

DR-1971

O-86216

Borregaard Industries Limited

Undersøkelser av kvikksølv i
bunnsedimenter ovenfor og nedenfor
Sarpsfossen i Glomma, 1986

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-86216
Undernummer:	
Løpenummer:	1971
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Borregaard Industries Limited. Undersøkelser av kvikksølv i bunnsedimenter ovenfor og nedenfor Sarpsfossen i Glomma, 1986.	Dato: 20.03.1987
	Prosjektnummer: 0-86216
Forfatter (e): Jens Skei	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 15

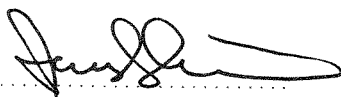
Oppdragsgiver: Borregaard Industries Limited, Sarpsborg	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Analyser av kvikksølv i bunnsedimenter i Glomma ovenfor og nedenfor Sarpsfossen etter ekstraordinære utslipp fra Borregaard i 1985 viste ingen tegn til økning i konsentrasjonene av kvikksølv i sedimentene på strekningen Greåker-Kirkø. Forklaringen må være at kvikksølvet enten ligger lagret i sedimentene i det utslippsnære området eller er transportert ut i Hvaler-området.

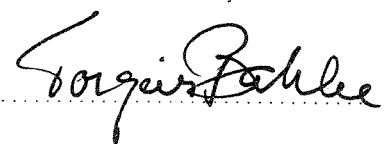
- 4 emneord, norske:
1. Borregaard
 2. Kvikksølv
 3. Sedimenter
 4. Glomma

- 4 emneord, engelske:
1. Borregaard
 2. Mercury
 3. Sediments
 4. Glomma

Prosjektleder:


.....
Jens Skei

For administrasjonen:


.....

ISBN 82-577-1209-4

0-86216

**BORREGAARD
INDUSTRIES LIMITED**

Undersøkelser av kvikksølv i bunnsedimenter
ovenfor og nedenfor Sarpsfossen i Glomma, 1986

Oslo, 20. mars 1987

Prosjektleder: Jens Skei
Medarbeidere: Unni Efraimsen
Frank Kjellberg

INNHALDSFORTEGNELSE

	side
FORORD	3
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. BAKGRUNN	5
2. MÅLSETTING	5
3. FELTARBEID OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	6
4.1. Visuell beskrivelse av sedimentene	6
4.2. Kvikksølv	12
5. LITTERATUR	15

FORORD

Ved et uhell ved Borregaard fabrikker i Sarpsborg i månedsskiftet januar-februar 1985 ble det sluppet ut ekstraordinært mye kvikksølv til Glomma. Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) gjorde Statens Forurensningstilsyn (SFT) oppmerksom på at NIVA hadde tatt prøver av bunnsedimentene på strekningen Greåker - Kirkø i april og september 1986 på oppdrag av Kronos Titan. SFT tok opp saken med Borregaard og det ble besluttet at NIVA skulle analysere disse prøvene for kvikksølv og at det også skulle samles inn prøver ovenfor Sarpsfossen (Glengshølen) for sammenligning. Oppdraget ble bekreftet i brev fra Borregaard av 16.10.86 til SFT og brev av 14.11.86 til NIVA.

NIVA, 20.03.87

Jens Skei
Prosjektleder

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. På bakgrunn av ekstraordinære store utslipp av kvikksølv fra Borregaard fabrikker i 1985 ble det besluttet å analysere tidligere innsamlede sedimentprøver for kvikksølv.
2. Sedimentprøvene var tatt på strekningen Greåker-Kirkø i april og september 1986 og fra Glengshølen ovenfor Sarpsfossen i november 1986.
3. De øvre 3 cm av sedimentene ble analysert for kvikksølv i 1 cm sjikt. Resultatene viste konsentrasjoner i intervallet <0.05 og $0.73 \mu\text{g/g}$ tørt sediment, med et gjennomsnitt på ca. $0.4 \mu\text{g/g}$. Normalkonsentrasjonen kan gå opp til $0.1 \mu\text{g/g}$.
4. Det kan slås fast at nivået av kvikksølv i sedimentene ikke er høyere enn det som er målt tidligere (1978 og 1981) og at det generelle forhøyede nivået i stor grad skyldes regelmessige utslipp fra Borregaard fabrikker. Målinger ovenfor Sarpsfossen fastslår at Borregaard i hovedsak er kilden for kvikksølvforurensningen i nedre Glomma.
5. I og med at de ekstraordinære utslippene av kvikksølv i 1985 ikke kan gjenfinnes i sedimentene på strekningen Greåker-Kirkø, må dette innebære at enten er kvikksølvet sedimentert mellom Greåker og Sarpsborg eller sør for Kirkø. Alternativet er at kvikksølvet er transportert ut av estuaret og ut i Skagerrak i flomperioden mai-juni 1985.
6. Det anses som viktig å få klarlagt hvor de 6-800 kg kvikksølv har tatt veien og det foreslås at sedimentprøver tas i dypbassenger i elva like ved Borregaard fabrikker. Hensikten er at hvis sedimentene her er sterkt kvikksølvforurenset ville det være mulig å foreta en opprensning (mudring).
7. Dersom kvikksølvet er transportert ut av estuaret og spredd utenfor indre Hvaler, kan fisk ha blitt kontaminert. Kvikksølv-analyser av torsk bør foretas.

