



O-90125

Fiberavsetninger i
Storelva

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-90125
Undernummer:
Løpe nummer: 2529
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Fiberavsetningen i Storelva	Dato: desember 1990
Forfatter (e): Sigurd Rognerud	Prosjektnummer:
	Faggruppe: limnologi
	Geografisk område: Ringerike
	Antall sider (inkl. bilag): 24

Oppdragsgiver: Ringerike kommune og Follum fabrikker	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Hovedproblemet med fiberavsetningene i Storelva er at "fiberkaker" løsner fra bunnen, som følge av gassovermetning, og driver til lands hvor de ligger og råtner. Det er rimelig å anta at fiberbankenes omfang er redusert siden 1978 da renseanlegget for fiber ble tatt i bruk ved Follum fabrikker. Selv med reduserte utslipp må en regne med at råtnende fiberkaker fra eldre avsetninger kan bli et problem i flere år framover. Mengden "fiberbanker" er beregnet til ca 50.000m³. Målt som tørrvekt er ca 2000 tonn av dette organiske avsetninger, vesentlig trefibre. Kvikksølvkonsentrasjoner i fiberbankene var lav og de er ikke noe miljøproblem i Storelva i dag.

4 emneord, norske:

1. Resipientundersøkelse
2. Treforedlingsindustri
3. Trefiberavsetninger
4. Kvikksølv-forurensning

4 emneord, engelske:

1. Recipient surveillance
2. Paper mill factory
3. Fibre deposits
4. Mercury-pollution

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1844-0

F O R O R D

Denne undersøkelsen er utført etter oppdrag fra Ringerike kommune og Follum fabrikker. Kontaktpersoner har vært henholdsvis Knut A. Nilsen og Inge O. Nergård. I samsvar med kontrakten av 2/5-90 ble feltarbeidet gjort ved lavvannføring i slutten av juni 1990. Rapporten er en sluttrapport og handler om fiberavsetningen i Storelva. Arbeidet er utført av Sigurd Rognerud, Jarl Eivind Løvik og Gøsta Kjellberg ved NIVA's Østlandsavdeling.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

1. Innledning	1
2. Materiale og metoder	2
3. Resultater	3
3.1. Beskrivelser av elvas bunnforhold	3
3.2. Mengden av trefiberavsetninger i Storelva	7
3.3. Tidsutvikling i fiberutslipp og fiberbankenes omfang	9
3.4. Analyser av elvedeponer	15
3.4.1. Dagens situasjon	15
3.4.2. Diskusjon omkring kvikksølvmengder i Storelva og Tyrifjorden	17
4. Konklusjon	20
Litteraturliste	21

1. Innledning

Etter ønske fra Ringerike kommune foretok NIVA en befarings langs deler av Storelva den 23. august 1989. Bakgrunnen var klager fra lokalbefolkningen på vannkvaliteten i elvas nedre deler. I brev til kommunen datert 31/8-89 gir NIVA en oppsummering av inntrykkene fra befarings. Det ble konstatert at Storelva stedvis hadde betydelige fiberavsetninger forårsaket av lang tids utslipp fra treforedlingsindustrien. På grunn av gassutvikling i sedimentet hadde "fiberavsetninger" løsnet, steget opp til overflaten og drevet til lands hvor de lå og råtnet. I brev av 24/10-89 ber Ringerike kommune NIVA om et prosjektutkast der målsetningen skal være å registrere omfanget av Storelvas fiberavsetninger og deres innhold av kvikksølv. Kvikksølvforurensningen skyldes at fenylkvikksølvacetat ble brukt som slimbekjempingsmiddel av treforedlingsindustrien i perioden 1950 til 1970. I denne sammenheng er Follum fabrikkers tilførsler til resipienten anslått til 0,6 - 1,2 tonn kvikksølv for perioden 1957-1968. I tillegg kommer utslippene fra Viul tresliperi som kan ha vært av samme størrelse (Skogheim et.al.1981). Etter et møte mellom representater fra Ringerike kommune, Follum fabrikk og NIVA ble prosjektforslaget datert 2/5-90 godkjent og kontraktfestet 18/5-90. Undersøkelsen finansieres av Ringerike kommune og Follum fabrikk med like andeler.

2. Materiale og metoder

Det ble samlet inn 63 sedimentprøver fordelt på 5 prøver i Begna oppstrøms Follum fabrikker, 5 prøver fra Randselva ved utløp Randsfjorden, 44 prøver i Storelva fra Follum til utløpet i Tyrifjorden og 9 prøver i elvas "deltaområde" i Nordfjorden (fig.1). Feltarbeidet ble gjennomført i slutten av juni da vannstanden var relativt lav og temperaturen i elva såvidt høg at gassbobling var til hjelp ved identifiseringen av fiberbankene.

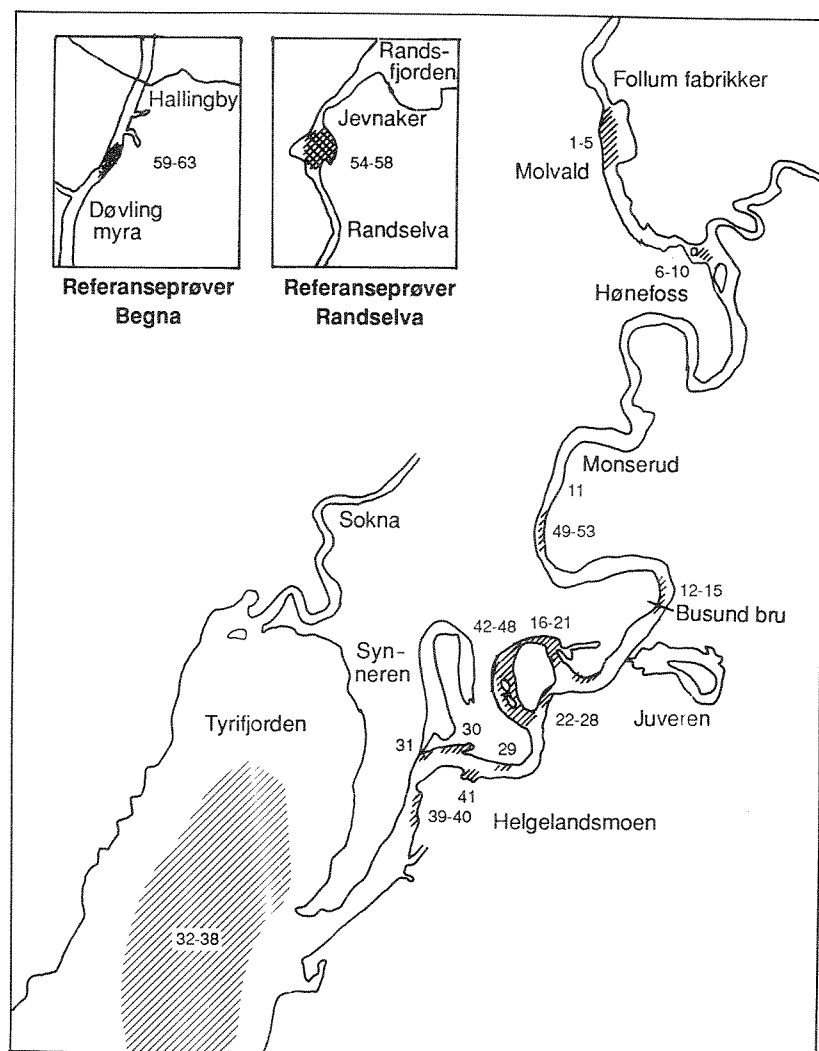


Fig.1 Prøvestasjoner for kvikksølvanalyser, fiberanalyser og glødetapsmålinger, juni 1990.

