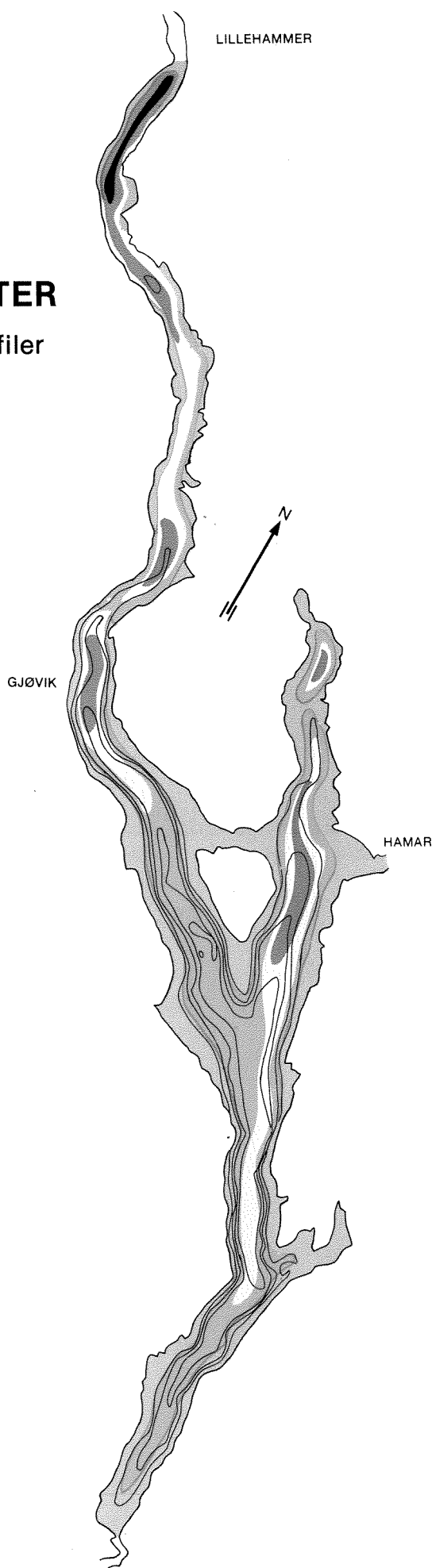


0-
82105

KVIKKSØLV I MJØSA'S SEDIMENTER

Arealfordeling og vertikalprofiler
av antropogent kvikksølv

Av Sigurd Rognerud

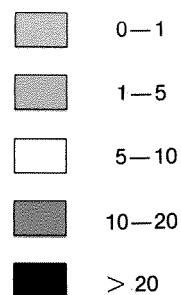


Målestokk

0 5 10 km

Ekvidistanse på dybdekoter er 100 m.

Antropogent kvikksølv:
mg pr. m²



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Rapportnummer: 0-82105
Undernummer:
Løpenummer: 1710
Begrenset distribusjon:

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportens tittel: Kvikksølv i Mjøsa's sedimenter Arealfordeling og vertikalprofiler av antropogent kvikksølv.	Dato: mars 1985
	Prosjektnummer: 0-82105
Forfatter (e): Sigurd Rognerud	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Hedmark/Oppland / Akershus
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Mjøsa's sedimenter er tilført ca 1,8 tonn antropogent kvikksølv, der hoveddelen er avsatt etter 1945 og med en toppbelastning i midten av 1960-årene. Ca halvparten stammer fra Lillehammerområdet, mens den resterende delen fordeles på Gjøvik og Hamar-regionen. Siden bruken av kvikksølv i treforedlingsindustrien ble forbudt i 1970 har belastningen gått noe ned, men må fortsatt betraktes som betydelig. Mjøsa's karakter som vindeksponert innsjø, med lang oppholdstid og høy bioaktivitet gjør at remobilisering av kvikksølv fra sedimentene vil foregå i lang tid fremover.

4 emneord, norske:	4 emneord, engelske:
1. Mjøsa, Hedmark/Oppland/ Akershus	1. Mjøsa, Hedmark/Oppland/Akershus
2. Kvikksølv i Mjøsa's sedimenter	2. Mercury in the sediments of Lake Mjøsa
3. Arealfordeling og vertikalprofiler	3. Area distribution and vertical profiles
4. Kildeanalyser	4. Analysis of sources

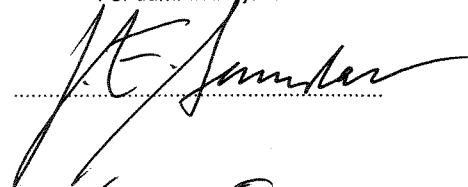
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:





ISBN 82-577-0894-1

KVIKKSØLV I MJØSA'S SEDIMENTER

Arealfordeling og vertikalprofiler av
antropogent kvikksølv

av

Sigurd Rognerud

NIVA's Østlandsavdeling

FORORD

Denne undersøkelsen ble satt igang etter et møte Statens forurensningstilsyn (SFT) arrangerte den 31/10-82 der emnet "Kvikksølv i Mjøsa" ble diskutert blant representanter fra SFT, Fiskeforskningen/DVF, NIVA, Veterinærinstituttet, NGU, Kgl. Selsk. for Norges Vel og Mjøsutvalget.

Bakgrunnen for Statens forurensningstilsyns initiativ var konklusjonene i rapporten "Kvikksølv i fisk og evertebrater i Mjøsa og noen sjøer i Mjøsområdet 1979-80" som DVF-Mjøsundersøkelsen, Mjøsutvalget, NIVA og Veterinærinstituttet utarbeidet i 1981. I denne rapporten gikk det fram at kvikksølvkonsentrasjonen i flere fiskearter i Mjøsa var relativt høye og at nivået ikke syntes å ha endret seg nevneverdig etter 1969 da det største kjente utslippet opphørte.

Bekymring over dette forholdet og ønsket om bedre kunnskap angående kvikksølv i Mjøsa ga opphavet til en tredelt undersøkelse som ble gjennomført i perioden 1983-85. De to første delene analyserer henholdsvis kvikksølvinnholdet i de viktigste fiskeartene i Mjøsa og i de geologiske formasjoner i nedbørfeltet. Disse undersøkelsene rapporteres separat og utføres av andre institusjoner. Den siste delen av undersøkelsen rapporteres her og omfatter kvikksølvinnholdet i Mjøsa's sedimenter. Hensikten med denne undersøkelsen er å klarlegge mengdene og den regionale fordelingen av kvikksølvkontaminerte sedimenter, da disse ble ansett å være hovedkilden for kvikksølvinnholdet i fisk. Så snart alle delrapportene foreligger tar en sikte på en fellesrapport der alle delrapportene blir sett i sammenheng.

Undersøkelsen er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) og er koordinert av NIVA's Østlandsavdeling. Fil.cand Gøsta Kjellberg og forskningsassistent Gerd Justås ved NIVA's Østlandsavdeling takkes for verdifull assistanse i felt og under bearbeiding av kjernene. Cand.real Odd K. Skogheim ved Fiskeforskningen/DVF takkes for stimulerende faglige diskusjoner og for testopplegget med kvikksølvanalysene. Odd K. Selboe takkes for analysearbeidet som er utført ved Fiskeforskningen/DVF. Avdelingsingeniør Helge Lien ved NLVF's Isotoplaboratorium takkes for måling av ¹³⁷Cs-aktiviteten i sedimentprøver.

Ottestad, februar 1985

Sigurd Rognerud

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	4
2. BEGRUNNELSE FOR OPPLEGGET AV UNDERSØKELSEN	5
3. METODER	10
3.1 Felt	10
3.2 Analyse	10
3.3 Beregninger	10
3.4 Metodetesting	11
4. RESULTATER OG DISKUSJON	15
4.1 Dateringer av sedimentene	15
4.2 Den regionale fordeling av antropogent kvikksølv i Mjøsa's sedimenter	17
4.3 Tilførsler og kilder	21
4.4. Vertikalprofiler	24
5. KONKLUSJON	30
6. LITTERATURLISTE	31
PRIMÆRDATA	33

1. INNLEDNING

Mjøsa er Norges største innsjø med et betydelig vannvolum som det knytter seg store og mangsidige brukerinteresser til. Det forhold at innsjøen både brukes som vannkilde og resipient for jordbruk, industri og befolkning har ført til betydelige brukerkonflikter. Mest kjent i denne sammenheng er den kraftige eutrofieringen som fant sted i slutten av 1970-årene, da oppblomstringer av blågrønnalger gjorde at innsjøen til tider var uegnet som drikkevannskilde. Seinere har en avlastning funnet sted og situasjonen har blitt betraktelig bedre (Kjellberg & Rognerud 1984). Mindre kjent er imidlertid forurensningsgraden av tungmetaller i innsjøens sedimenter og på andre nivåer i økosystemet. Aagaard (1976) undersøkte tungmetaller i overflatesedimenter i enkelte partier av Mjøsa. Sandlund et al. (1980) undersøkte kvikksølvinnholdet i noen fiskearter og deres næringsdyr og fant relativt høye verdier. Dette ble satt i sammenheng med tilbakeføring av kvikksølv fra antatte kontaminerte sedimenter. En av hovedkildene ble ansett å være Mesna kartongfabrikk der utslippene ble oppgitt til 2,5 tonn kvikksølv i form av fenylkvikksølvacetat i perioden 1960-1970 (Sandlund et al., 1981). Treforedlingsindustriens bruk av fenylkvikksølv som slimbekjempningsmiddel har vært hovedkilden til forurensning av en rekke innsjøer i Norden (Håkanson & Jansson, 1983; Skogheim et al. 1978; Särkkä et al., 1978). En god del av utslippene akkumuleres i sedimentene der en langsom tilbakeføring til vannfasen og det biologiske system finner sted blant annet via metyleringsprosesser. I tillegg til dette er den fysiske transport og omfordeling i innsjøen en mulig forklaring på en tilbakeføring av kvikksølv til vannmassene. Metyleringsprosessens størrelse i sedimentene er antydnet av Jernelöv og Lann (1973) som beregnet at under bestemte betingelser ble tilnærmet 0,1 % av totalt kvikksølv i overflatesedimentet frigitt som metylkvikksølv pr. år. Med andre ord vil sedimentene fungere som kilde i mange år etter en avlastning hvis de ikke fjernes eller kvikksølvet inaktiveres. Westöö (1966) viste at fisk akkumulerte kvikksølv som metylkvikksølv uavhengig av i hvilken form det slippes ut. Følgelig blir metyleringsprosessene sentrale for tilbaketransport av kvikksølv til fisk og dens næringsdyr.

Hensikten med sedimentundersøkelsen ble derfor å dokumentere den regionale fordeling av kvikksølvinnholdet, få et estimat på de totale mengdene, samt å skille mellom de naturlige bakgrunnskonsentrasjoner (C_B) og det antropogent tilførte (totalmengde $\div C_B$) kvikksølv. Utover dette tar undersøkelsen også sikte på å skaffe informasjon om den vertikale fordeling i sediment, og ved hjelp av dateringer kunne tidfeste de største utslippsperiodene. Til slutt vil også en vurdering bli gitt av mulighetene for remobilisering av kvikksølv fra sedimentene og betraktninger omkring tidsperspektivet for en eventuell forbedring/reduksjon av kvikksølvmengden i Mjøsa.

2. BEGRUNNELSE FOR OPPLEGGET AV UNDERSØKELSEN

Det er mange forhold som påvirker informasjonsverdien av sedimentprøver. Håkanson & Jansson (1983) har en oppsummering av de viktigste faktorene og antyder at under tilnærmet ensartede sedimentarealer kan antall (n) sedimentkjerner som trengs for å få en statistisk akseptabel usikkerhet på estimatet av middelveien anslås av ligningen:

$$n = 2,5 + 0,5 \sqrt{A_0 \cdot F}$$
 der A_0 = innsjøoverflaten (km^2) og F = strandlinjeutviklingen = lengden av strandlinjen (km) / $2\sqrt{\pi A_0}$. Denne beregningen gir antall prøver (n) = 23 for Mjøsa. På bakgrunn av undersøkelser utført av Aagaard (1976) over sand/silt/leireforholdet i Mjøs-sedimentene (fig. 1) ble leire/silt sedimentene i dypområdene, uten fiber-masser, betraktet som et relativt ensartet sediment. Innenfor dette området ble det samlet inn 30 sedimentkjerner.

