verdier i området ca. 0,5-5 ng/l. Freij (1989) oppgir 1-3 ng/l som vanlige konsentrasjoner i innsjøer og elver. I avrenning fra gruveområdet ved Brøstadgruva ble det på 1990-tallet målt konsentrasjoner i området ca. 10-30 ng/l, og dette ble karakterisert som høye verdier (Arnesen og Iversen 1997). På mindre forurensete lokaliteter ble det stort sett målt konsentrasjoner i området <1-4 ng/l.

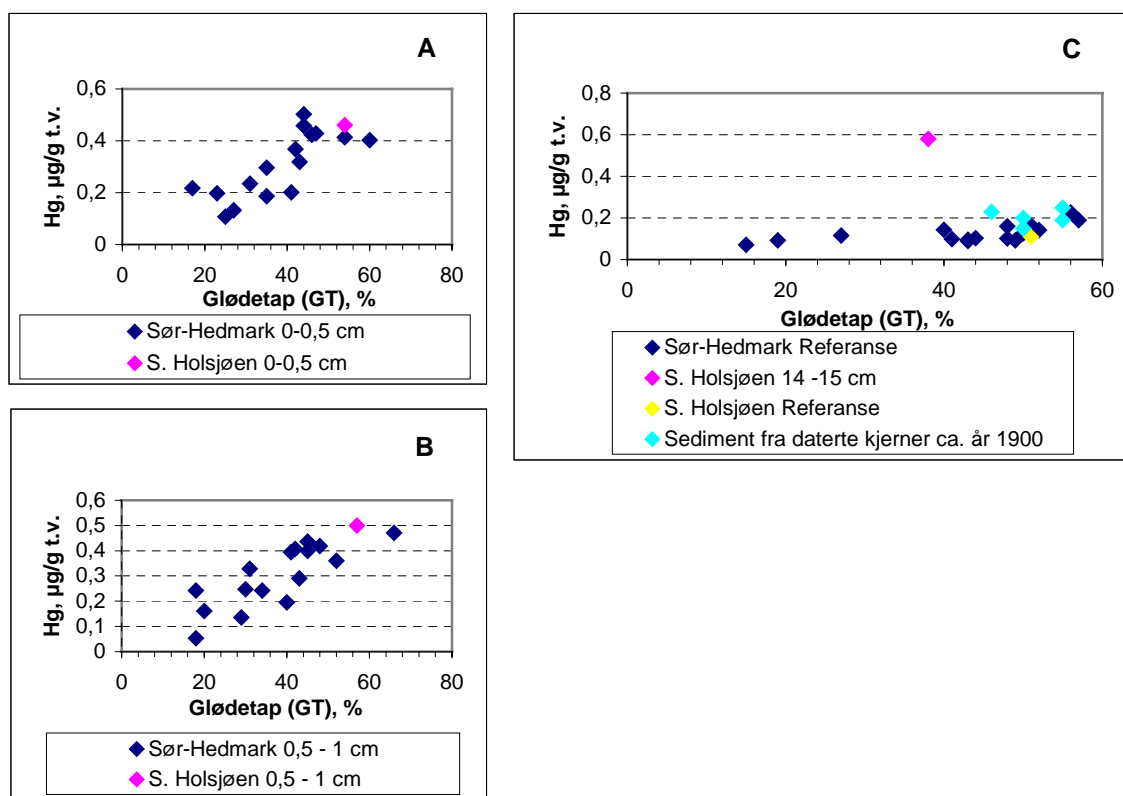
Ut fra dette kan vi si at konsentrasjonene i bekken ved Gullverket stort sett var lave. Dette tydet på at bekken i liten grad tilføres kvikksølvforurensning fra tidligere gruvevirksomhet. Det ble likevel målt

noe høyere konsentrasjon på den øverste stasjonen den ene datoen. Dette kan være en indikasjon på at det ligger igjen kvikksølvholdig materiale i området, og at dette til tider bidrar til å øke konsentrasjonen i bekken lokalt. Forurensningen så imidlertid ut til å bli betydelig fortennet før bekken renner inn i søndre Holsjøen, jfr. konsentrasjonen ved st. 2.