Det ble samlet inn prøver for kvikksølvanalyser, glødetapsanalyser og fiberanalyser i de fiberområdene som ble registrert. Fiberanalysene ble gjort på Follum fabrikkers laboratorium, de andre analysene ved NIVA's laboratorium etter Norsk Standard.

Elvebunnen ble undersøkt med sedimenthenter, Ekman-grabb og ekkolodd. Det ble tatt flere hundre registreringer ved kartleggingen av bunnforholdene.

3. Resultater

3.1. Beskrivelser av elvas bunnforhold.

Sedimentene i elver er i hovedsak uorganiske. De er utsatt for en stadig omgruppering og forandring som følge av vannmassenes påvirkning. Det er bare i dype deler, "innersvinger", viker eller i bakevjer at strømhastigheten kan bli så lav at de lette vannholdige organiske partiklene kan sedimentere. Referanseprøvene ble tatt i Begna (ved Hallingby) og i Randselva (Jevnaker) fra to dype holer (12m og 20m). Likevel utgjorde det organiske innholdet mindre enn 5%. Elvededimenter kan i enkelte tilfeller være representative for geokjemien i nedbørfeltet. Det har imidlertid vist seg at hoveddelen av slike elvededimenter ofte kan være dominert av få og arealmessig ubetydelige kildeområder langs elveløpet (Ottesen et.al. 1989). Sedimentene på referansestasjonene vil i hovedsak være preget av erosjonskilder nedstrøms henholdsvis Sperillen og Randsfjorden. I Storelva (Begna nedstrøms Hønefoss) vil sedimentene antagelig være preget av betydelige lokale erosjonskilder på strekning Hønefoss - Busund bru.

Når Begna passerer Follum fabrikk har den over flere årtier fått tilført blant annet trefibre som et resultat av treforedlingsvirksomheten. Tidligere var Viul tresliperi i Randselva en tilsvarende kilde, men denne virksomheten er nedlagt. Ved befaringen i juni 1990 var transporten av suspenderte lettflytende partikler iøyenfallende helt fra Follum og ned til Tyrifjorden.

Ved hjelp av sedimenthenter ble tverrsnitt av elveløpet undersøkt systematisk fra Follum og ned til utløpet i Tyrifjorden. Det ble registrert definerte fiberavsetninger i enkelte deler av Molvald og nedstrøms Hønefossen (fig.2). Avsetningene var opptil 30 cm tykke, men var enkelte steder overdekket av uorganisk materiale. I de delene av elveløpet der hovedstrømmen gikk var det ikke fiberavsetninger av betydning. Strømhastigheten fra Hønefoss og ned til renseanlegget ved Monserud var stor nok til at det ikke var avsatt fiberbanker av betydning. Sedimentet besto i hovedsak av grov grus og småstein og mellom disse var det noe fiber som hadde festet seg.

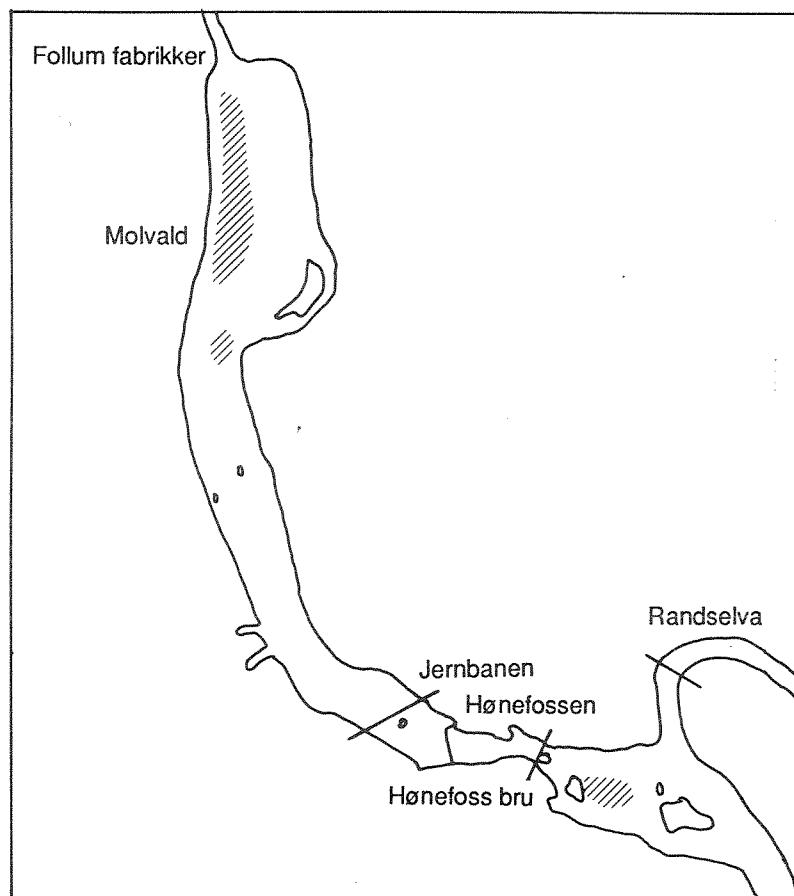


Fig.2 Fiberavsetninger (skravert) i Begna på strekningen Follum fabrikker - samløp Randselva.

På avsnittet fra renseanlegget og ned til Busund bru registrerte vi 2 definerte fiberbanker (fig.3). Begge avsetningene fantes i "innersvingen" av elva hvor den var relativt dyp og det ble dannet bakevjer. I "yttersvingen" og på "rettstrekninger" utenfor Slepa var strømhastigheten for høy til at fibrene ble avsatt. Innimellom steiner fantes det likevel trefibre, men mengden var beskjedne. Fiberavsetningen ved Monserud var opptil ca 30 cm tykk, men de største områdene var mindre enn 10 cm. Avsetningen ved Busund bru (innersving+bakevje) var opptil 70 cm og strakk seg ut mot midten av elva. En betydelig gassbobling, der enkelte fiberkaker fløt opp og drev med strømmen, røpet denne fiberbankens omfang. Avsetningene nedstrøms renseanlegget var fiberavsetninger og det kunne ikke identifiseres organiske avsetninger med bakgrunn i renseanlegget.