1. BAKGRUNN

I henhold til opplysninger fra bedriften skjedde det et uhell i månedsskiftet januar-februar 1985 som medførte at anslagsvis 6-800 kg metallisk kvikksølv (hovedsakelig svevepartikler) og kvikksølv i ioneform (salter) rant ut i Glomma. Av dette kvantum ble 450 kg sluppet ut i perioden februar-april og 250 kg i perioden juli-september. I mengde tilsvarer disse 6-800 kg ca. 25% av den totale mengden av kvikksølv som ble sluppet ut i vann i Norge i 1979 (SINTEF, 1979). Til sammenligning lå Borregaards utslipp av kvikksølv til vann i 1980 på ca. 50 kg, mens utslippet til luft var ca. 10 ganger så stort. I 1984 var utslippet i følge bedriften 39 kg til vann og ca. 150-200 kg til luft. SFT utarbeidet i 1983 en rapport om kvikksølvbelastningen i Norge som omfatter både virkninger på helse og miljø, forekomst og kilder (Nedenes & Bjørnstad, 1983). I følge denne rapporten kan metallisk kvikksølv oksyderes i oksygenholdig vann til Hg^{2+} og dermed løses i vannet og metyleres, hvis forholdene ligger til rette for det. Løseligheten av metallisk kvikksølv i vann ved 25°C er målt til $25 \mu\text{g/l}$ (Stock, 1934). I sjøvann dannes lett uorganiske klorkomplekser (HgCl_2) (Lindqvist et al., 1984), mens i ferskvann opptrer vanligvis $\text{Hg}(\text{OH})_2$ (Gavis and Ferguson, 1972). Metallisk kvikksølv er dessuten flyktig.

På bakgrunn av disse forholdene reiser det seg følgende spørsmål:

- (i) Hva skjer når 600-800 kg kvikksølv i hovedsakelig metallisk form slippes ut i Glomma?
- (ii) Blir kvikksølvet liggende igjen på utslippsstedet eller vil det bli transportert nedover elva for så å avsette seg i sedimentene lenger nede?
- (iii) Vil kvikksølvet bli transportert ut i Hvaler-området under flomperioder?

2. MÅLSETTING

Hensikten med undersøkelsen av kvikksølvinnholdet i bunnsedimentene var følgende:

- å registrere eventuell unormal anrikning av kvikksølv i de øvre 3 cm av bunnsedimentene på strekningen Greåker - Kirkø som kan settes i forbindelse med uhellet ved Borregaard fabrikk;
- å sammenligne nivåene av kvikksølv i dette området med nivåer i sedimenter tatt ovenfor Sarpsfossen (Glengshølen).

3. FELTARBEID OG METODER

I tilknytning til overvåking av nedre Glomma på oppdrag av Kronos Titan ble det innsamlet sedimentprøver på 11 stasjoner i april og 13 stasjoner i september (Fig. 1). Sedimentene ble tatt med "gravity corer" (55 mm diameter) fra F/F Trygve Braarud, Universitetet i Oslo. Kjernene ble snittet i 1 cm intervall og analyser vanligvis utført på de tre øverste sjiktene (0-3 cm). Prøvene ble frysetørket, homogenisert, oppluttet (kons. HNO_3) og analysert ved hjelp av Coleman Hg-analysator. Deteksjonsgrensen ved disse analysene er $0.05 \mu\text{g/g}$ tørt sediment. Dette nivået er meget nært bakgrunnsnivået for kvikksølv i bunnsedimenter.