Brønnvannet på Knofsløkka var basisk, lite humuspåvirket og mere ionerikt enn i bekken. Dette er naturlig ettersom det her dreier seg om grunnvann. Konsentrasjonene av kvikksølv varierte innenfor omtrent samme intervall som i bekken (1,5-4,0 ng/l). Dette må også betegnes som relativt lave konsentrasjoner, og nivået er klart lavere enn kravet som er satt til drikkevann i Norge (500 ng/l, Statens institutt for folkehelse 1998).

### 3.2 Kvikksølv i søndre Holsjøens sedimenter

Resultatene av sedimentundersøkelsen er gitt i vedlegget og vist i figur 2. I figuren er sammenhengen mellom glødetapet (organisk innhold) og konsentrasjonene av kvikksølv i søndre Holsjøen vist sammen med resultatene fra 16 andre innsjøer (uten punktkilder i nedbørfeltet) i Sør-Hedmark. I tillegg viser figuren tilsvarende sammenhenger i referansesedimenter (300-500 år gamle) fra de samme 16 innsjøene og i ca. 100 år gamle sjikt i daterte kjerner fra 5 innsjøer i Sør-Norge. Ut fra avstand fra kysten og kart over atmosfæriske avsetningene av kvikksølv (Steinnes et al. 1995) er det rimelig å anta at konsentrasjonene i sjiktet som ble avsatt rundt 1900 var nær det samme i disse 5 innsjøene som i søndre Holsjøen når vi justerer for ulikt glødetap.



**Figur 2.** Sammenhengen mellom glødetap og konsentrasjonen av kvikksølv i sedimenter i søndre Holsjøen sammenlignet med tilsvarende i overflatesedimentene i 16 andre innsjøer fra sør-Hedmark (Rognerud et al. 1999), samt i 5 daterte sedimentkjerner fra Sør-Norge (Kaste et al. 2001, Fjeld og Rognerud 2001). A: 0-0,5 cm, B: 0,5-1 cm, C: Referansesjikt i sør-Hedmark og søndre Holsjøen samt 14-15 cm i søndre Holsjøen og ca. 100 år gamle sjikt i innsjøer på Sørlandet.

Til denne justeringen har vi benyttet sammenhengen mellom glødetap og konsentrasjoner av kvikksølv i referansesedimenter fra de 16 innsjøene (se Fig. 2 C).

Konsentrasjonene av kvikksølv var betydelig høyere i de øverste sedimentsjiktene (0-0,5 cm og 0,5-1 cm) enn i referansesjiktet. Dette viser at sedimentene som har blitt avsatt de siste ca. 10 årene, var markert forurenset sammenlignet med sedimenter fra førindustriell tid. Konsentrasjonene i de to øverste sjiktene i S. Holsjøen var relativt høye, men ikke høyere enn det en skulle forvente i denne regionen ut fra organisk innhold i sedimentet målt som glødetap (se Fig. 2 A og 2 B).

Kvikksølvforurensning av sedimentet i norske innsjøer skyldes i hovedsak atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger, og kvikksølv har en sterk assosiasjon til organisk innhold i sedimentet (Rognerud og Fjeld 2001). Fig. 2 viser at det er en god sammenheng mellom glødetap og kvikksølv i overflatesedimentet i innsjøer i regionen, og resultatene fra de to øverste sjiktene i søndre Holsjøen føyer seg godt inn i dette bildet. Årsaken til de forhøyde konsentrasjonene i de to øverste sjiktene er derfor først og fremst atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger.

I sjiktet 14-15 cm var imidlertid konsentrasjonen av kvikksølv betydelig høyere enn det en skulle forvente ut fra organisk innhold og hvis kildene bare var atmosfæriske avsetninger (Fig. 2 C). På bildet av sedimentkjernene (Fig. 3) vises dette sjiktet som en lys sone i et ellers nokså mørkt sediment. Sjiktet hadde betydelig lavere organisk innhold enn de andre sjiktene. Hvis vi antar at dette sjiktet ble avsatt i perioden 1896 – 1907, i den andre store driftsperioden, vil sedimentasjonshastigheten bli ca. 1,4 mm i snitt pr.år. Dette er i god overenstemmelse med sedimentasjonshastigheter som er vanlig å finne i nordiske skogsjøer (Kaste et al. 2001, litteratur sitert i Rognerud et al. 1999). Det er derfor rimelig å anta at det lysere sedimentsjiktet skyldes utvaskinger i forbindelse med gruvevirksomheten ved Gullverket.