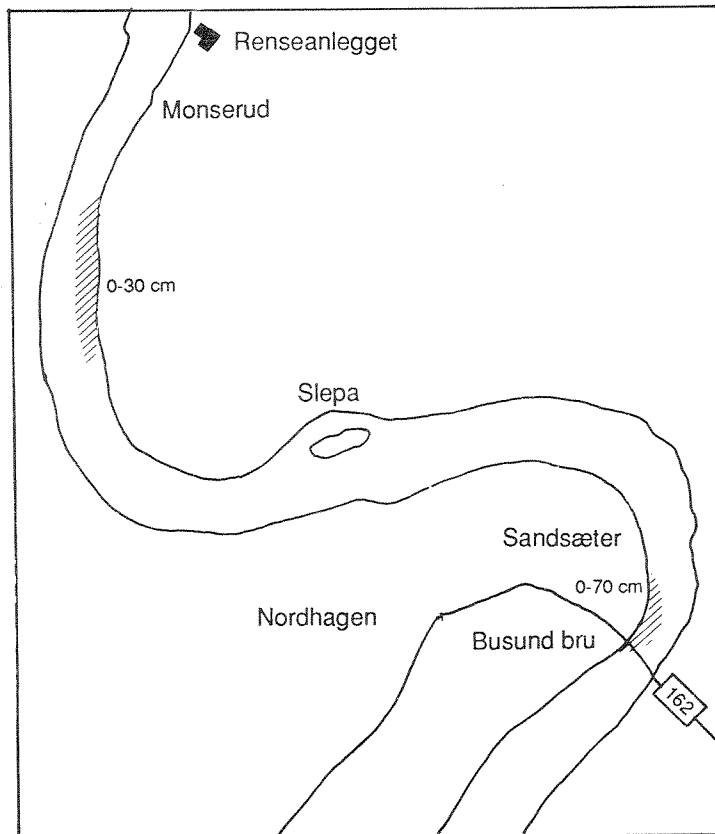


Fig.3 Fiberavsetninger i Storelva, avsnitt Monserud - Busund. Avsetningenes mektighet er antydnet.

Den neste fiberbanken ble registrert nedenfor Busund gård i "innersvingen" (fig.4). Mektigheten på avsetningen var opptil 40 cm, men den hadde et lite arealmessig omfang.

Det vestre elveløpet rundt Froksøya hadde tildels betydelige fiberavsetninger og var det største avsetningsområdet som ble registrert i Storelva. I store deler av "innersvingen" var avsetningens mektighet opptil 30 cm, mens de på tangen ved samløpet mellom østre og vestre elveløp var opptil 2 m (fig.4). Det var også en liten fiberbanke i det østre løpet (fig.4).

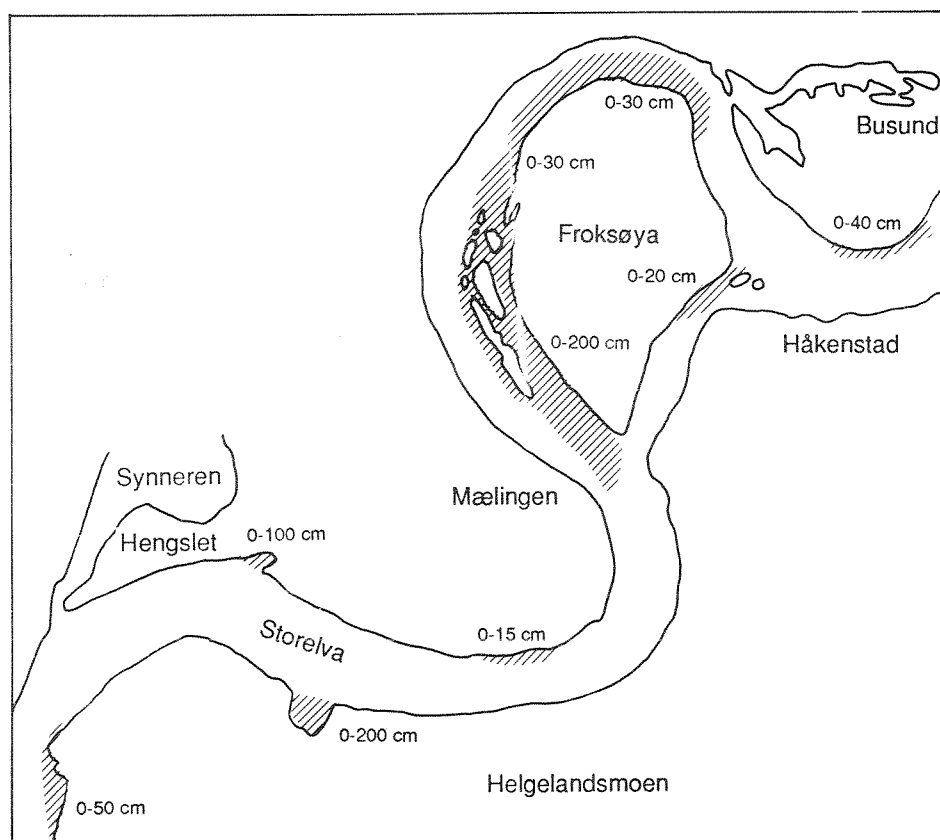


Fig.4 Fiberavsetninger i Storelva avsnittet Froksøya - Helgelandsmoen. Avsetningenes mektighet er antydnet.

Det siste avsnittet med fiberavsetninger var mellom Mælingen og "innersvingen" vest for Helgelandsmoen (fig.4). Tykke avsetninger ble registrert i enkelte viker og i "innersvingen" av elva, men de hadde ikke arealmessig stor betydning. Fra dette området og ned til utløpet i Tyrifjorden besto elvebunnen i hovedsak av sand med ubetydelig fiberrester. Synneren ble ikke undersøkt.

I Tyrifjorden finnes fiberavsetninger i dypsedimentene over hele fjorden (Skogheim et.al. 1981). De største avsetningene finnes likevel i Nordfjorden. Enkelte stikkprøver viste at fibersjiktet har stor mektighet og dekker store arealer. Det bør være en prioritert oppgave i miljøvernarbeidet å registrere omfanget og mektigheten av disse fiberavsetningene i Nordfjorden slik at en tidsmessig utvikling kan klarlegges. Det synes klart at det meste av trefiberutslippene er ført med elva ut i Tyrifjorden hvor mye er avsatt i sedimentene.

3.2 Mengden av trefiberavsetninger i Storelva.

En beregning av omfanget av trefiberavsetninger i Storelva må nødvendigvis bli temmelig usikker. De arealmessige avgrensningene kan være vanskelige å fastslå nøye i ei elv der båt må brukes som utgangspunkt for registreringene. På bakgrunn av feltregistreringene har vi likevel beregnet at arealet med fiberavsetninger av betydning totalt sett utgjør ca 0,25 km².