Det er ofte observert at kvikksølvmengden er størst i sedimentene nær utslippsstedene og at den avtar tilnærmet eksponentielt med avstanden fra kilden (Håkanson 1974). Hvis kilden først munner ut i en tilløpselv så vil innløpsdeltaet i innsjøen inneholde mye kvikksølv. Her vil også sedimentene ha ulik karakter over relativt korte avstander, som følge av elvedeltaets fraksjonering av sedimentert materiale. Dette betinger et tettere stasjonsnett i slike områder. Håkanson (1974) viste at de viktigste kildene til kvikksølvforurensning av innsjøer i Sverige var, foruten treforedlingsindustrien, tettbebyggelser og byer der kvikksølv brukes av blant andre kjemisk

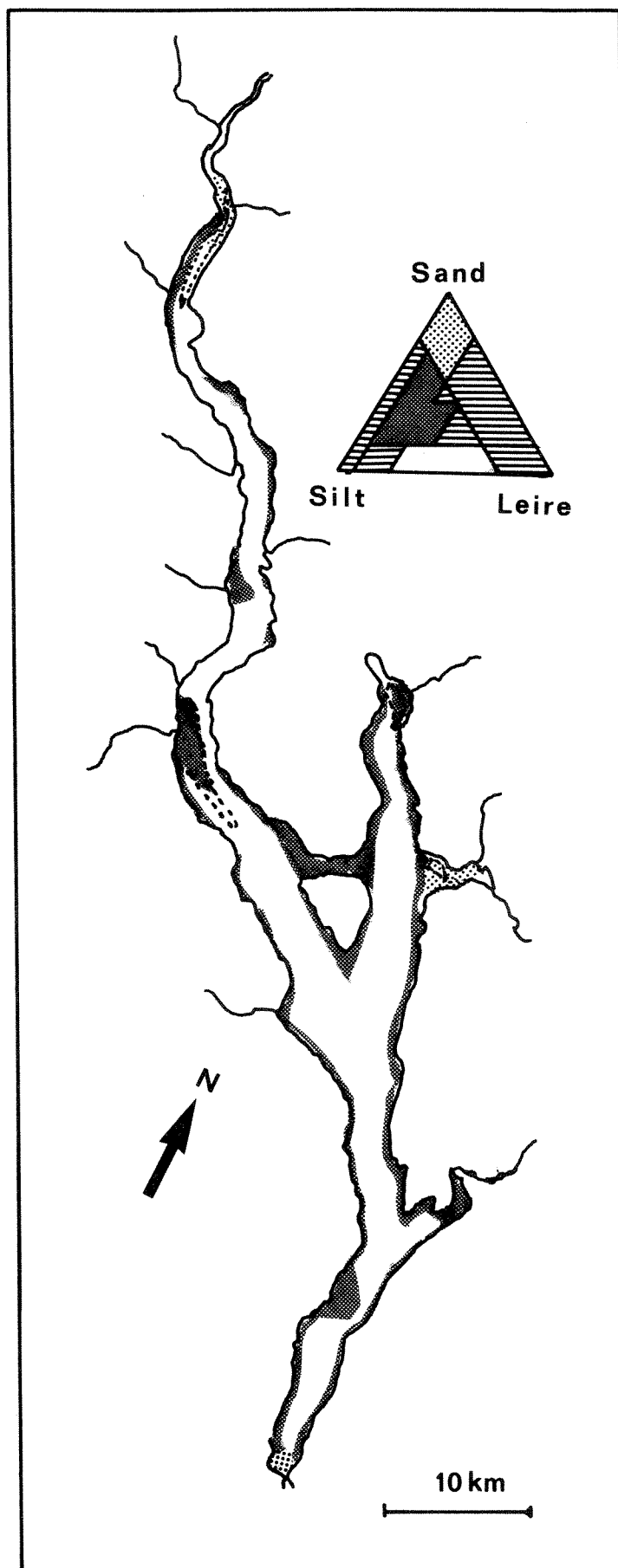


Fig. 1. Kornfordeling av overflatesedimentene i Mjøsa (etter Aagaard 1976). Stiplet linje angir utstrekning av fiberområdene etter Holtan (1978) og denne undersøkelsens erfaringer.

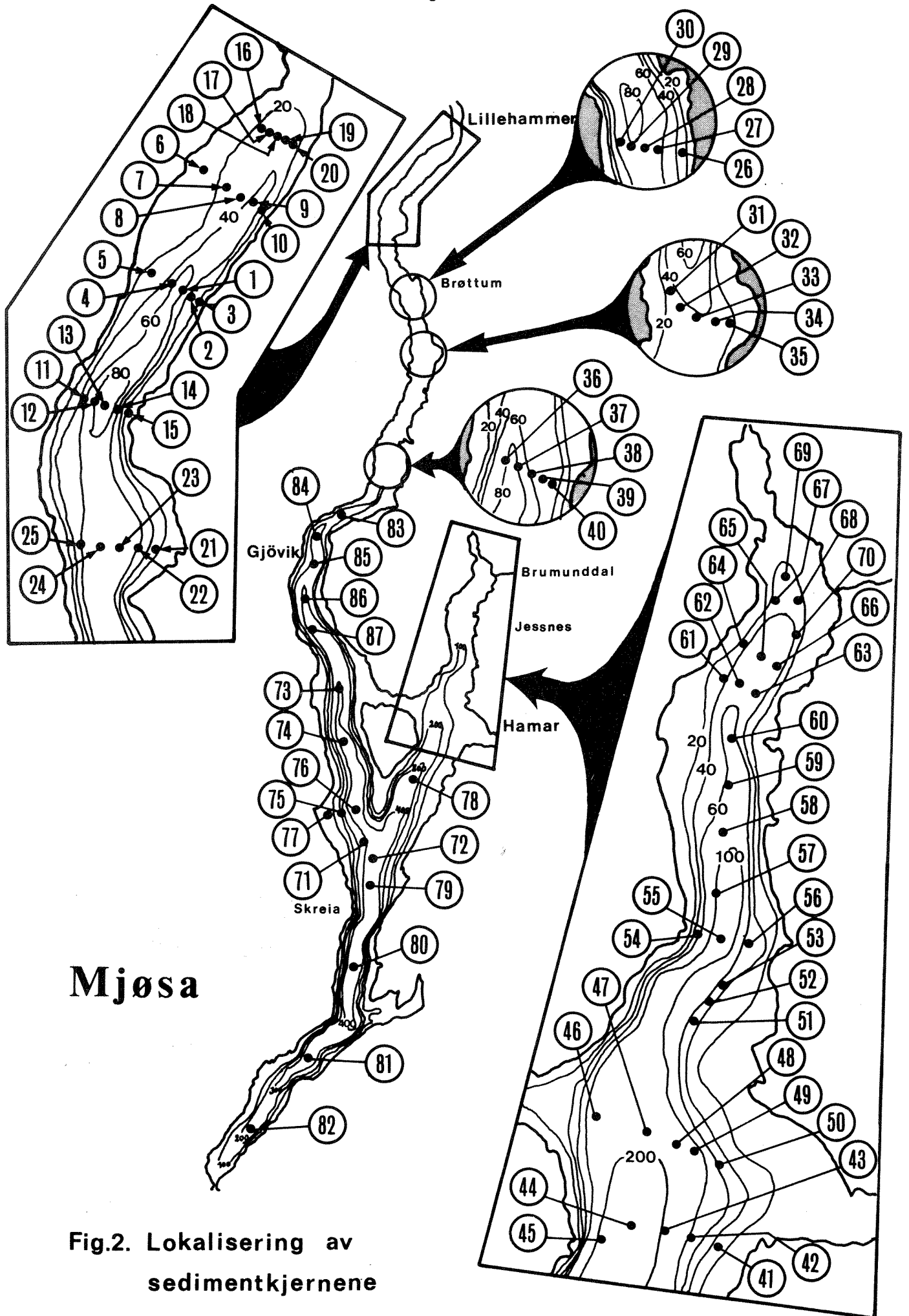
industri (kloralkali-industri spesielt), sykehus og tannleger samt anlegg for såkornbeising. På bakgrunn av dette ble ytterligere 55 kjerner innsamlet i følgende tre antatte kildeområder:

- a) Lillehammerområdet, der både treforedlingsindustri (Mesna Kartongfabrikk) og annen aktivitet i byområdet ble antatt som kilde for kvikksølvkontaminering av sedimentene i innsjøens nordligste del. 25 kjerner ble innsamlet i dette området.
- b) Furnesfjorden, der både industristedet Brumunddal og Hamarområdet må anses som kilder for kvikksølvkontaminering. 25 kjerner ble innsamlet i dette området.
- c) Gjøvikområdet, der både industri og bebyggelse i området Gjøvik-Raufoss ble antatt å være potensielle kilder. På grunn av sterkt fiberholdige sedimenter var det problematisk å få opp hele sedimentkjerner fra dette området, men etter mange forsøk ble tilslutt 5 uforstyrrede kjerner tatt opp.

Tilsammen ble 85 kjerner innsamlet for kvikksølvanalyser og ytterligere tre for datering med ^{137}Cs -metoden. Lokalisering av samtlige analyserte sedimentkjerner er vist i fig. 2.

For å beregne kvikksølvmengden pr. arealenhet er en avhengig av opplysninger om sedimentets tetthet. I denne sammenheng er det tilstrekkelig å estimere sedimentets gjennomsnittlige tetthet (bulk density). Håkanson & Jansson (1983) mener at en generell bruk av sedimentets tetthet på $2,6 \text{ g/cm}^3$ våtvekt er akseptabel i de aller fleste tilfeller (sand 2,65, silt/leire 2,6-2,85).

Når det gjelder vanninnhold og organisk innhold så burde dette i utgangspunktet vært analysert på samtlige kjerner og alle oppdelte sjikt. Dette er imidlertid et svært tidskrevende arbeid. En stod derfor overfor et valg, der en på den ene siden hadde ønsket om best mulig presisjon på beregningene av kvikksølv pr. arealenhet for enkeltkjernene (dvs. vann-, og organisk innhold registrert i alle sjikt) og på den andre siden ønsket om en bedre dekningsgrad regionalt (dvs. flere kjerner).



Mjøsa

Fig.2. Lokalisering av sedimentkjernene

På bakgrunn av en helhetsvurdering der undersøkelsens målsetning var sentral, ble en bedre regional dekningsgrad (dvs. flere kjerner) foretrukket framfor å øke mengden analyser av vann-, og organisk innhold. Det viste seg også at innholdet av vann og organisk materiale kunne estimeres med akseptabel grad av usikkerhet. Bakgrunnen for dette var 10 stikkprøver fra ulike deler av innsjøen. I dypsedimentene viste det seg at variasjonen mellom kjernene var meget små og en generalisert kurve ble benyttet for beregningen i disse områdene (fig. 3). De littorale- og dypere sedimenter hvor resuspensjon kan finne sted (transport sedimenter) hadde en annen vertikalprofil (fig. 3) med lavere vanninnhold i overflaten. Dette skyldes at det løse sediment en finner øverst i dypsedimentene her er resuspendert av strømmer og transportert ut til dypere områder. Derved kan en få eksponert glaciale sedimenter helt opp mot sedimentoverflaten. Analyseresultatene fra slike kjerner (n=3) er generalisert i fig. 3. Videre er vanninnhold i 2 kjerner med visuelt dominerende fiberlag og 1 kjerne med sandlag bestemt. De førstnevnte hadde et vanninnhold på ca. 90% i fiberlaget og den sistnevnte ca. 35% i sandlaget. Dette er i overensstemmelse med andre undersøkelser (Håkanson & Jansson 1983). På bakgrunn av den makroskopiske beskrivningen og vurderingen av sedimenttypen ble vanninnholdet estimert etter kurve 1 eller 2 i fig. 3, i de tilfeller den manglet analyser. I fiberlag og sandlag ble vanninnholdet satt til henholdsvis 90% og 35%.

Håkanson & Jansson (1983) har vist at det oftest er en god sammenheng mellom vanninnhold og organisk innhold i innsjøsedimenter. I de tilfeller hvor målinger ikke er gjort kan organisk innhold også estimeres ut fra vanninnholdet (fig. 4.4, s. 79 i Håkanson & Jansson 1983). For beregningen av sedimentets tetthet betyr organisk innhold i de aller fleste tilfelle relativt lite.

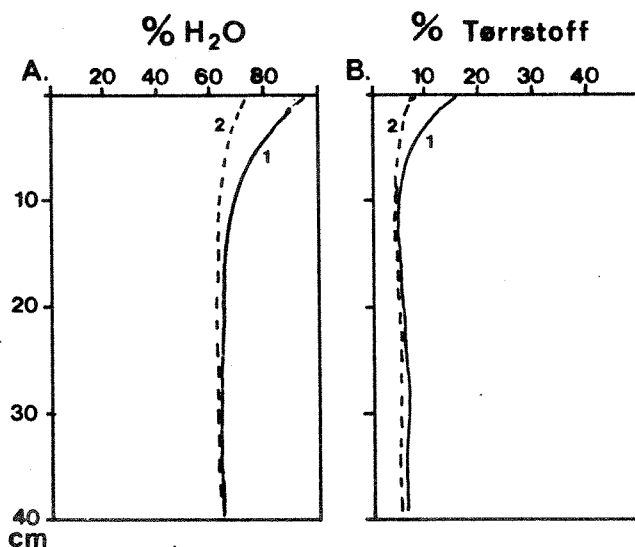


Fig. 3. Generalisert kurve for vanninnhold og tørrstoff i dypområdene silt/leire sedimenter (1) og littorale leire-sedimenter (2).

3. METODER

3.1 Felt

De første 70 kjernene ble innsamlet fra isen på ettervinteren 1984 de restende fra båt over sommeren samme år. Posisjonsangivelse ble gitt på bakgrunn av dybdekart og holdepunkter på land. Det ble benyttet en sedimenthenter beskrevet av Skogheim (1979) som blant annet består av utskiftbare pleksiglassrør (4,5 cm indre diameter) slik at kjernene kan fraktes uforstyrret til laboratoriet.

3.2 Analyse

På laboratoriet ble kjernenes ulike vertikale sjikt gitt en best mulig makroskopisk beskrivelse. Denne ble lagt til grunn for seinere vurderinger av sedimenttype og beregninger av vanninnhold (beskrivelsen gitt i primærdata bak i rapporten). Derneft ble kjernene splittet opp i 1 cm tykke sjikt (unntaksvis 2 cm) og dypfrost i syrevaskede plastesker til seinere analyse. Etter tining ble sedimentet knust og finfordelt i en porselensmorter. Materialet ble tørket ved 105°C natten over i tørkeskap. Deretter ble ca. 0,5 g innveid med en nøyaktighet på 10^{-3} g og tilsatt 10 ml kons. HNO_3 . Prøvene ble kokt i 1 time ved 60°C, etterfulgt av 1 time ved 120°C og avkjølt. 2 ml mettet KMnO_4 -løsning ble tilsatt og prøvene fortynnet med aqua.dest. til 100 ml. 5 ml hydroksylammoniumklorid (1,5%) ble tilsatt etterfulgt av 5 ml SnCl_2 like før analyse.