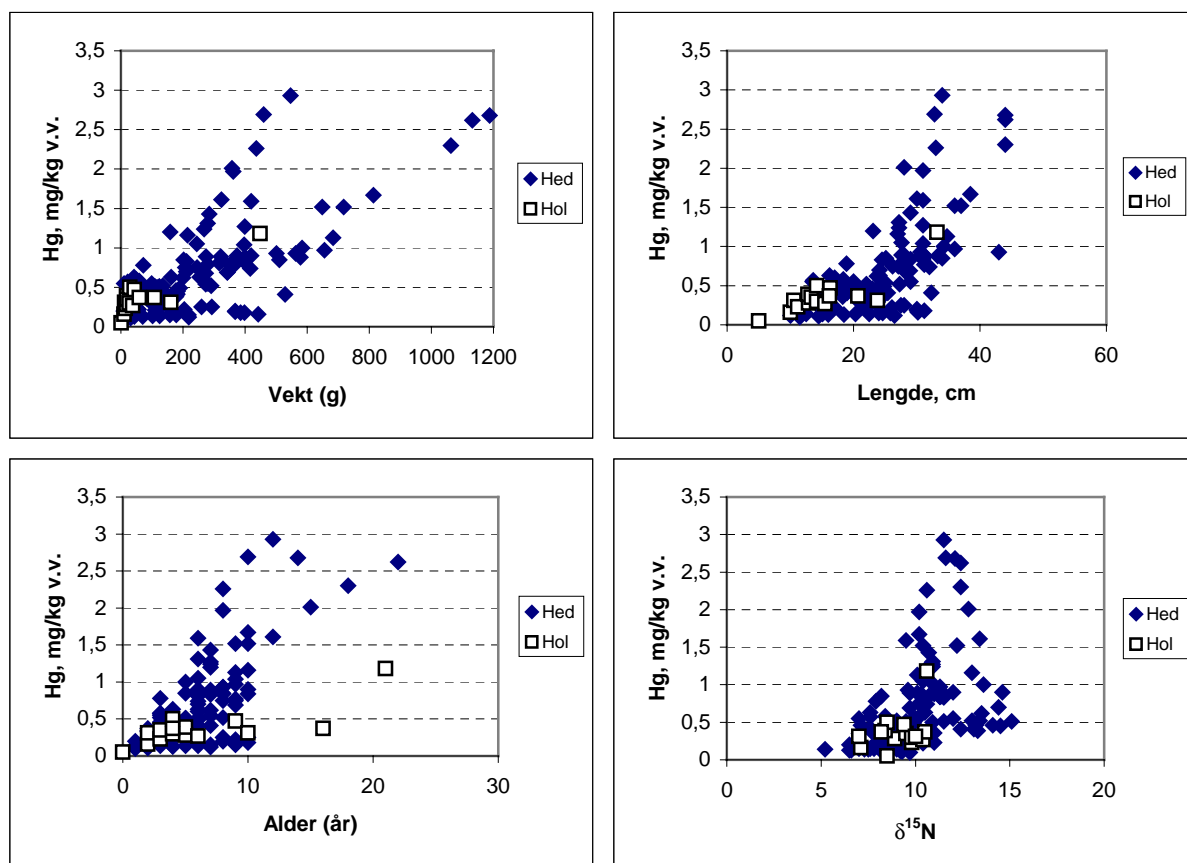


**Figur 3.** Foto av sedimentkjerner tatt opp fra ca. 20 m dyp i søndre Holsjøen i oktober 2001. Det lysere sjiktet i kjernene (se pil) ligger 14 –15 cm under sedimentoverflaten.