Mektigheten på fiberbankene varierte fra 0-200 cm, men med hyppigste registreringer i området 10-20 cm. Vi har valgt 20 cm som et gjennomsnitt for det arealet av fiberbanker som vi har registrert. På bakgrunn av dette kan derfor mengden av fiberholdige masser i Storelva nedstrøms Follum anslås til:

$$250.000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 50.000 \text{ m}^3$$

Det kan være vanskelig å finne en representativ gjennomsnittstykkelse for de ulike fiberavsetningene. En årsak til dette er at gassutvikling i sedimentene har ført til at "fiberkaker" i årenes løp har løsnet og er transportert bort. Dette sammen med

skiftende strømningsforhold gjør at fibermassenes mektighet kan variere betydelig over korte strekninger. Med andre ord "fiberbankenes landskap" er temmelig kupert.

Analysene av fiberbankene viste at vanninnholdet var høgt og varierte relativt lite. I beregningene ble 88% vanninnhold brukt da dette var middelveidien av 55 prøver fra fiberlag.

Med et såvidt høgt vanninnhold kan egenvekten anslås til 1,1 g/cm³ (Håkanson & Jansson 1983). Dette innebærer at vekten av "fiberbankene" kan estimeres til ca 55.000 tonn. Av dette er 12% tørrstoff slik at den totale vekt av fiberbankene målt som tørrvekt blir:

$$55.000 \text{ tonn} \times 0.12 = 6600 \text{ tonn}$$

Av denne mengden er ca 30% organisk materiale d.v.s. at:

$$6600 \text{ tonn} \times 0.3 = 1980 \text{ tonn organisk materiale}$$

En sammenfatning av beregningene er vist i tab.1.

Tab.1 Totalvolum og vekt for de samlede fiberbanker i Storelva fra Follum til Tyrifjorden.

Volum m ³	Våtvekt tonn	Tørrvekt tonn	Tørrvekt uorganisk tonn	Tørrvekt organisk tonn
50000	55000	6600	4620	1980

Ut fra mikroskopiundersøkelser (kap.3.3) er det rimelig å anta at hoveddelen av disse organiske avsetningene er trefibre.

Vi vil gjøre oppmerksom på at selv om bare ca 30% av vekten er organisk materiale, vesentlig trefibre, så utgjør de volummessige (visuelt) en dominerende del av prøven. Dette fordi egenvekten av uorganisk materiale er 2,5 gang høyere enn organisk materiale.

Fibermengdene ute i Tyrifjordens sedimenter er imidlertid betydelig større. Omfanget av disse og beregninger av mengder burde være et neste skritt i miljøvernarbeidet. Dette for tidsmessig å kunne følge med hva som skjer med disse avsetningene og avgjøre i hvilken grad de vil representere et miljøproblem i framtiden.

3.3. Tidsutvikling i fiberutslipp og fiberbankenes omfang.

Follum fabrikker produserer mekanisk fibermasse etter to prosesser (I.O.Nergård pers.medd.)

- slipmasse som framstilles ved at tømmerstokken slipes på slipesteiner. Dette gir noe kortere fiber enn den andre prosessen (TMP). Produksjonen av slipmasse i 1989 var ca. 50.000 tonn.
- Termomekanisk masse (TMP) fremstilles av flis i raffinører. Raffinørene består av roterende skiver av stål som drives av kraftige elektromotorer. Produksjonen i 1989 var 260.000 tonn. Denne produksjonen gir lengre fibre enn i slipmassen.

Prosessvannet gikk urensset ut i Begna fram til sommeren 1978 da det ble tatt i bruk et renseanlegg for trefibre. Utslippet av trefibre (målt som suspendert materiale), like før renseanlegget ble tatt i bruk, er anslått til ca 15 tonn/døgn (I.O.Nergård pers.medd.).

På bakgrunn av produksjonstall ble utslippsmengdene i 1963 beregnet til ca 20 tonn/døgn, men en antok at dette estimatet var noe for høgt (NIVA 1965). I 1989 oppgir Follum fabrikker sine utslipp til ca 8 tonn/døgn og at de etter påske 1990 er ytterligere redusert til ca 5 tonn/døgn.

Med andre ord ble utslippene i 1960- og 70 årene på ca 15 tonn pr. døgn redusert til ca halvparten da renseanlegget ble tatt i bruk i 1978 og ytterligere til en tredel i 1990 som følge av interne tiltak i bedriften.

I forbindelse med Tyriåfjordundersøkelsen i 1978-81 ble det analysert på partikulært materiale på flere stasjoner i Begna, Randselva og Storelva. Dette var utenfor prosjektets ramme og analysene ble gjort av personlig interesse ved Telemark Distriktshøgskoles laboratorium (Rogenrud upubl.data). Resultatene antyder en reduksjon i konsentrasjonene fra ca 4 mg/l til

ca 2 mg/l sommeren 1978 (fig.5). Denne utviklingen stemmer godt overens med bedriftens opplysninger om reduksjoner i utslippene.

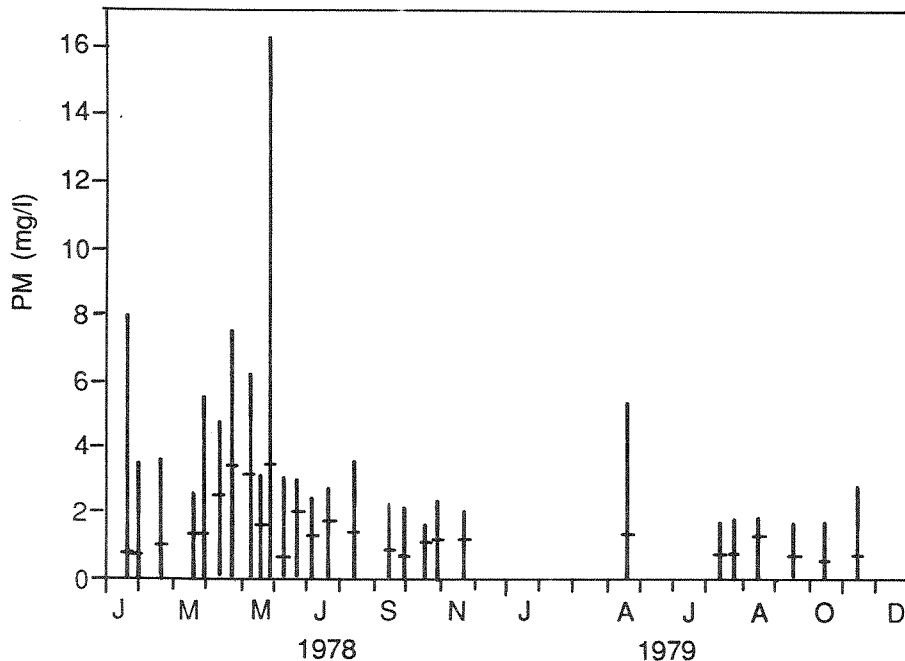


Fig.5 Konsentrasjonen av partikulært materiale (susp.mat.) i Begna ved Hønefoss og ved Høn (tverrstrek. på Søyla) i 1978 og 1979 (Rognerud upubl.mat.).