I november 1986 ble sedimentprøver tatt med "gravity corer" fra lettboat i Glengshølen, ovenfor Sarpsfossen (Fig. 2). Samme oppsplitting og analysemetoder ble brukt som ved de andre prøvene.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. Visuell beskrivelse av sedimentene

Når sedimentprøvetakeren kommer på dekk tas plexiglassrøret med sedimentkjernen ut og en visuell beskrivelse logføres. Det legges vekt på å beskrive sedimentets farge, eventuell lukt, gassbobler, kornstørrelse, tekstur og innhold av dyr. I tillegg måles kjernens lengde og eventuell tykkelse av diskrete lag. Tabell 1 og 2 og nedenfor gir en beskrivelse av sedimentprøvene som ble tatt henholdsvis i april, september og november. Prøvene ble forsøkt tatt mest mulig på samme sted, men dette skulle vise seg å være vanskelig i selve Glomma pga. strømforhold og avdrift fra posisjon under prøvetaking.

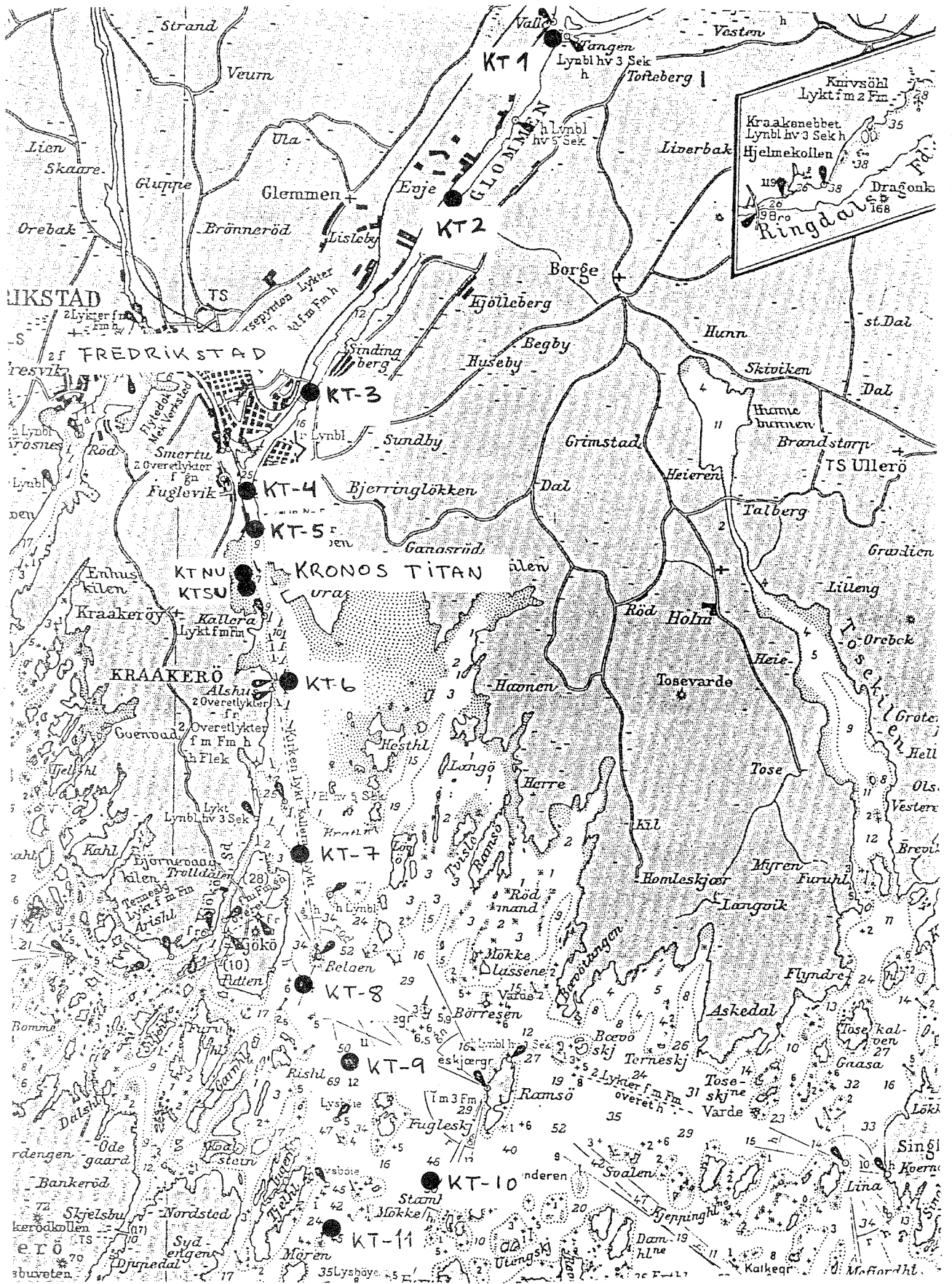


Fig. 1. Stasjonskart - sedimenter nedenfor Sarpsfossen.

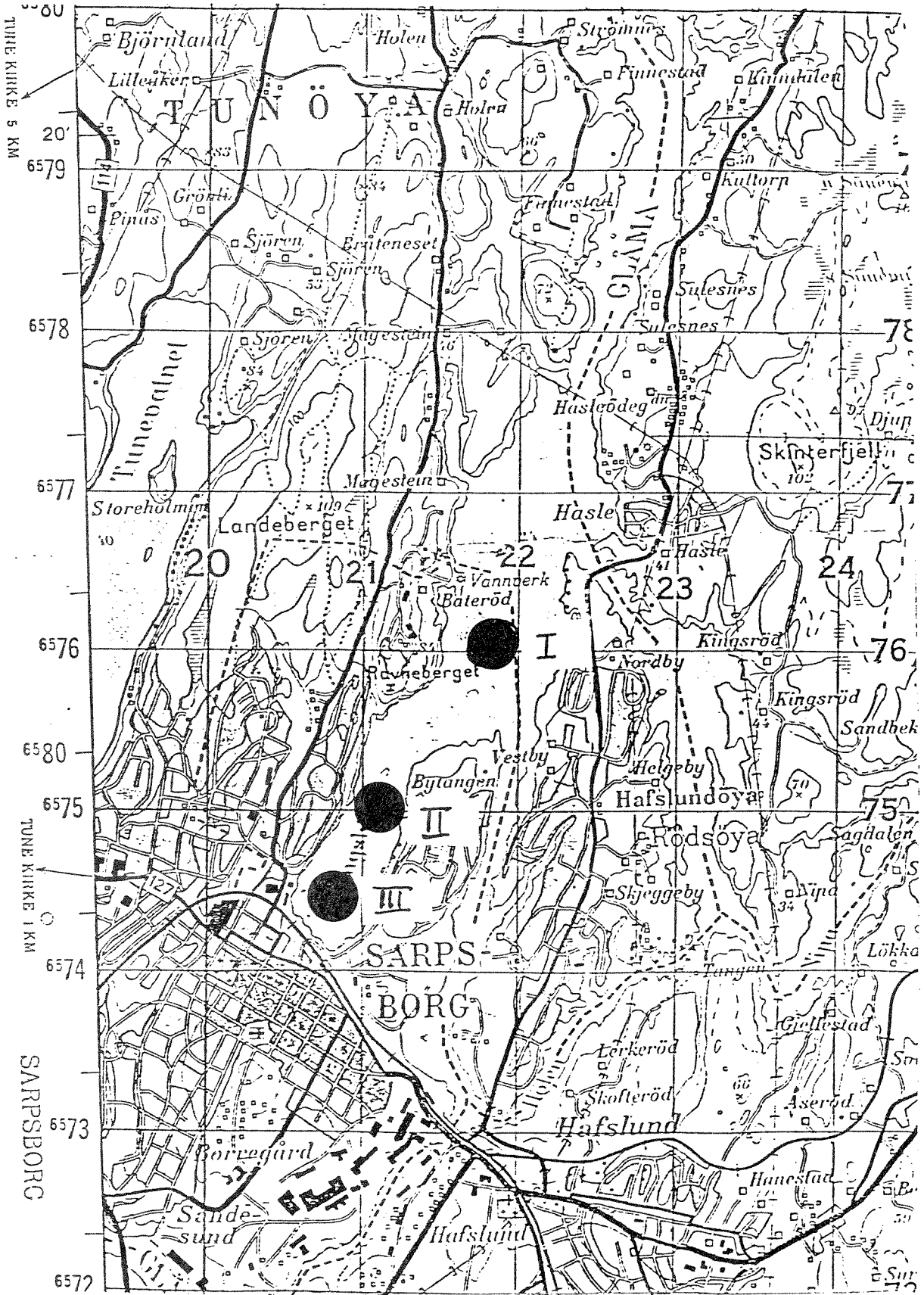


Fig. 2. Stasjonskart - sedimenter fra Glengshølen.