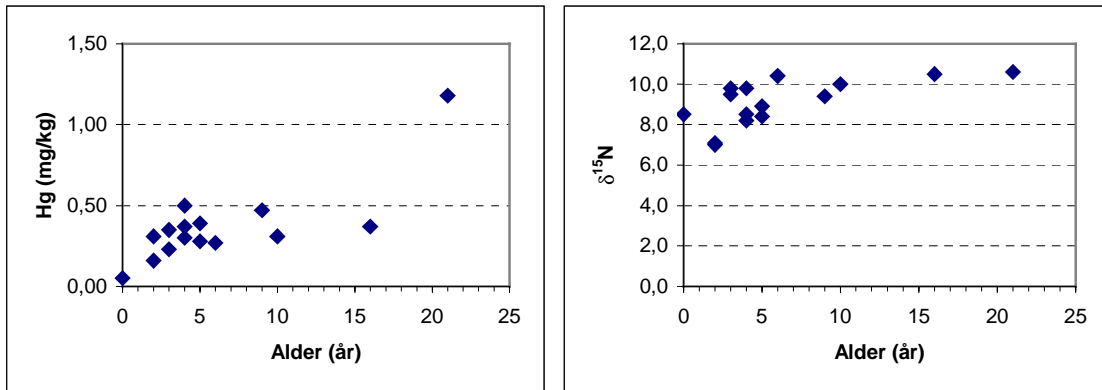
### 3.3 Kvikksølv i abbor fra søndre Holsjøen

Resultatene av undersøkelsen av kvikksølv i abbor er gitt i vedlegget og vist i figur 4 og 5. Sammenhengen mellom konsentrasjoner av kvikksølv i abbor fra søndre Holsjøen og noen forklaringsvariable (alder, vekt, lengde og  $\delta^{15}\text{N}$ ) er vist i Fig. 4 sammen med tilsvarende relasjoner for abbor fra 10 andre innsjøer i denne regionen der atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger antas å være viktigste kilde (Rognerud og Fjeld 2002).

Konsentrasjonene av kvikksølv i abbor fra søndre Holsjøen skilte seg ikke ut fra de en finner i abbor fra andre innsjøer i denne regionen når en tar hensyn til alder, lengde, vekt og trofisk posisjon ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (Fig. 4). Abboren var liten og gammel, og trofisk posisjon økte fra første leveår til 6 års alder tilsvarende nesten ett trofisk nivå, dvs. en økning i  $\delta^{15}\text{N}$  på ca. 3 ‰ (Fig. 5). Trofisk posisjon endret seg ikke i eldre fisk. Denne endringen i trofisk posisjon de første 6 årene er årsaken til en større økning i kvikksølvinnholdet med alder i fisk yngre enn 6 år enn i eldre fisk i søndre Holsjøen.



**Figur 4.** Sammenhengen mellom vekt, lengde, alder og  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) hos abbor og kvikksølvinnhold i fisk fra 10 innsjøer i Sør-Hedmark (Hed) og i søndre Holsjøen, Eidsvoll (Hol). Kilder: Rognerud og Fjell 2002 og denne undersøkelsen.



**Figur 5.** Sammenhengen mellom alder og konsentrasjon av kvikksølv samt alder og  $\delta^{15}N$  (‰) i abbor fra søndre Holsjøen.

## 4. Sammenfattende diskusjon

Denne undersøkelsen har vist at bekken som renner gjennom det gamle gruveområdet fra nordre til søndre Holsjøen i liten grad var forurenset av kvikksølv. Konsentrasjonene i vannet var stort sett lave, men enkelte av målingene kunne likevel tyde på at det ble spredt kvikksølvforurensninger i området ved den tidligere driften ved Gullverket. Vi fant også et sjikt i sedimentet i søndre Holsjøen som var anrikt på kvikksølv og som høyst sannsynlig var avsatt i den andre store driftsperioden fra 1896 til 1907. Ved tidligere undersøkelser har det blitt avdekket forurensningsproblemer lokalt ved Brøstadgruva ca. 5 km høyere opp i området (Iversen 1994, Arnesen og Iversen 1997). Dette er forurensninger som antagelig i stor grad sedimenterer ut i nordre Holsjøen og i Putten. Det sistnevnte tjernet har utløp til et annet mindre sidevassdrag til Vorma. Konsentrasjonene av kvikksølv i brønnvannet ved eiendommen Knofsløkka var relativt lave, og langt under det som er satt som norm for drikkevann i Norge (Statens institutt for folkehelse 1998).