Fig.6-9 viser mikroskopbilder av prøver fra fiberbanker på 4 stasjoner. Trefibre var et dominerende innslag. Ved feltarbeidet virket det som om fibrene i øvre del av elva (Molvald) var ferskere, mens fiberavsetningene i nedre deler var mer nedbrutte og hadde en mer seig/deigaktig konsistens. Dette inntrykket støttes også av bildene som viser fersk termomekanisk masse og høgt organisk innhold ved Molvald, mens fibrene lenger ned i elveløpet virker eldre og mer nedbrutt. Eventuelle utslipp fra renseanlegget kan ikke spores i fiberbankene.

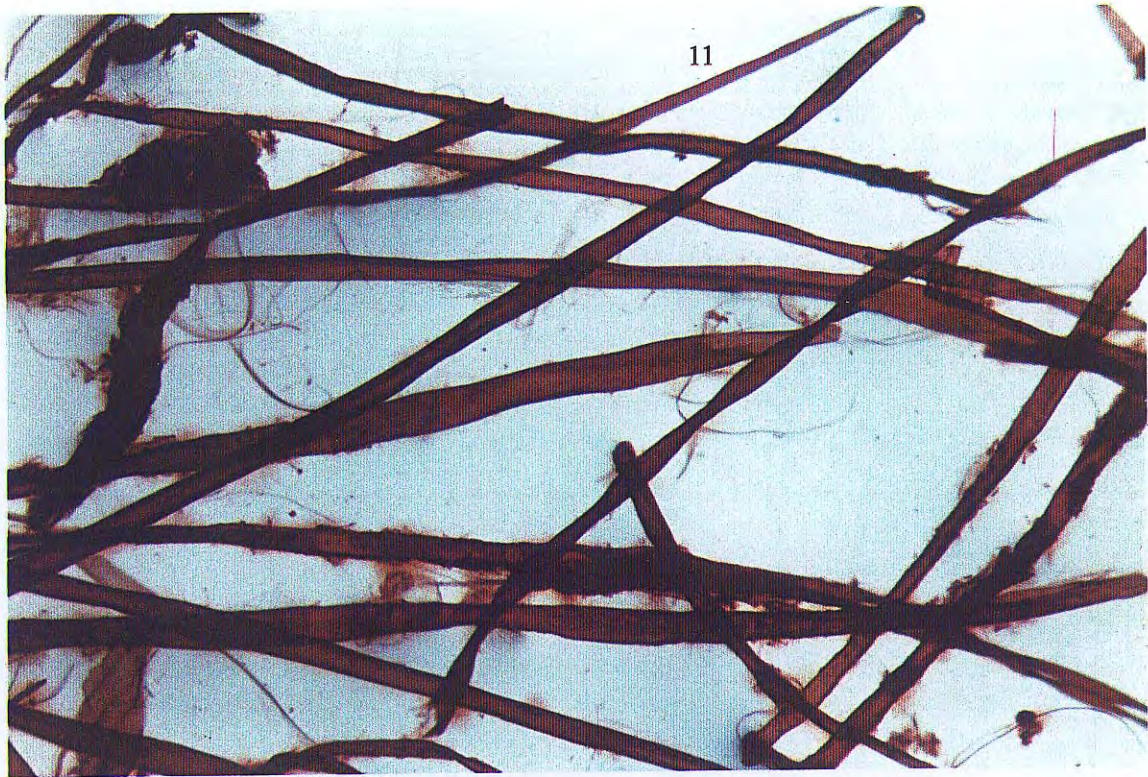


Fig. 6 Begna ved Mollvald (st. 4). Bildet viser mye termomekanisk masse som er relativt fersk. (Glødetap 76%). 50 x forstørrelse.

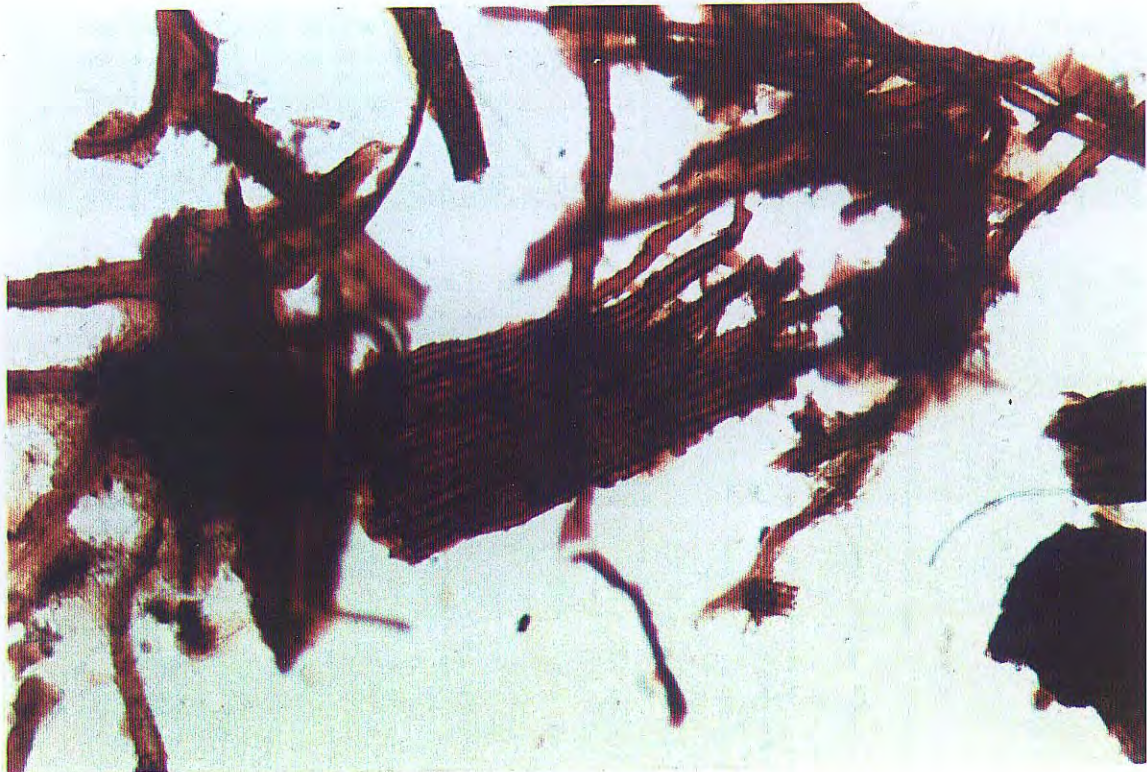


Fig. 7 Storelva ved Froksøya (st. 28). Mye trefiber (Glødetap 40%). 50 x forstørrelse.