Prøvene ble gjennomboblet med luft i et sluttet system. I dette systemet var det innkoblet en kvartskuvette og i denne kuvetten ble absorbansen av kvikksølv målt ved 253 nm (LKB 8300 - Uvicord II-system) og skriveravlesning. Analyseprinsippet er kalddampsteknikk (Hatch & Ott 1968).

3.3 Beregninger

Beregningen av kvikksølv mengden pr. arealenhet ble utført etter oppsett gitt av Håkanson & Jansson (1983). Bakgrunnen for estimeringen av de nødvendige parametre for å foreta denne beregningen er gitt i foregående kapittel. Det antropogent tilførte kvikksølvet defineres som differansen mellom totalkonsentrasjonene og bakgrunnskonsentrasjonen. Den sistnevnte konsentrasjonen er vanligvis vanskelig å bestemme nøyaktig da den avhenger av mange faktorer (Håkanson & Jansson 1983). Det finnes ingen metode som

tar hensyn til alle aktuelle faktorer som påvirker problemkomplekset "naturlige bakgrunnsverdier - naturlige gradienter i sedimentet" (Skogheim et al. 1981).

Betydningen av denne bestemmelsen for beregningen av total mengde antropogent kvikksølv i Mjøssedimentene er imidlertid relativ liten (<10%). Som bakgrunnsverdier er det derfor valgt å benytte verdiene fra de dypere sedimenter, som representerer perioden før århundreskiftet, da kontamineringen antas å ha vært minimal. Disse verdiene ligger i området 70-90 ng kvikksølv (Hg) pr. g tørrvekt (T.V) slik at 80 ng Hg/g TV ble valgt som en middelveidi. Dette er i overensstemmelse med de nivå som Håkanson & Jansson (1983) fant i en del større svenske innsjøer (30-95 ng Hg/g T.V) og Abry et al. (1982) fant i Tyrifjorden (90 ng Hg/g T.V). En viss forskjell må også forventes på bakgrunn av ulik geologi i nedbørfeltet.

Antropogent kvikksølv defineres som differansene mellom total kvikksølvkonsentrasjon i de ulike dybdesjikt og bakgrunnskonsentrasjonen, 80 ng Hg/g TV.

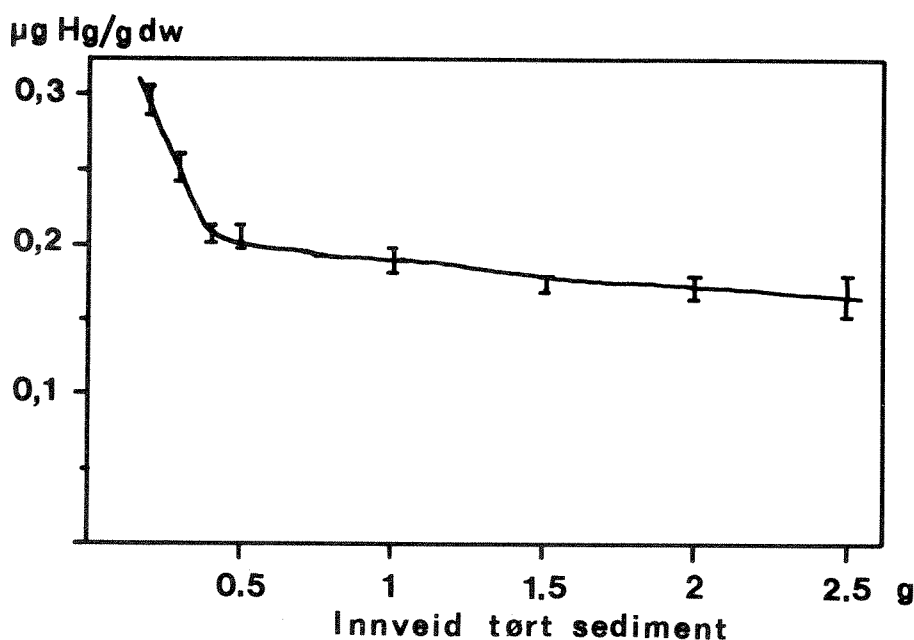
3.4 Metodetesting

Det var tre forhold som ble ansett som svært viktig å teste i forbindelse med analysemetoden. Testmateriale var kvikksølvkontaminerte sedimentprøver fra Mjøsa's nordligste deler (Lillehammer området).

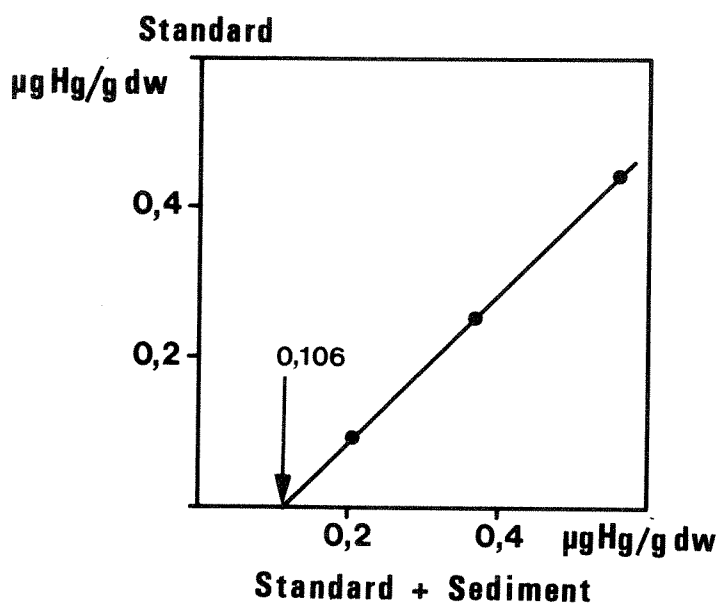
Den første testen tok sikte på å undersøke konsentrasjonens avhengighet av innveid mengde tørt sediment. Resultatene fra denne testen er gitt i tab. 1 og vist i fig. 4. Det framgår av figuren at konsentrasjonsendringene er små for prøver i området 0,4-2,5 g. 0,5 ble valgt som rutinemessig innveining da dette passet best med hensyn til kjemikalietilsetning og tilgjengelig sediment fra de ulike sjikt i kjernene.

Den andre testen tok sikte på å registrere om det forsvant kvikksølv under oppslutningsprosedyren. Resultatene fra dette forsøket er vist i tab. 2 og fig. 5. Det var ubetydelige forskjeller mellom forventet og observert konsentrasjon (kolonne D og C, tab. 2). Dette viste at av det tilsatte uorganiske kvikksølvet forsvant ingen signifikante mengder under oppslutningen. Da den alt vesentligste delen av kvikksølvet i sedimentene er bundet, kan en konkludere med at oppslutningsprosedyren ikke fører til tap av kvikksølv fra prøven.

Den siste testen gikk ut på å undersøke om lufttørring ($\frac{1}{2}$ døgn, 105°C) kunne erstatte frysetørring som tørkemetode for sedimentprøvene. Kvikksølv er et relativt flyktig element og høyere temperatur kunne tenkes å medføre et økt tap. Resultatene er gitt i tabell 3. Det går fram at det ikke var nevneverdige forskjeller på de to metodene. Dette henger antagelig sammen med at kvikksølv er relativt sterkt bundet til partikler i sedimentene og derved lite flyktige. Lufttørring ble derfor valgt da dette var mest praktisk og tidsbesparende.



Figur 4. Relasjonene mellom registrert konsentrasjon og innveid mengde tørt Mjøssediment.



Figur 5. Relasjonen mellom uorganisk standard alene og tilsatt kontaminert Mjøssediment (kons. $0,106 \mu\text{g Hg/g dw}$ er markert).

Tab. 1 . Middelkonsentrasjon (\bar{x}) i ug Hg pr. gram tørrvekt som funksjon av innveid mengde tørt sediment fra Mjøsa. Standardavvik og prosentavvik er også angitt.

Innveid tørr mengde (g) (\bar{x})	2,525	2,013	1,516	1,000	0,504	0,403	0,301	0,209
Konsentrasjon $\mu\text{g Hg/g dw}$ (\bar{x})	0,158	0,173	0,172	0,188	0,211	0,212	0,251	0,297
Standardavvik σ	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
σ/\bar{x} (%)	3,9	4,7	3,3	3,0	3,1	2,7	3,6	3,4
Antall (n)	4	4	4	4	4	4	4	4

Tab. 2. Analyser av tre ulike interne standardtilsetninger (uorg. Hg) og samme tilsetninger til 3 serier med 0,5 g tørt sediment. Hver serie har 4 paralleller slik at middelerdi (\bar{x}) og standardverdi er oppgitt.

A	Innveid mengde tørt sediment (g)	\bar{X} SD	0,500 $4,1 \cdot 10^{-3}$	0,505 $2,5 \cdot 10^{-3}$	0,502 $2,9 \cdot 10^{-3}$
B	Kons. beregn. på bakgrunn av 3 ulike standardtilsetn. uten sediment ($\mu\text{g Hg/g dw}$)	\bar{X} SD	0,099 $11 \cdot 10^{-3}$	0,258 $7,3 \cdot 10^{-3}$	0,446 $6,4 \cdot 10^{-3}$
C	Kons. beregn. på bakgrunn av standardtilsetn. til sediment	\bar{X} SD	0,206 $4 \cdot 10^{-3}$	0,384 $6,5 \cdot 10^{-3}$	0,560 $4,6 \cdot 10^{-3}$
D	Forventet kons.= B + sedimentkons. (bestemt i fig.)	\bar{X}	0,205	0,365	0,552
E	Antall paralleller (n)		4	4	4

Tab. 3. Konsentrasjon av kvikksølv i Mjøssediment etter frysetørking og lufttørking ($\frac{1}{2}$ døgn ved 105°C) av det våte sedimentet.

	Frysetørking	Lufttørking
Innveid mengde	0,505	0,501
Middelkons. (\bar{x}) $\mu\text{g Hg/g tørrvekt}$	0,269	0,257
Standardavvik	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$
σ/\bar{x}	1,1 %	2,5 %
Antall (n)	5	4

4. RESULTATER OG DISKUSJON

Alle primærdata er samlet og gitt bak i rapporten.

4.1. Dateringer av sedimentene

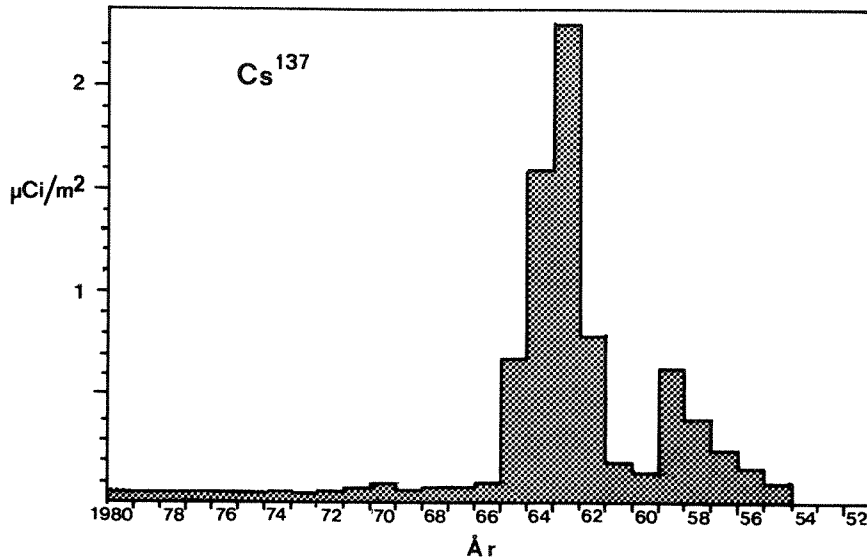
Sedimentene er datert ved hjelp av ^{137}Cs -metoden på tre stasjoner i Mjøsa (Skreia, Furnesfjorden og Brøttum). Cesium-137 er en radioisotop som dannes ved kjernefysiske sprengninger. Det årlige nedfall av ^{137}Cs er beregnet av Brattebø og Augustson (1979) for Tyrifjordområdet fig. 6. Denne antas også å gjelde for Mjøsområdet.

Nedfallet startet med prøvesprengningene i 1954/55 og kuliminerte med en definert topp i 1963. I perioden etter 1966 har ^{137}Cs -nedfallet ligget på et relativt lavt nivå. Teoretisk sett skulle det være mulig å gjenfinne både årene 1954 og 1963 i sedimentene. Cesium-137 tilføres imidlertid ikke bare direkte på overflaten, men også via tilløpselvene adsorbent til leirpartikler og organisk materiale (Edberg 1980). Stort innslag av alloktont materiale og bioturbasjoner i sedimentet kan derfor gjøre de overnevnte dateringer usikre.