I følge Jan Arne Sandholtbråten fra Guldværket Circumferens ble det i anrikingsprosessen benyttet elementært kvikksølv som antagelig ble spredt i området. Etter oksidasjon kan kvikksølvforurensningene ha blitt transportert videre med vannveiene. Det er imidlertid også kjent at gullårer kan være anrikt på kvikksølv (NGU 1998), og vi kan derfor ikke utelukke muligheten av at knust gruvemasse med et høyere kvikksølvinnhold enn berggrunnen forøvrig i nedbørfeltet har blitt tilført søndre Holsjøen. Like ved Knofsløkka lå det et kisvaskeri hvor den gullførende malmen ble knust og vasket. Avfallet gikk i stor grad ut i bekken som renner til søndre Holsjøen eller ble liggende igjen på området (O. og K. Bøe, J. A. Sandholtbråten, E.R. Iversen pers. oppl.). I dag er det lite avfall igjen da det meste trolig har blitt brukt til vegformål i området (Iversen 1998). Både bruk av elementært kvikksølv og utslipp av knuste gruvemasser kan ha bidratt til de høye kvikksølv-konsentrasjonene i sedimentsjiktet som ble avsatt i søndre Holsjøen ved den andre store driftsperioden.

De øverste sedimentlagene i søndre Holsjøen var markert forurenset med kvikksølv. Konsentrasjonene var relativt høye, men de var likevel ikke høyere enn det en skulle forvente i en skogssjø i denne regionen med tilsvarende høyt innhold av organisk materiale (jfr. Rognerud et al. 1999). Årsaken til forurensningene er atmosfæriske avsetninger av kvikksølv som i dag er 3-4 ganger større enn for noen hundre år siden (Rognerud og Fjeld 2001). Undersøkelsen gav derfor ingen holdepunkter for å si at rester fra gruvevirksomheten, som i hovedsak foregikk i perioden 1759-1907, har forurenset søndre Holsjøen nevneverdig med kvikksølv de siste 10 årene.

Høyt innhold av kvikksølv i innlandsfisk er et miljøproblem som i den senere tid har fått stadig større aktualitet (se f.eks. Fjeld et al. 2001, Rognerud og Fjeld 2002). Vannmassene i søndre Holsjøen har et relativt høyt humusinnhold (betydelig brunfarget vann), og innsjøen ligger i et område som over tid har mottatt betydelige atmosfæriske avsetninger av langtransportert kvikksølvforurensninger (Steinnes et al. 1995). Abboren i søndre Holsjøen hadde konsentrasjoner av kvikksølv på omtrent samme nivå som abbor av tilsvarende alder, størrelse og med tilsvarende diett fra andre innsjøer i denne regionen. I utgangspunktet kunne en forvente at fisken i søndre Holsjøen hadde et høyere innhold ettersom det finnes en mulig lokal kilde til kvikksølvforurensning i nedbørfeltet. Det viste seg imidlertid at eventuell kvikksølvforurensning fra virksomheten ved Gullverket ikke hadde noen vesentlig betydning for kvikksølvnivået i abboren i søndre Holsjøen i dag.

Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT) har fastsatt grenseverdier for kvikksølv i fisk som skal omsettes og kostholdsråd for fisk til konsum. For abbor er denne grensen 0,5 mg kvikksølv/kg. For noen fiskearter (bl.a. gjedde) er grenseverdien satt til 1,0 mg/kg. De samme grenseverdiene gjelder også i EU. Konsentrasjonen av kvikksølv i abbor fra søndre Holsjøen varierte i området ca. 0,1-1,2 mg/kg med en middelvei på 0,37 mg/kg. Den største og eldste fisken i materialet hadde 1,2 mg/kg



kvikksølv, og dette må betegnes som høyt. Ingen av de andre fiskene oversteg grenseverdien på 0,5 mg/kg. Det vil si at 1 av 15 fisk oversteg grenseverdien for fisk til konsum. Vi må da legge til at større fisk var dårlig representert i materialet, og flere små fisk (<100 g) hadde konsentrasjoner nær opp til grenseverdien.

På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen, finner vi ikke at det er grunnlag for å foreslå spesielle tiltak for å redusere eventuell forurensning til vassdraget fra den tidligere gruvevirksomheten. Da det ble brukt kvikksølv i prosessen, bør det likevel utvises forsiktighet med hensyn til mer omfattende gravearbeider da dette kan mobilisere kvikksølvforurensninger. De største forurensningsproblemene fra driften ved Gullverket finnes i området ved Brøstadgruva ca. 5 km lengre opp i området (Arnesen og Iversen 1997). Tjernet Putten som mottar metallforurensninger og surt vann fra den nedlagte gruva, har utløp til et annet mindre sidevassdrag til Vorma. Det kan være grunn til å undersøke nærmere om også vassdraget nedstrøms Putten, f.eks. innsjøen Fløyta, er forurenset. Det samme gjelder nordre Holsjøen.