Fig. 8 Vika ved Helgelandsmoen (st. 41). Bildet viser mye tremasse både termomekanisk (Tmp) og slip (kortere fibre). 50 x forstørrelse.



Fig. 9 Tyrifjorden (st. 33) 0-5 cm sjiktet med glødetap 26%. Bilde viser mye fiber både ferske og mer nedbrutte. 50 x forstørrelse.

Tidligere var det betydelige fiberavsetninger langs elva fra Follum fabrikker og ned til Tyrifjorden (NIVA 1965). Figur 10 viser situasjonene på strekningen Molvald-Hønefoss i 1963 og fig.11 og 12 viser trefibre i ei ruse som har stått i Storelva ved Slepa i 1938. Basert på eldre bildemateriell og opplysninger fra lokalt hold er det klart at fiberavsetningene hadde langt større omfang og mektighet før 1978 enn i dag. Det er rimelig å anta at fiberbankene i elva er betydelig redusert som følge av reduksjonen i utslipp av trefibre. Med unntak av enkelte beskytta vikar og avsnøringer vil antagelig mektigheten av de eldre fiberavsetningene fortsatt reduseres. Hvor raskt dette skjer avhenger av graden av utspyling ved flom, transporten av "fiberkaker" fra avsetningene opp i hovedstrømmen og tilførslen av nye fibre. Ved å gjenta registreringen av sedimentet etter eksempelvis 5 år vil en kunne få et inntrykk av utviklingen av fiberbankenes omfang.

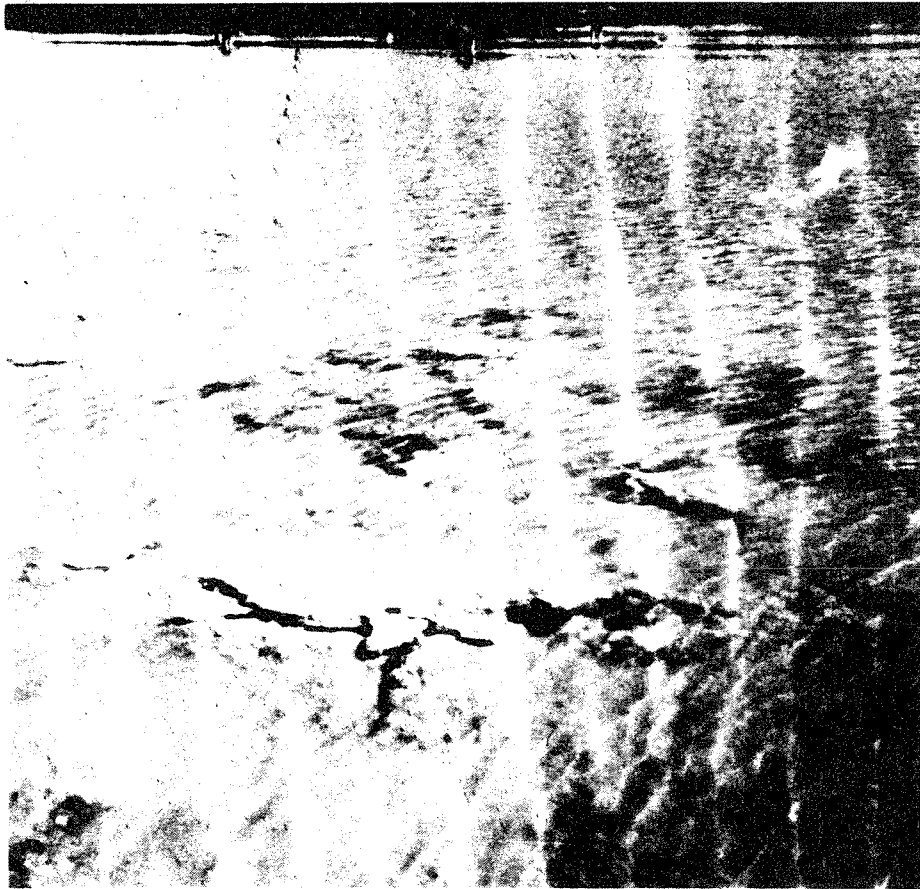


Fig.10 Belegget på bunnen av Ådalselva ovenfor Hønefoss er sammensatt av fiber, barkrester, heterotrofe organismer og uorganisk materiale. Etter hvert som forråtnelsesprosesser med gassdannelse foregår under laget, vil dette bule opp og til slutt briste (Fra NIVA 1965).



Fig.11 Ruse som har stått i Storelva ved Slepa (1938). Fra NIVA (1965).

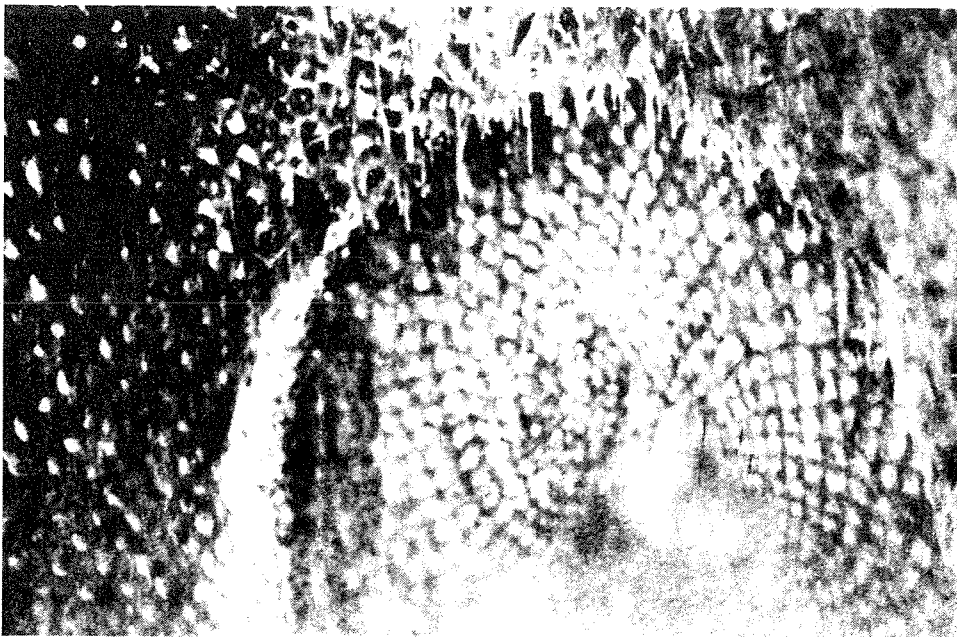


Fig.12 Samme ruse sett fra åpningen. Fnokktransporten i ellevannet har forårsaket en tilstopning av maskeåpningene (1938). Fra NIVA (1965).