Tabell 1. Visuell beskrivelse av sedimenter tatt i april 1986.

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjerneleengde (cm)	Beskrivelse
KT1	17.5	17	Sort mudder (10 cm) øverst over lys leire. Sannsynlighet for noe tap av topplag pga. komplisert prøvetaking i sterk strøm. Sterk lukt av H ₂ S. Tydelig fiberpåvirket.
KT2	17.7	18	Sandig sediment med brunt flokkulert topplag. Svært forskjellig fra KT1.
KT3	19	13	Leirig sediment med brunt, okergult lag på toppen. Bioturbert.
KT4	15.5	18	Mørk leire med okergult lag på toppen. Grovere materiale nede i kjernen. Mye børstemark.
KT5	-	16	Tatt like oppstrøms Kronos Titans kai. Sandig sediment. Beksort nederst (pga. FeS?). Brunt på toppen.
KT6	10	13	Leirig sediment med brun topp. Bioturbert (brune rørganger). Ikke H ₂ S-lukt.
KT7	45	53	Sort mudder. Brunt topplag. Mye "fecal pellets". Det sorte laget var 37 cm tykt.
KT8	34	30	Leirig sediment med brun topp. Kraftig bioturbert.
KT9	59	54	1.5 cm brungult topplag over fin leire. Ekstremt sort

Tabell 1 (forts.)

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
KT10	59	66	Kraftig brunfarge i toppen. Børstemarkrør. Meget forskjellig fra de andre stasjonene (ikke sort).
KT11	46	48	Likt KT10 av utseende.

Tabell 2. Visuell beskrivelse av sedimenter tatt i september og november 1986.

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
KT1	17.5	16	Leirig sediment med ca. 1 cm sort lag på toppen (noe kan være mistet under prøvetaking pga. sterk strøm).
KT2	18.5	10	Sandig leire med 5 cm H ₂ S-holdig materiale med mye fiber ² . Lukt av kloakk/septik. Gassutvikling i kjernen. (Kjernen ble fotografert).
KT3	19	11	Sort 3 cm topplag med innslag av brunt materiale helt øverst. Lys leire under. Det sorte laget var sandinnblandet. Ikke H ₂ S-lukt. (Kjernen ble fotografert).
KT4	15.5	20	Leirig sediment med innslag av stor stein. Brunt overflatelag. (Kjernen ble fotografert).
KT5	10	19	Sand ned til 14-15 cm. Brunt topplag. (Kjernen ble fotografert).
KTNU	7	23	Brunt overflatelag. Sort og meget løst under. Ikke H ₂ S-lukt. Tatt 50-200 m nord for Kronos Titan's utslipp.

Tabell 2 (forts.)

Stasjon	Vanddyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
KTSU	7	19	Ikke visuelt forskjellig fra KTNU. Tatt ca. 100m sør for Kronos Titan's utslipp.
KT6	10	-	Noen mm med brunt fnokk over meget mørk leire (kjernen ble fotografert).
KT7	48	75	Pga. meget løst sediment er det mulig at noe av de øverste cm av kjernen ikke ble tatt. Mørkt sediment.
KT8	35	27.5	Brun overflate. Leirig sediment. I motsetning til KT6 og KT7 var leira her brun i stedet for sort.
KT9	63	40	Litt problem med sklidning i topp- laget. Noe mørkere leire enn på KT8.
KT10	60	62	Kraftig utviklet brunfarve i toppen. En del børstemark.
KT11	47	46	Ikke visuelt forskjellig fra KT10.
St I	2	8.5	Grå-brunt lag (1-2 cm) på toppen. Sandig silt.
St II	2	12.5	1-1.5 cm grå-brunt topplag. Leire under.
St III	2	8	Som stasjon II.

Det som spesielt er å bemerke er at de to øverste stasjonene i Glomma er sterkt fiberpåvirket og at sedimentene inneholder H_2S . Dette antas å skyldes utslipp fra treforedlingsindustri. Ellers veksler bunn-

forholdene i Glomma sterkt pga. varierende topografi. Det betyr at sedimentene kan variere mellom organiskholdig mudder i forsenkningene til sand og grovt materiale i grunnere områder.