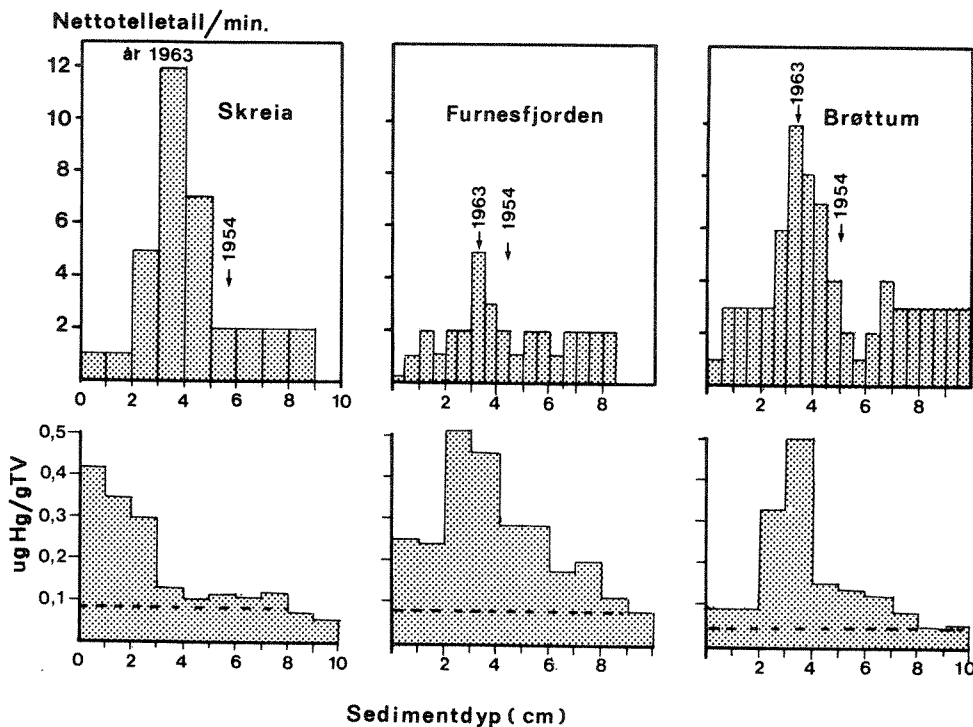
Resultatene fra dateringene og kvikksølvprofilene er vist i fig. 7. Selv om ^{137}Cs -aktiviteten er meget liten og usikkerheten er stor så kan det påvises klare topper i området 3,25-3,50 cm som antas å representere sedimenter fra 1963. Dette gir en gjennomsnittlig sedimentasjon på $0,15 \pm 0,03$ cm/år for perioden 1963-84. På grunn av høyere vanninnhold i de øvre deler av kjernen og kompaktasjon i de dypere deler så vil denne sedimentasjonshastigheten være større enn den som kan forventes i dypere lag. Dateringene av året 1954 er svært usikre. Med mye godvilje så kan sjiktet 4,5-5,0 cm henføres til året 1954. Dette resonnement gir en gjennomsnittlig sedimentasjonshastighet på $0,15 \pm 0,03$ cm/år for perioden 1954-63. Det er derfor rimelig å anta at sedimentasjonshastigheten de siste 30 årene har vært ca. $0,15 \pm 0,03$ cm/år over store deler av Mjøs-bassenget.

Antas en tilnærmet lik sedimentasjonshastighet også tilbake til 1945, samt en viss grad av bioturbasjon, så vil en ut fra fig. 7 kunne konkludere med at praktisk talt all kvikksølvforurensning idag er deponert i perioden etter 1945. Videre at toppen av forurensningen skjedde rundt 1965 for

områdene i Furnesfjorden og Brøttum. Skreiastasjonen viser en konsentrasjonsfordeling av kvikksølv som er typisk for transportsedimenter, eller områder med nylige forurensninger.



Figur 6. Beregning årlig nedfall av Cs^{137} over Tyrifjorden (etter Brattebø og Augustson 1979).



Figur 7. Aktiviteten av ^{137}Cs og konsentrasjonen av kvikksølv, sedimentkjerne fra Skreia (sentralområdene) Furnesfjorden (ved Jessnes) og Brøttum. Årene 1963 og 1954 er angitt etter en vurdering av figur 6.

4.2. Den regionale fordelingen av antropogent kvikksølv i Mjøsa's sedimenter

Den regionale fordeling av antropogent kvikksølv er illustrert ved hjelp av isolinjer i figur 8. Isolinjene er konstruert på bakgrunn av beregningene for enkeltkjernene, den makroskopiske beskrivningen av kjernene, og dybdekartet. De to sistnevnte forhold er trukket inn i vurderingen da de vil gi en indikasjon på karakteren av sedimentet også mellom målepunktene. Håkanson & Jansson (1983) definerer tre sedimentsoner i innsjøen som blant annet har ulike egenskaper med hensyn til kvikksølvakkumulering.

- a) Erosjonsonen som i hovedsak består av stein, grus og sand og hvor det ikke foregår sedimentasjon av finere materiale. På grunn av regulering og stor grad av vindaktivitet er dette sjiktets utstrekning fra 0 til 15 m i Mjøsa. Kvikksølvkonsentrasjonen i dette sjiktet er generelt meget lav.
- b) Transportsonen der sedimentasjonen er diskontinuerlig d.v.s. en har vekslende perioder med akkumulering og resuspensjon. Overflatesedimentet kan variere fra løs sand til leire. I dette sjiktet er strømmer induert av vind gjennom "internal seiches" effektive og hindrer en kontinuerlig sedimentasjon. Utstrekningen av dette sjiktet varierer over Mjøsa. I de sentrale partier strekker det seg ned til c.a 80 m. Kvikksølvkonsentrasjonen er oftest relativt lav og er størst nærmest sedimentoverflaten.

De bratte bassengveggene, som er vanlig i Mjøsa, og strekker seg fra 50 m til ned mot 200-300 m er heller ikke gunstige sedimentasjonsområder for kvikksølv. Bunndyrundersøkelser som tidligere er utført viste at sedimentet i dette området ofte hadde stein og sand som hovedbestanddel (Kjellberg pers. med.). Denne sonen kan karakteriseres som en kombinasjon av a) og b) og har relativt lave konsentrasjoner av kvikksølv.

- c) Akkumuleringssonen defineres som sonen der fine partikler ($< 0,006$ mm) kan sedimentere kontinuerlig. Denne sonen er i hovedsak de dypere flatere deler av bassenget. Sedimentet har høyt vanninnhold i overflatesjiktet, relativt mye organisk materiale og kan være kontaminert av tungmetaller.

Fig.8

KVIKKSØLV I MJØSA'S SEDIMENTER

Arealfordeling og vertikalprofiler
av antropogent kvikksølv

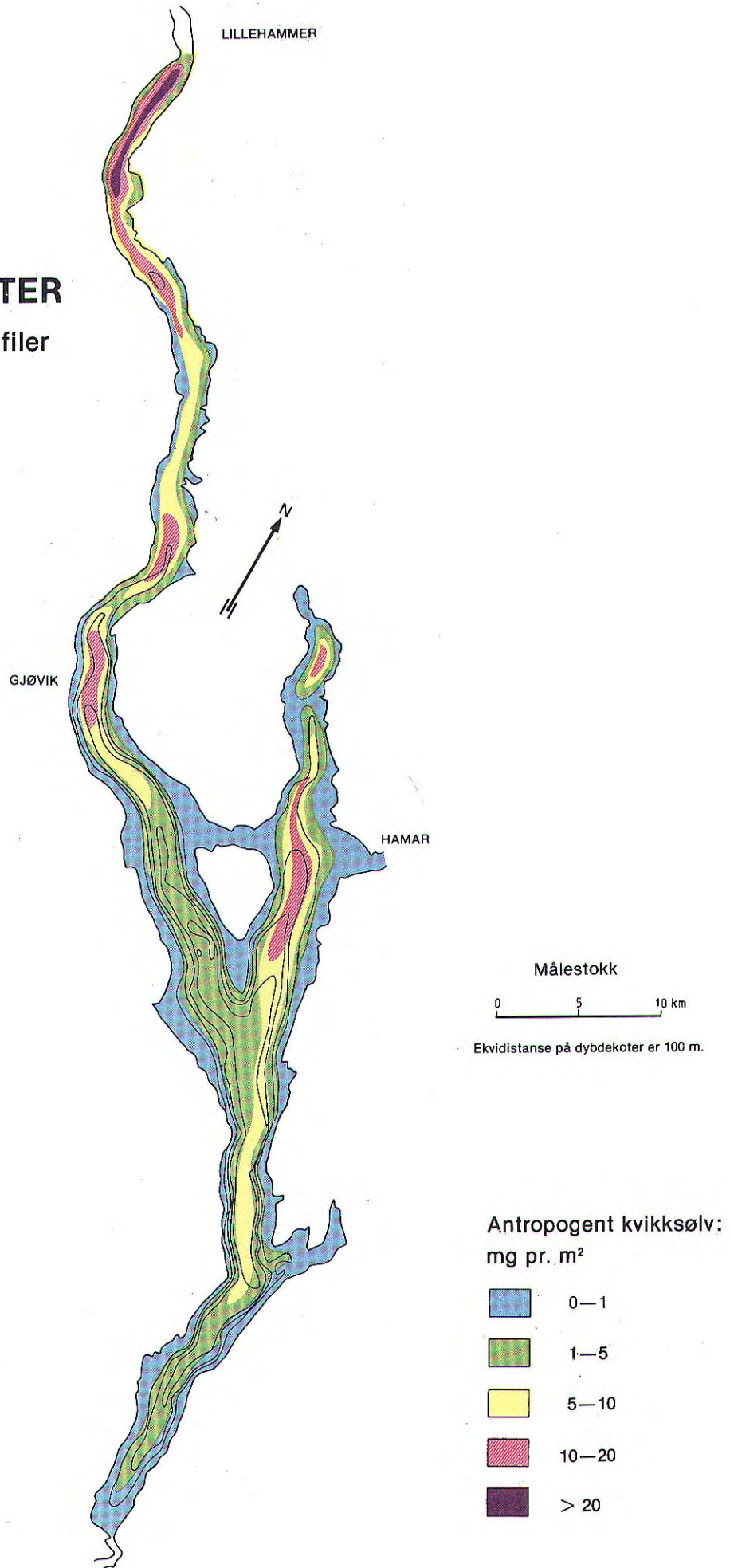
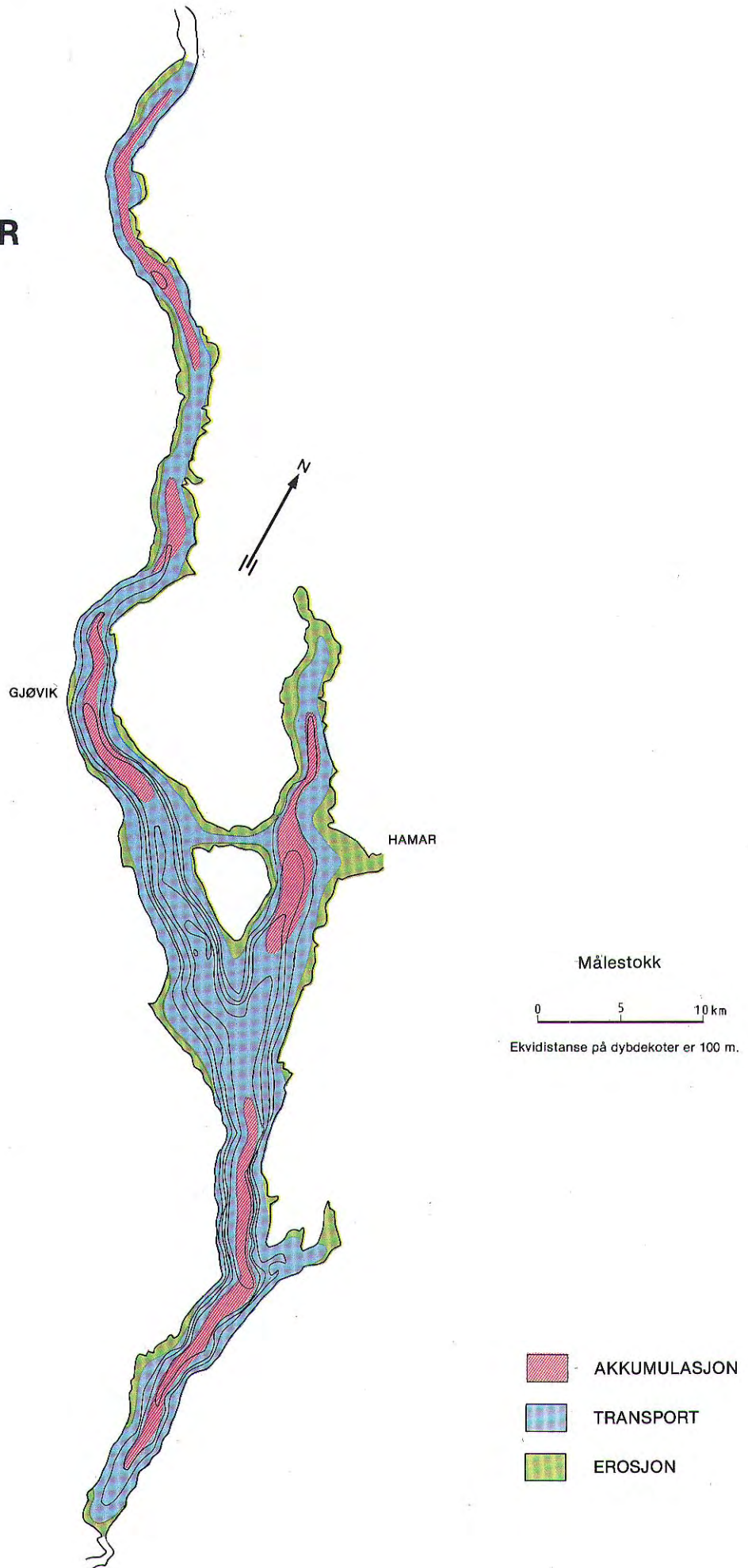


Fig.9

SEDIMENTTYPER



Arealfordelingen av antropogent kvikksølv er vist som isolinjer i fig. 8. På grunnlag av fig. 8 og karakteristikken av sedimenttypene gitt ovenfor kan fordelingen av de ulike sedimenttyper i Mjøsa framstilles i fig. 9.

Sedimentene utenfor de tre antatt største kildeområdene, Lillehammer, Gjøvik og Hamarområdet viste seg å inneholde de største kvikksølvmengdene. I tillegg finnes en liten akkumulasjon utenfor Brumunddal og Moelva. På alle disse stedene munner elver ut som antas å transportere hoveddelen av kvikksølvet til innsjøen.