3.4 Analyser av elvesedimenter

3.4.1 Dagens situasjon

Naturlige elvesedimenter har oftest lavt innhold av organisk materiale. Den lave egenvekten og det høge vanninnholdet gjør at organisk materiale oftest føres med vannstrømmen sjøl ved lave strømhastigheter. Analysene fra referanseområdene oppstrøms treforedlingsindustrien i Begna og Randselva er gitt i tab.1.

Tab.1 Konsentrasjoner av kvikksølv (Hg) målt som ng pr.gram tørrvekt og prosentvis andel av organisk materiale (GT) i elvesedimenter juni 1990.

		Parallellprøver					Middelverdi
Begna	Hg	20	30	20	10	30	22
v/Hallingby	GT	3.0	3.6	4.0	2.9	7.5	4.2
Randselva	Hg	20	60	10	70	20	36
v/Jevnaker	GT	1.7	7.7	1.5	6.3	4.4	4.3

Disse prøvene er tatt fra dype "høler" i begge elvene henholdsvis 12 m i Begna og 20 m i Randselva der sjansen for akkumulering av organisk materiale er stor. Likevel var innholdet av organisk materiale lavt. Konsentrasjonene av kvikksølv var også svært lave og de var på samme nivå som i referansesedimentene i Sperillen og Randsfjorden (Rognerud & Fjeld 1990). Dette viser at referanseprøvene ikke er påvirket av kvikksølvforurensninger, men i hovedsak gjenspeiler geokjemien i de aktive erosjonskildene langs elveløpet. Da sedimentene i Begna, Randselva og Storelva fra naturens side er uorganiske så vil eventuelle organiske avsetninger nedstrøms treforedlingsindustrien i hovedsak være trefibre. Ved prøvetakningen var det klare avgrensninger mellom trefiberavsetninger og grus/sand sedimenter. De trefibrene som i årenes løp er sluppet ut i elva var i utgangspunktet nær 100% organiske. Dersom de ble avsatt i fiberbanker langs elva, så vil sand og grus med tiden også blandes inn i fiberbankene. Dette

gjør at fiberbankene i Storelva i dag har et organisk innhold på 20-50%. Slik som tidligere nevnt er det rimelig å anta at det kan være ulike "kilder" som danner de uorganiske sedimentene i Storelva og på referansestasjonene i Begna og Randselva. Enkelte stikkprøver viste imidlertid at kvikksølvinnholdet i de uorganiske sedimenter i Storelva var nær målingene på referansestasjonene.

Organisk innhold måles som glødetapsverdier (GT). Høge GT-verdier viser høgt innhold av organisk materiale. Kvikksølv adsorberes lett til organisk materiale. I sedimenter observeres det derfor ofte en økt konsentrasjon av kvikksølv med økende andel organisk materiale også i naturlige uforurensede systemer. Dette gjelder imidlertid i hovedsak for glødetapsverdier i området 0-15% og forholdet forklares med en økt adsorpsjonskapasitet (Rognerud & Fjeld 1990). Det er derfor rimelig å anta at fiberavsetningene i Storelva også ville ha hatt noe høyere konsentrasjoner enn de uorganiske referanseverdiene sjøl om de ved utslippstidspunktet hadde vært kvikksølvfrie.

Sammenhengen mellom kvikksølvkonsentrasjoner og glødetapsverdier for hele undersøkelsen er vist i fig.13. Det er hovedsakelig tre forhold vi skal merke oss i denne figuren.

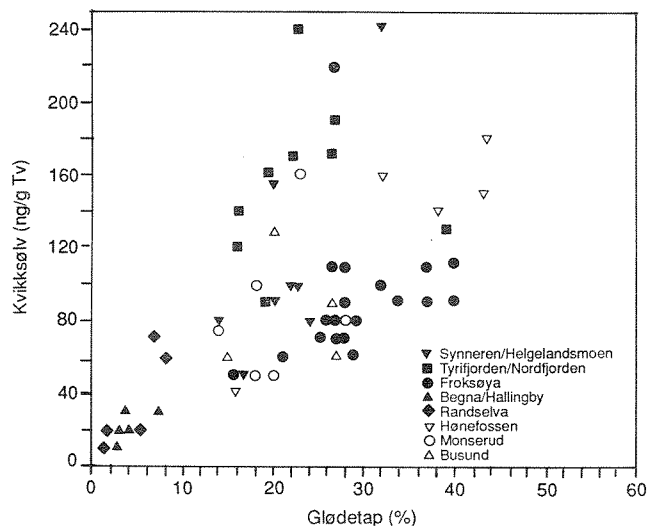


Fig.13 Sammenhengen mellom kvikksølvkonsentrasjoner og glødetapsverdier i sedimenter fra Begna, Randselva, Storelva og Tyrifjorden (Nordfjorden), juni 1990.

1. Det er en rimelig god sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjonener og glødetapsverdier i elved sedimentene. En dobling av glødetapsverdiene fører grovt sett til en dobling av kvikksølvkonsentrasjonene. Dette forholdet skyldes en kombinasjon av økt adsorpsjonskapasitet og redusert innhold av uorganisk materiale med lavt kvikksølvinnhold når glødetapsverdiene øker.
2. Kvikksølvkonsentrasjonene i fibersedimentene utenfor Storelva's munning i Nordfjorden (Tyrifjorden) var gjennomgående høyere enn i fibersedimentene i Storelva ved sammenlignbare glødetapsverdier.
3. Naturlige bakgrunnsverdier er vanskelig å estimere. Studier av sedimenter i skogsjøer i Ringerike som er avsatt i før-industrielle perioder med glødetapsverdier i området 20-30% viser verdier på ca 50 ng/gTV (Rognerud & Fjeld 1990). Dersom vi tar utgangspunkt i denne bakgrunnsverdien ser vi at fibersedimentene i Storelva har noe høyere kvikksølvverdier enn "før-industrielle" bakgrunnsverdier. De atmosfæriske deponeringene av kvikksølv har imidlertid økt fram til i dag. Dette gjør at en kan forvente en konsentrasjon i organiske sedimenter som er noe høyere enn 50 ng/g TV sjøl uten utslipp av kvikksølv til vannfasen.

3.4.2. Beregninger av kvikksølvmengder i Storelva.

Kvikksølv i Tyrifjorden er tidligere diskutert av Skogheim et al. (1981). Studier av sedimentkjerner fra de dypeste områdene viste at kvikksølvforurensningen startet rundt 1950. Dette ble satt i sammenheng med treforedlingsindustriens (Follum og Viul fabrikker) bruk av fenylkvikksølvacetat som slimbekjempingsmiddel i perioden 1950 til 1970. Det ble beregnet at $2 \pm 0,7$ tonn kvikksølv var lagret i Tyrifjordens sedimenter og at hoveddelen av dette skyldtes treforedlingsindustriens utslipp av kvikksølvkontaminerte trefibre. Disse beregningene stemte godt overens

med Follum fabrikkers egne estimater for utslipp til Storelva fra Follum og Viul (Skogheim et al.1981).