Et annet hovedtrekk er at sedimentene i området Alshus-Kjøkø er sortfarget uten at sedimentene lukter av H_2S . Dette ble også observert i 1978 (Næs, 1983). Dette kan skyldes at jernavfall fra Kronos Titan sedimenter som oksyd/hydroksyd, men blir redusert til jernmonosulfid (FeS) som er sterkt sortfarget. På grunn av overskudd av jern i sedimentene bindes alt hydrogensulfid som måtte dannes og fritt hydrogensulfid er ikke tilstede.

Hvis vi sammenligner sedimentene tatt i april og september er det nokså like forhold nedenfor Øra, mens prøver tatt ovenfor viser noe variasjon. Her kommer prøvetakingsproblemet inn som en forstyrrende faktor. Oksygeninnholdet i bunnvannet på de øverste tre stasjonene var betydelig lavere i september enn i april. Ellers ble det observert et mye tynnere lag av fiberholdig materiale (1 cm) på den øverste stasjonen i september enn i april (10 cm). Dette kan tyde på utspyling under vårflommen, selv om prøvetakingsproblemer kan være et usikkerhetsmoment.

4.2. Kvikksølv

Resultatene av kvikksølvanalysene av sedimenter innsamlet i april, september og november 1986 er vist i Tabell 3. Prøvene tatt i april og september er fra samme stasjon og representerer derfor sesongvariasjoner (før og etter flomperioder). I april varierte konsentrasjonen mellom <0.05 og $0.73 \mu g/g$ og i september mellom <0.05 og $0.60 \mu g/g$. Konsentrasjoner over $0.1 \mu g/g$ må betraktes som kontaminering. Dette innebærer at de fleste prøvene som ble analysert hadde et kvikksølvinnhold over det normale.

Variasjonene mellom vår og høst er mest utpreget på de øverste stasjonene i elva (KT1-KT4). Dette henger sammen med utspyling av finpartikulært materiale i flomperiodene i mai-juni. Dette er spesielt merkbart på den øverste stasjonen hvor konsentrasjonene ved 1-3 cm var ca. $0.6 \mu g/g$ i april og $< 0.05 \mu g/g$ i september. Lenger ute i selve Glomma-estualet (KT8-KT11) var det små forskjeller mellom vår og høst. Her var konsentrasjonene meget nært $0.5 \mu g/g$ eller ca. 10 ganger normalkonsentrasjonen. Det ble heller ikke påvist noen signifikante vertikale forskjeller i de øvre 3 cm som tyder på vesentlige endringer i kvikksølvbelastningen den senere tiden.

Tabell 3. Kvikksølv i sedimenter fra Glomma (nedenfor Sarpsfossen) tatt i april og september 1986 og ovenfor Sarpsfossen tatt i november 1986. ($\mu\text{g/g}$ eller ppm tørt sediment)

Stasjon nr.	Vanndyp (m)	Sed.dyp (cm) (cm)	Apr. Hg	Sept. Hg	Nov. Hg
KT1	17.5 (17.5) ¹	0-1	-	<0.05	-
		1-2	0.58	<0.05	-
		2-3	0.63	<0.05	-
KT2	17.7 (18.5)	0-1	0.73	0.30	-
		1-2	<0.05	0.44	-
		2-3	0.10	0.52	-
		3-4	-	0.26	-
		4-5	-	0.32	-
KT3	19 (19)	0-1	0.06	0.35	-
		1-2	<0.05	0.16	-
		2-3	<0.05	0.08	-
KT4	15.5 (15.5)	0-1	-	0.10	-
		1-2	0.32	0.28	-
		2-3	0.32	0.34	-
KT5	- (10)	0-1	0.24	0.15	-
		1-2	0.48	0.10	-
		2-3	0.36	0.14	-
KT6	10 (10)	0-1	0.32	0.43	-
		1-2	0.27	0.38	-
		2-3	0.16	0.28	-
KT7	45 (48)	0-1	0.47	0.30	-
		1-2	0.48	0.44	-
		2-3	0.50	0.42	-
KT8	34 (35)	0-1	0.48	0.40	-
		1-2	0.50	0.46	-
		2-3	0.52	0.60	-
KT9	59 (63)	0-1	0.40	0.30	-
		1-2	0.56	0.44	-
		2-3	0.62	0.54	-
KT10	59 (60)	0-1	0.60	0.50	-
		1-2	0.54	0.50	-
		2-3	0.54	0.50	-
KT11	46 (47)	0-1	0.50	0.40	-
		1-2	0.50	0.48	-
		2-3	0.50	0.48	-
KTSU	(7)	0-1	-	0.27	-
KTNU	(7)	0-1	-	0.37	-

Tabell 3, forts.