Dette gjelder Lågen ved Lillehammer, Hunselva ved Gjøvik, Svartelva og Flagstadelva ved Hamar (også direkte utslipp), og Brumunddal og Moelva ved de respektive tettsteder. Fordelingsmønsteret utenfor kildene er relativt likt og kan kommenteres generelt på følgende måte:

Kvikksølvmengdens fordeling utenfor deltaområdene viser en vifteform eller tungeform som er parallell til sedimentasjonshastigheten av alloktont materiale tilført fra elvene. Mønsteret er størst mengde nærmest utløpet og et eksponensielt avtak utover, et forhold som er registrert i en rekke kvikksølvkontaminerte innsjøer i Skandinavia (Håkonson 1974). Dette skyldes trolig at kvikksølv absorberes sterkt til partikler og at disse alloktone (tilført fra nedbørfeltet) "bærepartiklene" transporteres til innsjøen. Utenfor elvemunningene går vannhastigheten gradvis ned og sedimentasjonen øker. Aggregater dannes på grunn av cohesive (tiltreknings-) krefter mellom partiklene og sedimentasjonen øker. Organisk materiale produsert i innsjøen, kan også virke som koaguleringskjerner (Håkonson 1974). De største og tyngste partiklene avsettes først og de fineste lengst bort fra utløpet. Både uorganiske og organiske kvikksølvforbindelser transporteres til innsjøen via bærepartikler. Det antas at blant annet fenylkvikksølv fra Mesna kartongfabrikk delvis ble transportert til Mjøsa tilknyttet tre-fibre som bærepartikler. En vesentlig del av kvikksølvmengden i Mjøsa må være tilknyttet større partikler da de er sedimentert relativt nær kildene. De finere partiklene transporteres over større områder av innsjøen og akkumuleres hovedsakelig i de dypeste partiene. Kvikksølv absorberes lett til små partikler og vil følgelig akkumuleres i de dypeste områdene hvor de små partiklene sedimenterer. I dypområdene kan imidlertid også et avtak i mengdene registreres med økende avstand fra kildene (fig. 8). Kjerner fra de grunnere deler av innsjøen har svært lave kvikksølvmengder. Dette er et generelt trekk ved sedimentasjon av tungmetaller i innsjøer.

Etter århundreskiftet inngikk kvikksølv i stadig økende grad i industriproduksjon, jordbruksvirksomhet og andre aktiviteter, slik at elementet ofte tas som indikator på den teknologiske utvikling (Aston et al. 1973). Med unntak av treforedlingsindustrien så er de fleste kvikksølvkildene diffuse og vanskelig å kvantifisere. I en innsjø som Mjøsa med en teoretisk oppholdstid for vannmassene på 6 år vil en stor del av utslippene akkumuleres i sedimentene. Deponeringsmønsteret må også antas å være meget godt egnet til å avsløre de største kildene.

Da strømningsmønsteret i innsjøen i hovedsak går fra nord mot syd kan en gjøre en grov beregning av mengdene i de tre største avsetningsområdene. Ut fra fig. 8 kan sedimentene i området Lillehammer - Gjøvik beregnes til ca. 0,9 tonn antropogent kvikksølv. Lillehammerkilden har også kontaminert sedimentene syd for Gjøvik, men det må likevel antas at Gjøvik-kilden er den betydeligste forurensner i områder Gjøvik-Skreia (det vil si de sentrale områder). Dette området inneholder ca. 0,35 tonn antropogent kvikksølv. Området Furnesfjorden - Minnesund er valgt da det ut fra fig. 8 ser ut som Hamar-kilden er den betydeligste forurensner av innsjøens sydligste sedimenter. Sedimentene i dette området inneholder 0,55 tonn antropogent kvikksølv. Denne betraktningssmåten vil på grunn av overlapping i de sentrale og sydlige område av innsjøen gi en liten underestimering av Lillehammer-kilden og en svak overestimering av de to andre, men i denne sammenheng er beregningen tilstrekkelig til å illustrere det relative forhold mellom kildene.

På bakgrunn av de overnevnte beregninger så kan den totale antropogene mengden kvikksølv i Mjøsa's sedimenter estimeres til ca. 1,8 tonn.

4.3. Tilførsler og kilder

1,8 tonn kvikksølv er imidlertid betraktelig mindre enn de samlede tilførsler (Sandlund et al. 1981). Mesna kartongfabrikk alene slapp ut ca. 2,5 tonn over en tiårsperiode i tillegg til alle andre kilder (beising av såkorn i møller osv.).

Det foregår blant annet metyleringsprosesser både i aerobe og anaerobe sedimenter som tilbakefører kvikksølv til vannfasen, biota og eventuelt atmosfæren. Transport har også skjedd ut av innsjøen via Vormå.

På bakgrunn av dateringsanalysene så kan hoveddelen av tilførslene antas å ha skjedd etter andre verdenskrig. Dette gir en årlig nettodeponering fra kildene Gjøvik og Hamarområdet på henholdsvis 9 og 14 kg antropogent kvikksølv i perioden 1945-84. Dette er en underestimert som nevnt ovenfor, men gir likevel en brukbar pekepinne på nivået mellom kildene på årlig basis.

Kilden Lillehammer har Mesna kartongfabrikk som en tidligere viktig kvikksølvkilde. Sandlund et al. (1981) angir et forbruk på 2,5 tonn kvikksølv i perioden 1960-70 basert på opplysninger fra ansatte ved fabrikk. Hvor mye av dette som er tilbakeholdt og aldri har nådd Mjøsa er vanskelig å estimere.

På bakgrunn av de årlige nettotilførsler fra kildene Gjøvik og Hamarområdet så kan en anslå nettodeponeringen fra Lillehammerområdet, eksklusive Mesna kartongfabrikk. Etter en vurdering basert på det relative forhold mellom antall innbyggere og generell industrivirksomhet i Lillehammer og Gjøvikområdet synes et anslag på ca. 8 kg antropogent kvikksølv årlig å være et fornuftig estimat. Dette representerer ca. 0,3 tonn kvikksølv hvis tilførslene er skjedd etter 1945 etter samme resonnement som ovenfor. Som tidligere nevnt ble ca. 0,9 tonn tilskrevet Lillehammerkilden slik at ca. 0,6 tonn antas følgelig å stamme fra Mesna kartongfabrikk. Den gjennomsnittlige årlige nettotilførsel blir da ca. 60 kg kvikksølv for perioden 1960-70.

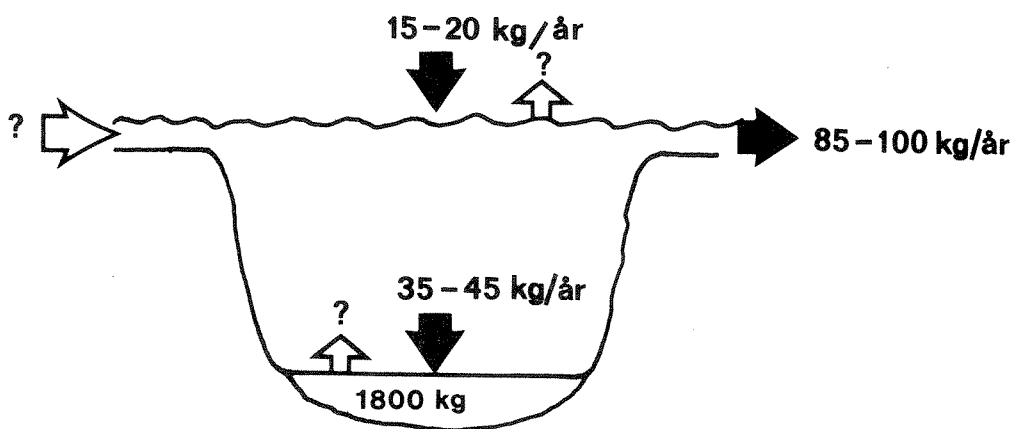
Selv om disse beregningene er beheftet med endel usikkerheter så antas det at størrelsesorden og den relative forskjell mellom kildene er relevant. Dette innebærer at i perioden etter andre verdenskrig og fram til ca. 1970 så betydde utslippene fra Mesna kartongfabrikk omtrent like mye for belastningen av Mjøsedsedimentene som kildene Gjøvik, Hamar og resten av Lillehammer tilsammen.

Etter at Mesna kartongfabrikk sluttet å bruke kvikksølv i 1969/70, og senere innstilte virksomheten, så antas de tre overnevnte kildeområdene å være tilnærmet like i størrelse idag.

Av andre aktuelle kilder kan nevnes beising av såkorn som ble utført ved mølle ofte i nær tilknytning til vann (Kjellberg pers. medd.). Det var flere slike anlegg rundt Mjøsa som benyttet metylkvikksølv i prosessen inntil bruken ble forbudt i 1970 (Sandlund et al. 1981). Etter denne tid ble alkoksyalkylkvikksølv, som nedbrytes relativt raskt, benyttet i stor utstrekning. Opplysninger fra Statens Frøkontroll viser at ca. 40 kg kvikksølv blir spredt på jordene rundt Mjøsa under såingen om våren. Elementet absorberes imidlertid lett til jordpartikler så en må anta at kun en fraksjon av dette når innsjøen. Det antas at beising av såkorn ved møllene (rengjøring, spyling av tanker, dumping av såkornrester etc.) er en viktig kilde uten at det er mulig å kvantifisere denne.

Bidraget fra atmosfæren direkte på innsjøoverflaten kan estimeres til ca. 18 kg kvikksølv pr. år etter beregninger foretatt av Semb (1980) for Tyri-fjordområdet. De atmosfæriske tilførsler har størst betydning for de frie vannmasser der kvikksølvet i første hand bindes til bæreparkler og siden vil bli gjenstand for sedimentasjon.

Undersøkelser har vist at de atmosfæriske tilførslene er av stor betydning for kvikksølvbudsjettet i svenske skogsjøer i de midtre og sydlige deler av Sverige (Lindqvist et al. 1984). Dersom en antar en tilnærmet "steady state", eller en likevektssituasjon, for kvikksølv i Mjøsa's vannmasser så kan en skjematisk modell for kvikksølvbudsjett gis (fig. 10).



Figur 10. Estimering av kvikksølvbudsjettet for Mjøsa forutsatt en "steady state" situasjon.

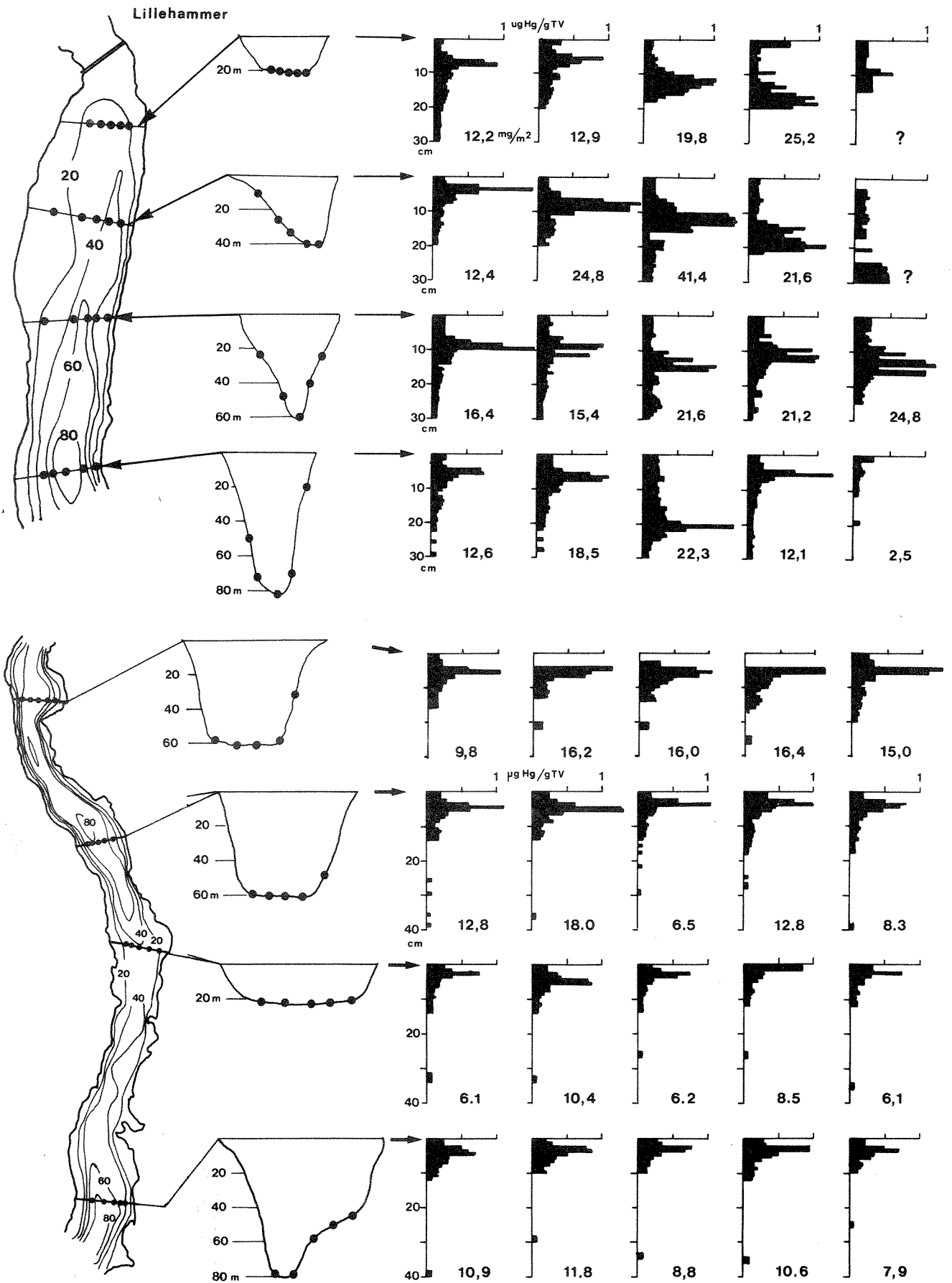
Transporten ut av Mjøsa via Vormå er estimert ut fra en middelkonsentrasjon i avrenningsvannet på ca. 10 ng/l (dvs. relativt uforurenset vann) Lindqvist et al. (1984). Betrakningen viser den atmosfæriske betydning og at ca. halvparten av det som renner ut tilføres sedimentene årlig.