Middelverdiene av kvikksølv i de kontaminerte soner av sedimentet fra dypområdene viste verdier i området 1000-2000 ng/gTV og glødetapsverdier fra 30 til 50 %. Dette er verdier i samme størrelse som ble registrert i Mjøsas sedimenter som følge av utslipp fra Mesna kartongfabrikk i samme periode (Rognerud 1985).

Da disse avsetningene er avsatt på store dyp med lav temperatur, liten bioaktivitet og delvis overdekket av nyere sedimenter er det rimelig å anta at tapet av kvikksølv har vært moderat fra disse dypsedimentene siste 30 år. Det er derfor rimelig å anta at konsentrasjonen i fiberbankene avsatt i Storelva i perioden 1950-70 hadde konsentrasjoner på minst 2000 ± 1000 ng/gTV.

Hva er årsaken til at konsentrasjonene i disse bankene i dag er sunket til 80-200 ng/gTV ?

Det er antagelig to viktige forhold som kan forklare dette:

- a) Sedimentene i Storelva er i større eller mindre grad i konstant forandring og omgruppering spesielt i flomsituasjoner. Nye fiber kommer til og tidligere avsatte fiber kan føres ut med elva til Tyrifjorden. På denne måten kan eldre kvikksølvkontaminerte sedimenter skiftes ut eller innblandes med yngre "kvikksølvfrie" fibre. Gassutviklingen i fiberbankene som gjør at fiberkaker flyter opp og driver av med strømmen bidrar også til denne prosessen.
- b) De deponerte fenylkvikksølv-forbindelsene i fibre ne omdannes til metylkvikksølv av bakterier. Metyl-kvikksølv (mono + dimetylkvikksølv) adsorberes i liten grad til fibermaterialet og diffunderer ut i vannmassene. I fiberbankene skjer nedbrytningen anaerobt under dannelse av metan og hydrogenulfid. Denne gassdannelsen øker også diffusjonen av metylkvikksølv ved at fiberkaker løsrives fra bunnen (overmetning av metan) og driver med vannmassene.

Temperaturen i Storelva er høyere i sommerhalvåret enn i Tyrifjordens dypvannmasser. Dette gjør at slike bakterielle prosesser som metylerer kvikksølv, og bryter ned fiber, går betydelig raskere i elvas fiberbanker enn i innsjøen.

Det er derfor rimelig at denne "biologisk betingede tappingen" av fibermassenes kvikksølvinnhold sammen med innblanding av trefibre som ikke er kvikksølvkontaminerte samt uttransport av eldre fiber er årsaken til de lave kvikksølvkonsentrasjonene i Storelva.

Dersom vi tar utgangspunkt i at det finnes ca 6600 tonn fiberbanker i Storelva målt som tørrvekt og antar et midlere kvikksølvinnhold på 100 ng/gTV så finnes det:

$$6,6 \times 10^6 \text{ kg} \times 0,1 \text{ mg kvikksølv/kg} = 0,66 \text{ kg kvikksølv}$$

mellom Follum fabrikk og utløpet i Nordfjorden. Dette er helt ubetydelig verdier i forhold til de ca 2 tonn kvikksølv som ligger i Tyrifjordens sedimenter.

Dagens konsentrasjonsnivå i Storelva's fiberavsetninger er på samme nivå som overflatesedimenter i skogsjøer i regionen der atmosfæren er eneste forurensningskilde (Rognerud & Fjeld 1990). Det er derfor rimelig å anta at dagens kvikksølvmengder i Storelva i liten grad skyldes de gamle utslippene av kvikksølvkontaminerte fibre i periodene 1950-70.

Sedimentene i Nordfjorden var derimot noe preget av kvikksølvkontaminerte fibre. For ca 10 år siden ble konsentrasjonen i de øverste fem centimentene målt til 360 ± 130 ng/gTV (Skogheim et.al.1981). Dagens målinger viser 160 ± 50 ng/gTV. Dette kan indikere en reduksjon i konsentrasjonen siste 10 år, men vurderingen er basert på kun 4 kjerner i 1980 og 6 kjerner i 1990. Det må derfor gjøres flere målinger for å få et godt estimat på tidsutviklingen i avsetningenes kvikksølvkonsentrasjoner.

4. Konklusjon

Hovedproblemet med fiberavsetningene i Storelva er at "fiberkaker" løsner fra bunnen, spesielt i sommerperioden og driver inn til lands hvor de ligger å råtner. Denne prosessen skjer på grunn av metanovermetning i fibermassene og på sikt tapper den elva for trefiberavsetninger. Det er rimelig å anta et fiberbankenes omfang er redusert siden 1978 da Follum tok i bruk renseanlegget for fiber. Det kan se ut som denne reduksjonen pågår fortsatt da lite fersk fiber ble registrert i avsetningene i elva's nedre deler, men mye dannelse av fiberkaker fra eldre fiber. Follum vil ha et nytt renseanlegg i drift fra 1. september 1990 som skal redusere fiberutslippene ytterligere. Med tiden vil det innstilles en ny likevektsituasjon mellom de nye utslippsmengder og elva's evne til å ta unna fibre. Hva denne nye situasjonen vil bli og hvor lang tid det tar å tømme de gamle fiberavsetningene er umulig å si. Det er imidlertid rimelig å anta at problemer med fiberkaker vil fortsette i mange år fremover.

Kvikksølvinnholdet i Storelva's fibermasser er ikke et miljøproblem i dag. Dette skyldes at kvikksølv er "tappet" ved naturlige nedbrytningsprosesser i eldre kontaminerte fibermasser og utbytting/fortynning med nyere ukontaminerte trefibre. I Tyrifjorden's sedimenter finnes imidlertid hovedmengden av de kvikksølvkontaminerte trefibre som er holdt tilbake. På grunn av lav bioaktivitet og temperatur i Tyrifjorden's dypsedimenter vil eventuell reduksjon i kvikksølvinnholdet skje svært langsomt. Det er rimelig å anta at de "inaktiveres" ved at de overdekkes av nye sedimenter før de nedbrytes og kvikksølv føres tilbake til vannfasen.

L I T T E R A T U R L I S T E

- Håkanson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of lake sedimentology. Springer Verlag. 316s.
- NIVA, 1965. Undersøkelser av forurensningssituasjonen i Ådalselva, Randselva og Storelva 1963-64. NIVA-rapport O-348, 106s
- Ottesen, R.T. et.al. 1989. Overbank sediment: a representative sample medium for regional geochemical mapping. I. Geochem. Explor. 32, 257-77.
- Rognerud, S. 1985. Kvikksølv i Mjøsa's sedimenter. NIVA-rapport, 1710, 47s.
- Rogenrud, S. & Fjeld, E. 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. SFT-rapport i trykken, desember 1990.
- Skogheim, O.K. et.al. 1981. Kvikksølv i Tyrifjorden. Data og diskusjon. Tyrifjordundersøkelsen. Fagrapport nr.7. 80s.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1844-0