Stasjon nr.	Vann dyp (m)	Sed. dyp (cm)	Apr. Hg	Sept. Hg	Nov. Hg
St I	2	0-1	-	-	<0.05
		1-2	-	-	<0.05
		2-3	-	-	<0.06
St II	2	0-1	-	-	0.18 (0.18) ²
		1-2	-	-	0.18 (0.22)
		2-3	-	-	0.20 (0.26)
St III	2	0-1	-	-	0.30 (0.28)
		1-2	-	-	0.36 (0.30)
		2-3	-	-	0.36 (0.34)

¹Dybdeangivelsene i parentes gjelder prøver innsamlet i september.

²Konsentrasjonene i parentes gjelder analyser av parallelle kjerner.

Sammenlignet med målinger av kvikksølv i sedimentene i 1978 og 1981 (Næs, 1983) fra samme område lå nivåene den gang omtrent på det samme eller noe høyere. Også den gang ble det målt høyere kvikksølvverdier ute i sjøområdet enn oppe i elva. Det tyder på at kvikksølv tilføres Glomma i løst form eller i små partikler og at kontamineringen av bunnen først skjer ute i estuaret hvor vannbevegelsene er mindre.

Målinger av kvikksølv i sedimentprøver tatt ovenfor Sarpsfossen (Glengshølen) viste verdier mellom <0.05 og 0.36 µg/g. Stasjonen i selve hovedløpet til Glomma (st. I, Fig. 2) viste bakgrunnskonsentrasjoner av kvikksølv (~0.05 µg/g). Innover i Glengshølen var sedimentene leirige og dette området tjener tilsynelatende som oppsamlingssted for finpartikulært materiale som transporteres med Glomma. Kvikksølvkonsentrasjonene økte innover Glengshølen og skyldes sannsynligvis lokale tilførsler via vann eller luft. Kvikksølvforurensningen som skjer nedenfor Sarpsfossen må i hovedsak skyldes utslipp fra Borregaard fabrikker, som er den eneste større kvikksølvkilden i området.

På bakgrunn av disse resultatene kan det slås fast at utslippet av 600-800 kg kvikksølv til Glomma våren og sommeren 1985 ikke kan spores i sedimentene våren og høsten 1986 på strekningen Greåker - Kirkø. Dette indikerer følgende alternativer:

- (i) Mye av kvikksølvet som ble sluppet ut i 1985 ligger lagret i sedimentene på strekningen Sarpsborg - Greåker eller i området sør for Kirkø.

(ii) Kvikksølvet er fraktet ut i Hvaler-Skagerrak-området.

Kvikksølv betraktes, uansett tilstandsform, som et metall som lett bindes opp i bunnsedimenter. Med de store mengdene med partikulært materiale som befinner seg i Glomma-vann vil det være rimelig å anta at løst kvikksølv knyttet seg til partikler. Ifølge Borregaard fabrikker bestod det ekstraordinære utslippet av kvikksølv i 1985 av metallisk kvikksølv i vannløslig form og i form av svevepartikler.

5. LITTERATUR

Gavis, J. and Ferguson, J.F., 1972. The cycling of mercury through the environment. *Water Res.*, 6: 989-1008.

Lindqvist, O., Jerneløv, A., Johansson, K. & Rodhe, H., 1984. Mercury in the Swedish environment, Global and local sources. SNV pm 1816, 105 p.

Nedenes, O.S. & Biørnstad, R., 1983. Kvikksølvbelastningen i Norge. SFT-rapport nr. 49. 26 s.

Næs, K., 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapp. no. 170/84. NIVA 0-8000303, 103 s.

SINTEF, 1979. Materialstrømanalyse for kvikksølv. Rapport for Statens Forurensningstilsyn (utarbeidet av R. Romslo og T. Syversen), 49 s.

Stock, A., 1934. Über Verdampfung, Löslichkeit und Oxidation des metallischen Quecksilbers. *Z. Anorg. Chem.*, 217: 241.