## 5. Litteratur

- Arnesen, R.T. og Eversen, E.R. 1997. Brøstadgruva, Gullverket ved Eidsvoll. Undersøkelse av forurensningssituasjonen 1996-97. NIVA-rapport, løpenr. 3711-97. 17 s.
- Craig, H. 1953. The geochemistry of stable carbon isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 3: 53 - 93.
- Diamond, M.L. 1999. Development of a fugacity/aquivalence model of mercury dynamics in lakes. *Water, Air, and Soil Pollution* 111: 337-357.
- Fjeld, E. et al. 2001. Halogenerte organiske miljøgifter og kvikksølv i norsk ferskvannsfisk, 1995-1999. NIVA-rapport, løpenr. 4402-01. SFT overvåkingsrapport 827/01. 48 s. + vedlegg.
- Fjeld, E. og Rognerud, S. 2001. Miljøundersøkelser for ERAMET Norway AS i Sauda og Porsgrunn, ferskvann og vilt. NIVA-rapport, løpenr. 4458-01. 54 s. + vedlegg.
- Freij, L. 1989. Miljöfarliga ämnen. Exempellista och vetenskaplig dokumentation. Rapport från kemikalieinspektionen 10/89. 303 s.
- Gullverket. Verdensveven (WWW) under <http://gullverket.com>.
- Iversen, E.R. 1994. Vannforurensninger fra nedlagte gruver. Del III. NIVA-rapport, løpenr. 3045. 36 s.
- Iversen, E.R. 1998. Supplerende prøvetaking av avrenning fra Gullverket, Eidsvoll kommune. Brev fra NIVA J.nr. 2351/98 til Bergvesenet. 3 s.
- Kaste, Ø., Fjeld, E. og Rognerud, S. 2001. Miljøgifter i innsjøsedimenter og fisk i Agder. NIVA-rapport, løpenr. 4334-2001. 52 s.
- Mariotti, A. 1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural abundance  $^{15}\text{N}$  measurements. *Nature*, 303: 685 - 687.
- Mudroch, A. and Azcue, J.M. 1995. Manual of aquatic sediment sampling. Lewis publishers. London, Ann Arbor. 219 pp.
- NGU 1998. Environmental geochemical atlas of the central Barents region. ISBN 82-7385-176-1. 745 pp.
- Rognerud, S., Fjeld, E., Løvik, J.E. og Skodtvold, T. 1997. Miljøgifter i innsjøsedimenter. Delrapport 2. Tungmetaller og andre sporelementer. NIVA-rapport, løpenr. 3880-97. SFT overvåkingsrapport 713/97. 44 s. + vedl.
- Rognerud, S., Fjeld, E. og Eriksen, G. S. 1996. Landsomfattende undersøkelse av kvikksølv i ferskvannsfisk og vurdering av helsemessige effekter ved konsum. SFT overvåkingsrapport 673/96. TA 1380/1996. 21 s. + vedl.
- Rognerud, S., Fjeld, E. og Løvik, J.E. 1999. Landsomfattende undersøkelse av metaller i innsjøsedimenter. NIVA-rapport, løpenr. 4024-99. SFT overvåkingsrapport 759/99. 71 s. + vedl.

Rognerud, S. and Fjeld, E. 2001. Trace element contamination of Norwegian lake sediments. *Ambio* Vol. 30 No. 1: 11-19.

Rognerud, S. og Fjeld, E. 2002. Kvikksølv i fisk fra innsjøer i Hedmark, med hovedvekt på grenseområdene mot Sverige. NIVA-rapport, løpenr. 4487-2002. 46 s.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. 31 s.

SFT 2001. Forurensning fra Eidsvoll Gullverk. Pålegg om supplerende undersøkelser. Brev fra SFT til Nærings- og Handelsdepartementet datert 23. april 2001. 2 s.