4.4. Vertikalprofiler

De totale mengdeberegningene og den regionale fordeling som hittil er diskutert gir ikke tilstrekkelig informasjon om hvor mye som er tilgjengelig for remobilisering og transport ut i vannfasen. Spesielt interessant er dette ved en vurdering av årsakene til eventuell kvikksølvakkumulering i fisk. For å analysere dette nærmere er samtlige kjerners vertikalfordeling av kvikksølv vist i fig. 11.

Tilbakeføring eller remobilisering av kvikksølv er hovedsakelig avhengig av graden av bioturbasjon (aktiviteten av dyr og mikroorganismer i sedimentet), det kjemiske/fysiske miljøet i sedimentet og mulighetene for resuspensjon av kontaminerte områder.

I fiberområdene ved Gjøvik og Lillehammer (se fig. 1) foregår anaerob nedbrytning med muligheter for dannelse av metylkvikksølv som absorberes dårlig til trefibre og derfor diffunderer ut. Hvis det dannes tilstrekkelig mengder H_2S kan kvikksølv felles som sulfider og holdes effektivt tilbake i sedimentet. Forøvrig vil sjansen for remobilisering av kontaminerte sjikt avta sterkt med avstanden fra sedimentoverflaten. De største kvikksølvkonsentrasjonene i Lågendeltaet (Lillehammer) er stort sett dekt av et 10-30 cm tykt sedimentlag av sand/silt karakter (fig. 1 og 11). Sannsynligheten for å få remobilisert disse avsetningene antas å være relativt små. På vestsiden i de øvre deler og nedover i området Vingerom-Brøttum er de høyeste konsentrasjonene lokalisert i området 4-8 cm og må betraktes som potensielle kilder for remobilisering. Dette gjelder i enda større grad for Ringsakerfjorden ned mot Gjøvik. Her er innsjøen relativt grunn og vindeksponert og de høyeste konsentrasjonen ligger nær overflaten slik at remobilisering er svært sannsynlig.



Figur 11. Vertikale konsentrasjonsfordelinger av kvikksølv målt som µg kvikksølv pr. g tørrvekt. De integrerte verdiene, µg kvikksølv pr. m², er gitt for hver kjerne. Dybdeprofilen er vist i midten.

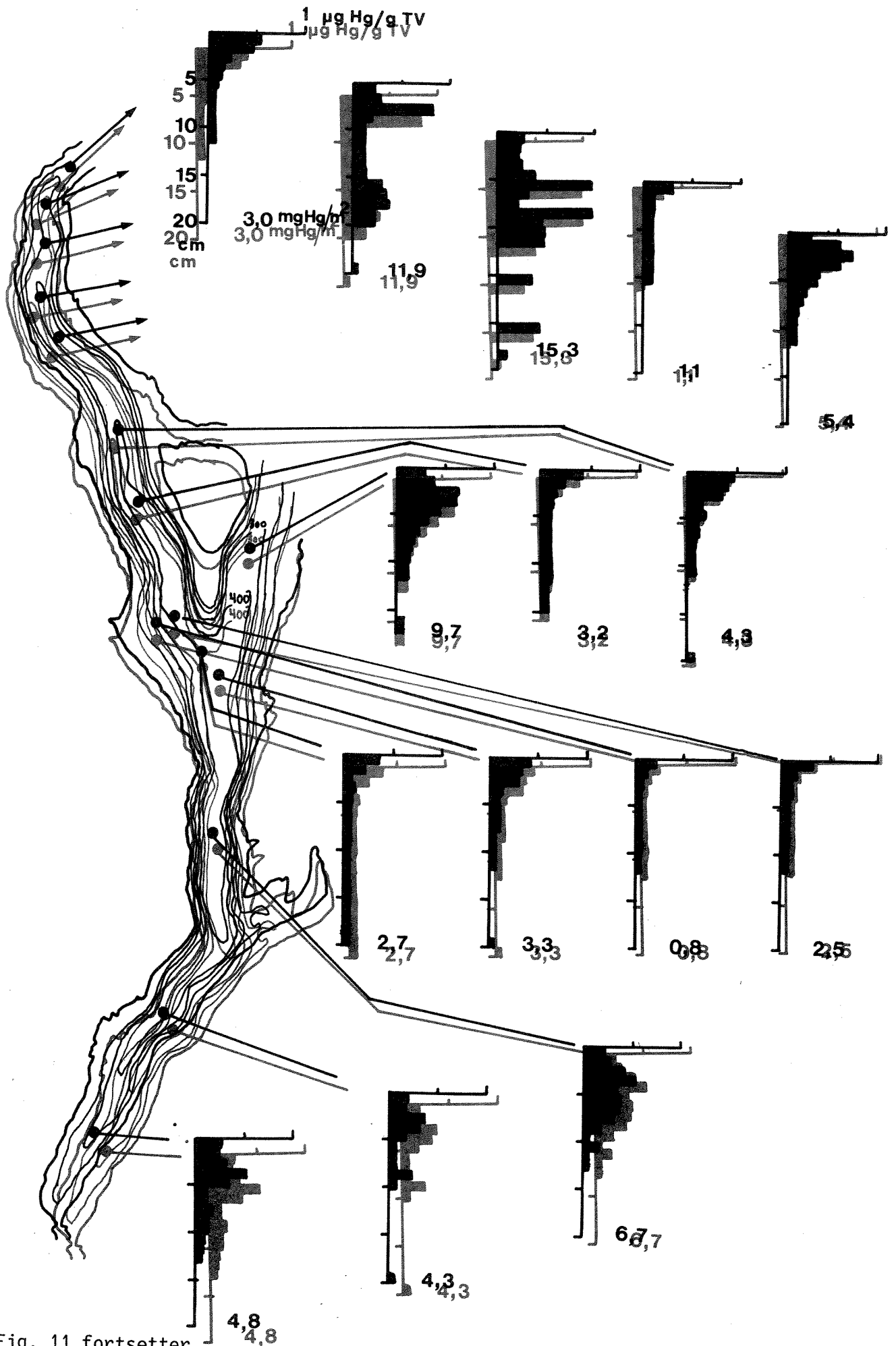
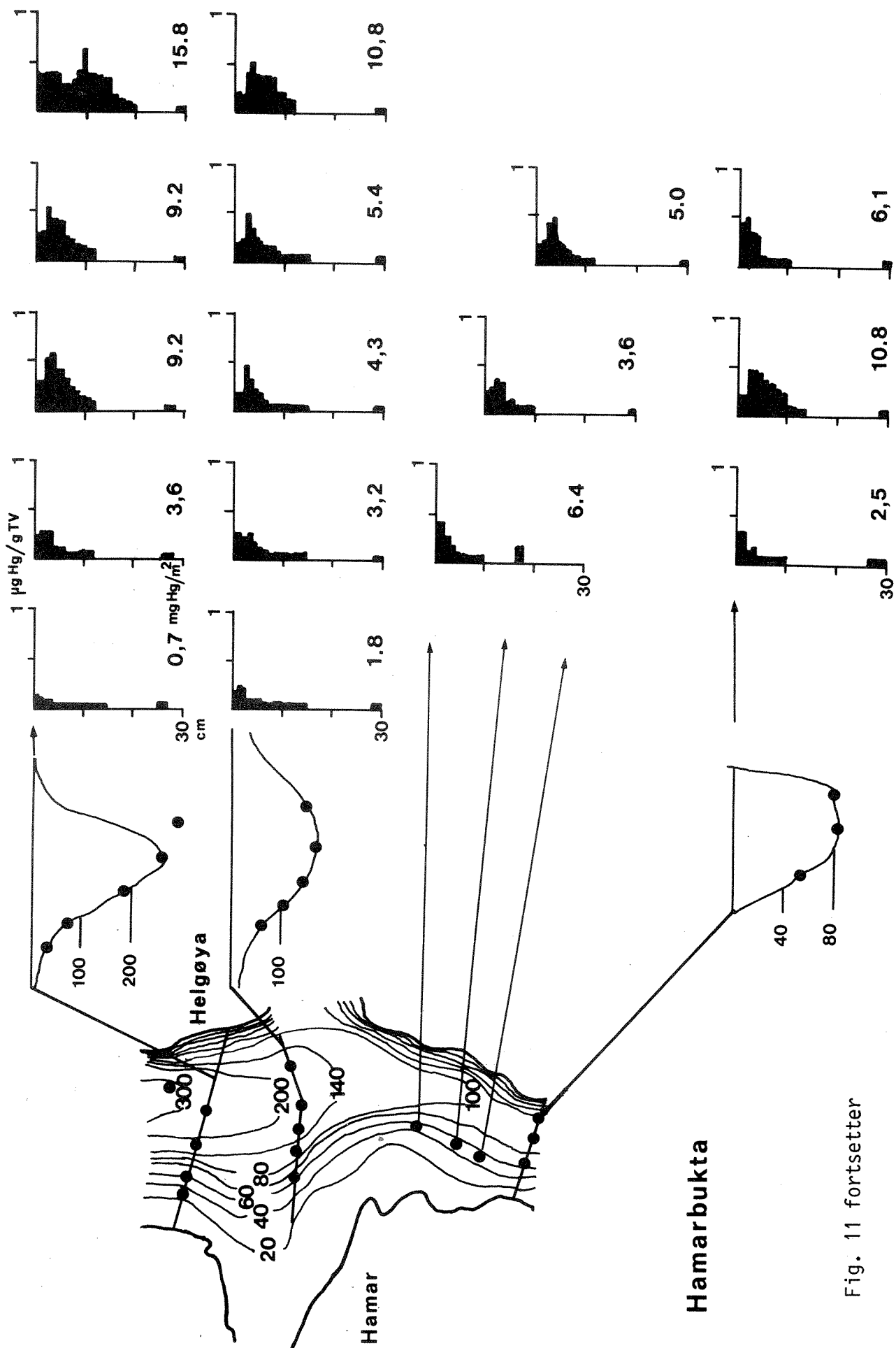


Fig. 11 fortsetter
Fig. 11 fortsetter



Hamarbukta

Fig. 11 fortsetter

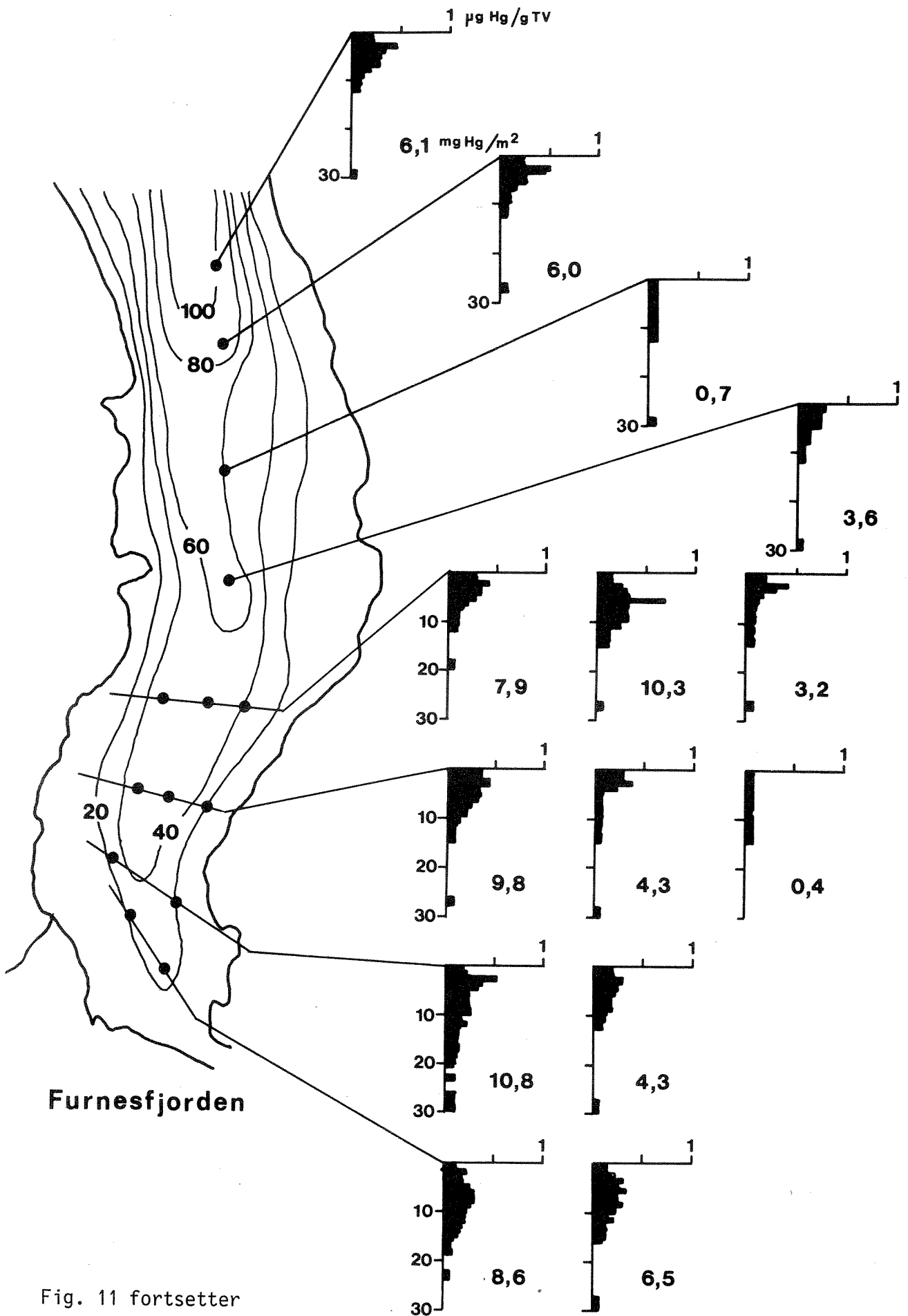


Fig. 11 fortsetter

I Gjøvikområdet ligger også de forurensede sjikt nær sidementoverflaten. I fiberlagene er sedimentene forurenset også på større sedimentdyp (20-30 cm). Metylering i forbindelse med metandannelse i fibrene antas å gi en viss remobilisering også i dypere områder (flak av gassholdige fibre er ofte observert i dette området). Generelt sett vurderes derfor deponeringene utenfor Gjøvik og syddover som potensielle områder for remobilisering.