Statens institutt for folkehelse 1998. Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Rapport utarb. av Statens institutt for folkehelse, Riksantikvaren og Direktoratet for naturforvaltning i samarb. med Statens helsetilsyn, Miljøverndepartementet og Statens forurensningstilsyn. 290 s.

Steinnes, E., Andersen, E.M. og Jakobsen, E.-B. 1995. Atmosfærisk nedfall av kvikksølv i Norge. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport 627/95. TA-1272/1995. 14 s.

Vibe, J. 1897. Norges land og folk, Akershus amt. Utgitt av Amund Helland. Kristiania 1897.

## **6. Vedlegg**

**Tabell I.** Oversikt over metoder for analyser av vann og sedimenter

Analyse	Medium	NIVA metodebetegnelse
pH	Vann	A 1: Elektrometrisk bestemmelse av pH med SP 100 analyserobot
Konduktivitet (Kond)	Vann	A 2: Bestemmelse av konduktivitet med SP 100 analyserobot
Totalt organisk karbon (TOC)	Vann	G 4-2: Bestemmelse av TOC med peroksidisulfat/UV-metoden
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	Vann	C 4-2: Bestemmelse av klorid, sulfat og fluorid med Dionex DC – 500 ionekromatograf
Kalsium (Ca)	Vann	E 9-1: Bestemmelse av kalsium, magnesium og natrium i vann med ICP
Magnesium (Mg)	Vann	E 9-1: Som for Ca
Kvikksølv (Hg)	Vann	E 4-3: Bestemmelse av Hg i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400
Kvikksølv (Hg)	Sediment	E 4-3: Som over, men oppslutningstrinn i tillegg.
Kvikksølv (Hg)	Fiskemuskel	E 4-3: Som for sediment.
Glødetap (GT)	Sediment	Bestemmelse av glødetap i sediment. Tørking ved 60 °C i ett døgn, deretter mortres materialet før gløding ved 550 °C i 2 timer.

**Tabell II.** Analyseresultater av sedimentprøver fra søndre Holsjøen innsamlet 9.10.2001.

Lokalitet	Sedimentdyp cm	Glødetap %	Kvikksølv µg/g	Kontaminerings- faktor, K <sub>f</sub>
Søndre Holsjøen	0-0,5	54,2	0,46	3,3
	0,5-1,0	56,9	0,50	3,6
	14-15	35,7	0,58	4,1
	29-31	50,6	0,14	-

**Tabell III.** Analyseresultater fra abbor i S. Holsjøen høsten 2001.

Fisk nr.	Alder (+år)	Vekt (g)	Lengde (cm)	δ <sup>13</sup> C	δ <sup>15</sup> N	Hg (mg/kg)
A1	0	1,1	5,0	-31,7	8,5	0,05
A4	2	10	10,0	-31,0	7,1	0,16
A5	2	12	10,6	-31,4	7,0	0,31
A7	3	14	11,2	-31,7	9,8	0,23
A8	5	18	12,9	-31,5	8,9	0,28
A9	5	19	12,8	-30,6	8,4	0,39
A10	3	20	13,3	-32,1	9,5	0,35
A12	4	29	14,2	-30,5	8,5	0,50
A13	4	27	14,2	-31,7	9,8	0,30
A14	6	38	15,5	-29,8	10,4	0,27
A15	9	43	16,3	-29,5	9,4	0,47
A16	4	60	16,2	-32,4	8,2	0,37
A17	21	448	33,2	-29,8	10,6	1,18
A18	16	108	20,7	-30,7	10,5	0,37
A19	10	161	23,8	-29,7	10,0	0,31
<b>Min</b>	<b>0</b>	<b>1,1</b>	<b>5,0</b>	<b>-32,4</b>	<b>7,0</b>	<b>0,05</b>
<b>Maks</b>	<b>21</b>	<b>448</b>	<b>33,2</b>	<b>-29,5</b>	<b>10,6</b>	<b>1,18</b>
<b>Middel</b>	<b>6,3</b>	<b>67,2</b>	<b>15,3</b>	<b>-30,9</b>	<b>9,1</b>	<b>0,37</b>
<b>Median</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>14,2</b>	<b>-31,0</b>	<b>9,4</b>	<b>0,31</b>
<b>St. avvik</b>	<b>2,2</b>	<b>15,6</b>	<b>3,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,12</b>
<b>Antall</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>