Interessant å merke seg er at dypområdene på vestsiden av Helgøya og ned til sentralområdene er relativt lite forurenset, men at de høyeste konsentrasjonene ligger nærmest sedimentoverflaten og følgelig er lett tilgjengelig for remobilisering. Sedimentprofilen minner om et transportsediment og står i kontrast til profilene i dypområdene øst for Helgøya og syd for sentralpartiene (fig. 8) som er typiske akkumulasjonssedimenter. Dette forholdet er påfallende, men vanskelig å forklare.

Furnesfjorden innerst ved Brummunddal er relativt grunn og følgelig utsatt for strømmer induert av vindaktivitet spesielt fra syd. De største forurensningene finnes i sjiktet 0-10 cm. Det antas at bioturbasjon og resuspensjon er svært sannsynlig i dette området.

De midtre partier av Furnesfjorden (utenfor Jessnes) ned til ca. 80 m, og de østre områdene av Hamarbukta ned til tilsvarende dyp, har markerte transportsedimenter med liten vertikal variasjon i kvikksølvkonsentrasjon og høyeste verdier nærmest sedimentoverflaten. En stor grad av resuspensjon finner sted i dette området, noe som litt forklares ut fra den sterke vindpåvirkning og strømhastighet som er registrert i dette området (Holtan et al. 1980). En del av dette resuspenderte materialet sedimenterer i dypområdene mellom Helgøya-Nes og Hamarområdet. Relativt høye verdier i de øverste 3-5 cm kan indikere dette.

Som en oppsummering kan en si at kvikksølvforurensningen i store deler av Mjøssedimentene må betraktes som potensielt tilgjengelig for vannfasen, mens mye av deponeringene i Lågendeltaet anses som inaktivert. Hvor mye som aktuelt tilbakeføres er vanskelig å estimere, men Jerneløv & Asell (1974) antyder at tilnærmet 0,1 % av totalt uorganisk kvikksølv tilsted i sedimentene årlig blir omdannet til metylkvikksølv. I tillegg kommer den fysiske resuspensjon av alle kvikksølvforbindelser som finner sted som følge av stor vindaktivitet.

Metylkvikksølv er essensielt da det er denne formen som akkumuleres i fisk. Metylering finner sted i både aerobe og anaerobe sedimenter, men i størst utstrekning i den siste sedimenttypen (Olsen & Cooper 1976). Mjøsa's sedimenter er overveiende aerobe, men enkelte belastede områder utenfor de tre største kildeområdene Lillehammer, Gjøvik og Hamar har periodevis anaerobe sedimentoverflater (Holtan et al. 1980).

Et annet forhold som er viktig med hensyn til remobilisering av kvikksølv er bioaktiviteten i sedimentet. Mjøsa's aerobe sedimenter har bunnfauna helt ned til største dyp (Holtan et al. 1980). Fåbørstemark og fjærmygg-larver er de dominerende gruppene, men også de betraktelig større relikte krepsdyrene Pallasea quadrispinosa (marflolignende) og pungreken Mysis relicta er tilstede i bestemte skikt over hele innsjøen. Alle de nevnte gruppene er viktige i remobiliseringsprosessen. Fåbørstemark er f.eks. registrert i stort antall ($\sim 10.000 \text{ ind/m}^2$) i områder med deponering av trefibre (Holtan op. cit.). Bunndyrene ernærer seg helt eller delvis av organisk materiale i sedimentene og akkumulerer kvikksølv når sedimentet er forurensset av dette elementet (Skogheim et al. 1981). De relikte krepsdyrene er delvis planktoniske og alle er næringdyr for fisk. Derved er de både via sin aktivitet i sedimentet og som næringsdyr med på remobilisering av kvikksølv.

5. KONKLUSJON

Mjøsa's sedimenter er forurensset med tilsammen ca. 1,8 tonn kvikksølv. Omtrent halvparten av dette stammer fra Lillehammerområdet, der den nå nedlagte Mesna kartongfabrikk har vært hovedkilden. Den resterende halvparten fordeler seg på kildeområdene Gjøvik og Hamar-regionene. Hoveddelen av kvikksølvforurensningene er avsatt etter 1945 med en toppbelastning i midten av 1960-årene. Siden bruken av kvikksølv i treforedlingsindustrien ble forbudt i 1970 har belastningen gått noe ned. Vurdert ut fra eksisterende atmosfæriske tilførsler og tilførsler fra de urbane områdene rundt innsjøen må imidlertid tilførslene fortsatt betegnes som betydelige. En god del av kvikksølvet i sedimentene antas å være potensielt tilgjengelig for remobilisering og videretransport inn i økosystemet. Mjøsa's karakter som en vindeksponert innsjø, med lang oppholdstid og høy grad av bioaktivitet, gjør at kvikksølvforurensningene antagelig kommer til å kunne registreres i innsjøens økosystem i lang tid framover.

6. LITTERATURLISTE

- Aagaard, P. 1976. Mjøsprosjektet. Sedimentologiske undersøkelser 1972-74. Resultater og kommentarer. Delrapport nr. 7. 0-91/69 NIVA, 71 s.
- Abry, T. et al. 1982. Sedimentene i Tyrifjorden: Tungmetaller og date-ringer. Fagrapport nr. 19, Tyrifjordundersøkelsen. 40 s.
- Aston, S.R. et al. 1973. Mercury in lake sediments. A possible indicator of technological growth. Nature 241, 450-451.
- Brattebø, H. & Augustson, J.H. 1979. Datering av nyere sedimenter fra Tyrifjorden ved ^{137}Cs -målinger. Teknisk notat, F-339, Forsvarets forskningsinstitutt. 28 s.
- Edberg, N. 1980. Åldersbestämning av sediment med ^{137}Cs . Tillämpningar och problem. I 8. nordiske sedimentsymposium 8-11 mai, 1980. Salten skog laboratoriet Danmark. 195 s.
- Hatch, W.R. & Ott, W.L. 1968. Determination of submicrogram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. Analyt. Chem. 40. 2085-2087.
- Holtan, H. et al. 1980. Jotunheimen. NIVA-rapport 0-79079, 211 s.
- Håkanson, L. 1974. Mercury in some Swedish lake sediments Ambio 3, s 37-43.
- Håkanson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of lake sedimentology. Springer Verlag 1983, 316 s.
- Jerneløv, A. & Lann, H. 1973. Studies in Sweden on feasibility of some methods for restoration of mercury-contaminated bodies of water. Envir. Sci. Technol. 7, 712-718.
- Jerneløv, A. & Åsell, E. 1974. The feasibility of restoring mercury contaminated waters. Proc. Int. Conf. Heavy Metals in the Aquatic Environment. Vanderbilt Univ. Nashville Tennessee, 299-309.

- Kjellberg, G. & Rognerud, S. 1984. Overvåkingen av Mjøsa. Sammendrag, trender og kommentarer til situasjonen 1976-83. Overvåkningsrapport 148/84, NIVA, 55 s.
- Lindqvist, O. et al. 1984. Mercury in Swedish Environment Global and local sources. SNV.PM 1816. Naturvårdsverket. 103 s.
- Olsen, B.M. & Cooper, R.C. 1976. Comparison of aerobic and anaerobic methylation of mercuric chloride by San Fransisco by sediments. Water Res. 10, 113-116.
- Sandlund et al. 1981. Kvikksølv i fisk og evertebrater i Mjøsa og noen innsjøer i Mjøsområdet, 1979-80. DVF-Mjøsundersøkelsen, Rapport nr. 4. 54 s.
- Särkkä, I. et al. 1978. Mercury and chlorinated hydrocarbons in plankton of Lake Pärjanne, Finland. Environ. Pollut. 16; 41-49.
- Semb, A. 1980. Tilførsel av kvikksølv fra atmosfæren. Fagrapport nr. 6. Tyrifjordutvalget. 17 s.
- Skogheim, O.K. 1979. Rapport fra Årungenprosjektet. Nr 2. Ås-NLH. 7 s.
- Skogheim, O.K. et al. 1981. Kvikksølv i Tyrifjorden - Data og diskusjon. Tyrifjordutvalgets fagrapport nr. 7. 84 s.
- Westöö, G. 1966. Determination of methyl mercury compounds in foodstuffs. I. Methyl mercury compounds in fish, identification and determination. Acta Chem. Scan. 20. 2131-2137.

SRO/IBO/LIS

26.02.85

DISK:RAP6

PRIMÆRDATA

Følgende opplysninger er gitt:

KNR: Sedimentkjernens nummer. Lokalisering, se fig.1.

DYP: Avstanden i cm fra kjernens overflate til de respektive prøvedyp.

HG : Kvikksølvinnholdet i $\mu\text{g/g}$ tørrvekt av sedimentet.

Bak HG er gitt en grov beskrivelse av sedimentkjernen før oppsplittingen.

Følgende kode er brukt:

B : Brunaktig sediment ofte med organiske rester

S : Sand, sand dominerer skiktet.

F : Fiber, i øynefallende fiberlag fra cellulosefabrikker

G : Grå, leiresediment

GB: Gråbrunt, leire med innslag av organisk materiale, brunt dominerende farge

BG: Brungrått, som ovenfor men grått dominerer

LG: lysgrå, leiresediment

GS: gråsvart, leiresediment med FeS i tynne tette lag

MB(M): mørk brun, organiske sedimenter med FeS felling

KNR	DYP	HG	
1	00-06	0.151	B
1	6-07	0.177	G
1	7-08	0.141	↓
1	8-09	0.110	
1	9-10	0.141	
1	10-11	0.363	
1	11-12	0.266	
1	12-13	0.717	
1	13-14	0.437	
1	14-15	1.107	
1	15-16	0.914	
1	18-19	0.179	
1	19-20	0.220	
1	20-21	0.115	
1	21-22	0.187	↓
1	22-23	0.089	S
1	23-24	0.131	S
1	24-25	0.191	S
1	25-26	0.200	LG
1	26-27	0.212	↓
1	27-28	0.157	G
1	28-29	0.154	↓
1	29-30	0.122	
1	30-31	0.107	↓
1	31-32	0.108	BG
1	34-35	0.122	↓
1	35-36	0.114	↓
1	41-42	0.090	GS
1	42-43	0.098	GS

KNR	DYP	HG	
3	0-04	0.217	B
3	4-05	0.151	M,F
3	5-06	0.174	↓
3	6-07	0.237	
3	7-08	0.182	
3	8-09	0.440	GB
3	9-10	0.433	↓
3	10-11	0.723	GS
3	11-12	0.335	↓
3	12-13	1.004	
3	13-14	1.168	
3	14-15	0.330	
3	15-16	1.003	↓
3	16-17	0.251	G
3	17-18	0.225	↓
3	18-19	0.274	
3	19-20	0.214	↓
3	20-21	0.125	LG
3	21-22	0.147	↓
3	22-23	0.152	
3	23-24	0.106	
3	26-27	0.122	
3	27-28	0.145	
3	30-31	0.097	
3	31-32	0.122	
3	38-39	0.076	
3	39-40	0.068	↓

KNR	DYP	HG	
2	0-05	0.206	BG
2	5-06	0.325	GB
2	6-07	0.148	↓
2	7-08	0.347	
2	8-09	0.412	
2	9-10	0.914	↓
2	10-11	0.552	GS
2	11-12	1.023	↓
2	12-13	0.959	
2	13-14	0.313	
2	14-15	0.273	
2	15-16	0.252	
2	16-17	0.250	↓
2	17-18	0.217	G
2	18-19	0.155	↓
2	19-20	0.118	
2	20-21	0.108	
2	21-22	0.195	
2	22-23	0.202	↓
2	23-24	0.078	LG
2	24-25	0.098	↓
2	27-28	0.114	
2	28-29	0.120	
2	33-34	0.089	
2	34-35	0.088	↓

KNR	DYP	HG	
4	0-02	0.178	B
4	2-03	0.197	GS
4	3-04	0.167	↓
4	4-05	0.159	
4	5-06	0.160	
4	6-07	0.373	LG
4	7-08	0.324	↓
4	8-09	0.966	GS
4	9-10	0.850	↓
4	10-11	0.239	
4	11-12	0.714	↓
4	12-13	0.210	G
4	13-14	0.214	↓
4	14-15	0.177	
4	15-16	0.216	↓
4	16-17	0.128	LG
4	17-18	0.119	↓
4	20-21	0.135	
4	21-22	0.210	
4	22-23	0.098	
4	23-24	0.098	
4	24-25	0.098	
4	25-26	0.079	
4	30-31	0.089	
4	31-32	0.089	
4	32-33	0.079	
4	33-34	0.092	↓

KNR	DYP	HG		7	7-08	0.277	G
				7	8-09	0.160	GS
5	0-06	0.174	B	7	9-10	0.129	
5	6-07	0.323	LG	7	10-12	0.153	
5	7-08	0.550	↓	7	12-13	0.109	
5	8-09	1.060	GS	7	13-14	0.149	
5	9-10	1.489	↓	7	14-15	0.123	↓
5	10-11	0.349		7	15-16	0.097	LG
5	11-12	0.306		7	16-17	0.094	
5	12-13	0.281		7	17-18	0.089	
5	13-14	0.271		7	20-22	0.074	
5	14-15	0.097	G	7	26-27	0.089	
5	15-16	0.142	↓	7	27-28	0.077	↓
5	16-17	0.125					
5	17-18	0.154		KNR	DYP	HG	
5	18-19	0.125					
5	19-20	0.155	↓	8	0-02	0.146	B
5	20-21	0.086	LG	8	2-03	0.146	
5	21-22	0.096	↓	8	3-04	0.137	
5	22-23	0.078		8	4-05	0.147	↓
5	23-24	0.087		8	5-06	0.202	GS
5	24-25	0.087		8	6-07	0.322	
5	25-26	0.097		8	7-08	0.421	
5	40-41	0.066		8	8-10	0.444	
5	41-42	0.068	↓	8	10-11	1.261	
				8	11-12	1.325	
KNR	DYP	HG		8	12-13	8.771	
6	0-02	0.147	B	8	13-14	1.345	
6	2-03	0.141	↓	8	14-15	0.169	
6	3-04	0.165	GB	8	15-16	0.707	↓
6	4-05	0.318	↓	8	16-17	0.074	S
6	5-06	0.329	G	8	17-18	0.073	S
6	6-07	0.915	↓	8	18-19	0.308	GS
6	7-08	1.512		8	19-20	0.281	
6	8-09	1.365		8	20-21	0.297	
6	9-10	1.290		8	21-22	0.227	
6	10-11	0.054	↓	8	26-27	0.112	
6	11-12	0.174	S	8	27-28	0.141	↓
6	12-13	0.239	S	8	46-48	0.092	LG
6	13-14	0.233	LG	KNR	DYP	HG	
6	14-15	0.245	↓				
6	15-16	0.243		9	0-02	0.151	B,F
6	16-17	0.254		9	2-03	0.128	
6	17-18	0.167		9	3-04	0.145	
6	18-19	0.103		9	4-05	0.147	
6	19-20	0.131		9	5-06	0.147	
6	20-21	0.172		9	6-07	0.200	
6	21-22	0.117		9	7-08	0.154	
6	22-23	0.166		9	8-09	0.126	
6	23-24	0.165		9	9-10	0.126	
6	30-31	0.094		9	10-11	0.101	
6	31-32	0.097	↓	9	11-12	0.101	↓
				9	12-13	0.250	GS
KNR	DYP	HG		9	13-14	0.423	
7	0-01	0.164	B	9	14-15	0.796	
7	1-02	0.192	B	9	16-18	0.636	↓
7	2-03	0.644	G	9	18-19	0.504	BG
7	3-04	1.495	↓	9	19-20	0.736	
7	4-05	0.634		9	20-21	0.810	
7	5-06	0.310		9	21-22	1.187	
7	6-07	0.329	↓	9	22-23	0.786	↓
				9	23-24	0.221	G

KNR	DYP	HG	
10	0-02	0.244	GS
10	2-03	0.238	↓
10	3-04	0.156	
10	4-05	0.136	
10	5-06	0.174	
10	6-07	0.137	
10	7-08	0.127	
10	8-10	0.131	↓
10	10-11	0.176	G
10	11-12	0.195	↓
10	12-13	0.241	
10	13-14	0.181	
10	16-17	0.101	GS
10	17-18	0.140	↓
10	20-21	0.211	BG
10	21-22	0.212	↓
10	24-25	0.331	
10	25-26	0.401	
10	26-27	0.473	
10	27-28	0.422	
10	28-30	0.496	↓

12	15-16	0.194	G
12	16-17	0.176	↓
12	17-18	0.130	
12	18-19	0.123	
12	19-20	0.121	
12	24-25	0.109	
12	25-26	0.142	
12	38-39	0.119	
12	39-40	0.110	↓

KNR	DYP	HG	
13	0-02	0.238	B
13	2-03	0.212	B
13	3-04	0.209	GS
13	4-05	0.240	↓
13	5-06	0.250	
13	6-07	0.334	
13	7-08	0.329	
13	8-09	0.224	
13	9-10	0.241	
13	10-11	0.252	
13	11-12	0.239	
13	12-13	0.272	
13	13-14	0.261	↓
13	14-15	0.269	LG
13	15-16	0.342	↓
13	16-17	0.270	
13	17-18	0.270	
13	18-19	0.300	GS
13	19-20	0.565	↓
13	20-21	1.267	
13	21-22	0.596	
13	22-23	0.314	
13	23-24	0.351	
13	24-25	0.259	↓
13	25-26	0.163	G
13	26-27	0.132	↓
13	30-32	0.131	
13	34-35	0.104	
13	35-36	0.114	
13	44-45	0.114	↓

KNR	DYP	HG	
11	0-02	0.217	B
11	2-03	0.165	↓
11	3-04	0.233	
11	4-05	0.708	BG
11	5-06	0.728	↓
11	6-07	0.383	
11	7-08	0.298	
11	8-09	0.232	
11	9-10	0.221	
11	10-11	0.162	↓
11	11-12	0.095	G
11	12-13	0.164	↓
11	13-14	0.187	
11	14-15	0.161	
11	15-16	0.146	
11	16-17	0.105	
11	17-18	0.097	
11	18-19	0.095	
11	19-20	0.095	
11	22-23	0.089	
11	25-26	0.080	
11	32-34	0.078	↓

KNR	DYP	HG	
14	0-02	0.183	B
14	2-04	0.223	B
14	4-05	0.668	GB
14	5-06	1.183	GB
14	6-07	0.384	G
14	7-08	0.296	↓
14	8-09	0.181	
14	9-10	0.143	
14	10-11	0.161	
14	11-12	0.145	
14	12-13	0.143	
14	13-14	0.133	
14	14-15	0.106	
14	15-16	0.101	
14	16-17	0.077	
14	17-18	0.068	
14	28-29	0.067	
14	29-30	0.058	↓

KNR	DYP	HG	
12	0-02	0.238	B
12	2-04	0.230	B
12	4-05	0.381	GS
12	5-06	0.770	↓
12	6-07	1.053	
12	7-08	0.911	
12	8-09	0.372	
12	9-10	0.308	
12	10-11	0.324	
12	11-12	0.213	↓
12	12-13	0.152	G
12	13-14	0.151	↓
12	14-15	0.140	↓

15	0-02	0.289	B
15	2-03	0.094	B
15	3-04	0.106	GB
15	4-05	0.135	↓
15	5-06	0.106	G
15	6-07	0.096	↓
15	7-08	0.096	↓
15	8-09	0.088	↓
15	9-10	0.096	↓
15	10-11	0.067	↓
15	11-12	0.058	↓
15	43-44	0.075	↓
15	52-53	0.075	↓

KNR	DYP	HG	
16	0-02	0.124	B
16	2-04	0.105	B
16	4-05	0.182	GS
16	5-06	0.258	↓
16	6-07	0.710	↓
16	7-08	0.894	↓
16	8-09	0.335	↓
16	9-10	0.222	↓
16	10-11	0.256	↓
16	11-12	0.235	↓
16	12-13	0.182	↓
16	13-14	0.150	↓
16	14-15	0.167	↓
16	15-16	0.205	↓
16	16-17	0.195	G
16	17-18	0.153	↓
16	18-19	0.134	↓
16	19-20	0.122	↓
16	20-21	0.096	↓
16	21-22	0.088	↓
16	22-23	0.098	↓
16	23-24	0.086	↓
16	24-25	0.080	↓
16	25-26	0.086	↓
16	26-27	0.080	↓
16	27-28	0.088	↓
16	28-29	0.084	↓
16	29-30	0.078	↓
16	34-36	0.096	↓
16	36-37	0.070	S
16	37-38	0.066	S
16	44-46	0.079	G
16	46-48	0.078	G

KNR	DYP	HG	
17	0-02	0.333	F
17	2-03	0.175	G
17	3-04	0.236	↓
17	4-05	0.471	GS
17	5-06	0.892	↓
17	6-07	0.602	↓
17	7-08	0.429	↓
17	8-09	0.234	G
17	9-10	0.197	↓
17	10-11	0.279	↓

17	11-12	0.273	G
17	12-13	0.163	↓
17	13-14	0.134	↓
17	14-15	0.183	↓
17	15-16	0.184	↓
17	16-17	0.163	↓
17	17-18	0.115	↓
17	18-19	0.112	↓
17	19-20	0.093	↓

KNR	DYP	HG	
18	0-02	0.134	B
18	2-03	0.110	B,S
18	3-04	0.089	↓
18	4-05	0.124	↓
18	5-06	0.173	GS
18	6-07	0.154	↓
18	7-08	0.176	BG
18	8-09	0.288	↓
18	9-10	0.387	↓
18	10-11	0.703	↓
18	11-12	1.011	↓
18	12-13	0.985	↓
18	13-14	0.784	↓
18	14-15	0.624	↓
18	15-16	0.565	↓
18	16-17	0.304	↓
18	17-18	0.191	S

KNR	DYP	HG	
19	0-02	0.576	GS
19	2-03	0.139	↓
19	3-04	0.148	↓
19	4-05	0.107	↓
19	5-06	0.149	↓
19	6-07	0.116	↓
19	7-08	0.116	↓
19	8-09	0.128	↓
19	9-10	0.371	G
19	10-11	0.108	↓
19	11-12	0.149	↓
19	12-13	0.348	↓
19	13-14	0.521	↓
19	14-15	0.309	↓
19	15-16	0.646	↓
19	16-17	0.931	↓
19	17-18	0.781	↓
19	18-19	0.929	↓
19	19-20	0.604	↓

KNR	DYP	HG	
20	0-02	0.142	BG
20	2-04	0.138	↓
20	4-05	0.132	↓
20	5-06	0.137	↓
20	6-07	0.128	↓
20	7-08	0.126	↓
20	8-09	0.313	↓
20	9-10	0.507	↓
20	10-15	0.210	GS

KNR	DYP	HG	
21	0-02	0.244	B
21	2-04	0.318	B
21	4-05	1.313	BG
21	5-06	1.124	↓
21	6-07	0.334	
21	7-08	0.344	↓
21	8-09	0.175	GS
21	9-10	0.130	↓
21	10-11	0.187	
21	11-12	0.197	
21	12-13	0.158	
21	13-14	0.139	
21	14-15	0.148	
21	15-16	0.128	
21	16-17	0.073	
21	17-18	0.107	↓
21	26-27	0.097	LG
21	27-28	0.094	↓
21	30-31	0.091	
21	31-32	0.085	
21	32-33	0.095	
21	33-34	0.082	↓

KNR	DYP	HG	
22	4-06	1.141	BG
22	6-07	0.495	↓
22	7-08	0.384	
22	8-09	0.356	
22	9-10	0.294	
22	10-11	0.206	↓
22	11-12	0.168	GS
22	12-13	0.206	↓
22	13-14	0.236	
22	14-15	0.202	
22	15-16	0.168	↓
22	24-25	0.107	G
22	25-26	0.150	G

KNR	DYP	HG	
23	2-04	0.277	B
23	4-05	0.813	BG
23	5-06	1.050	↓
23	6-07	0.860	
23	7-08	0.487	
23	8-09	0.390	
23	9-10	0.271	↓
23	10-11	0.209	GS
23	11-12	0.166	↓
23	12-13	0.195	
23	13-14	0.232	↓
23	20-21	0.129	G
23	21-22	0.126	G

KNR	DYP	HG	
24	4-05	1.146	BG
24	5-06	0.818	↓
24	6-07	0.717	
24	7-08	0.246	↓
24	8-09	0.145	G
24	9-10	0.192	G

KNR	DYP	HG	
24	10-11	0.178	GS
24	11-12	0.214	↓
24	12-13	0.182	
24	22-23	0.113	
24	23-24	0.105	↓
25	0-02	0.161	B
25	2-04	0.187	B
25	4-05	0.605	BG
25	5-06	1.004	↓
25	6-07	0.341	
25	7-08	0.223	
25	8-09	0.223	↓
25	9-10	0.192	GB
25	10-11	0.160	↓
25	11-12	0.112	
25	12-13	0.105	
25	13-14	0.158	
25	14-15	0.145	
25	15-16	0.125	↓
25	38-39	0.067	G
25	39-40	0.072	G

KNR	DYP	HG	
26	0-02	0.207	B
26	2-03	0.473	BG
26	3-04	0.777	↓
26	4-05	0.649	
26	5-06	0.416	
26	6-07	0.251	
26	7-08	0.194	
26	8-09	0.127	↓
26	9-10	0.131	GS
26	10-11	0.152	↓
26	11-12	0.115	
26	12-13	0.104	
26	13-14	0.114	
26	14-15	0.095	
26	15-16	0.097	↓
26	16-17	0.076	
26	17-18	0.088	↓
26	38-39	0.077	G
26	39-40	0.069	G

KNR	DYP	HG	
27	0-02	0.212	B
27	2-03	0.331	B
27	3-04	0.711	BG
27	4-05	0.995	↓
27	5-06	0.458	
27	6-07	0.303	
27	7-08	0.253	
27	8-09	0.169	
27	9-10	0.126	↓
27	10-11	0.156	GS
27	11-12	0.175	↓
27	12-13	0.152	
27	13-14	0.132	
27	14-15	0.127	
27	15-16	0.119	
27	16-17	0.094	↓
27	17-18	0.082	
27	24-26	0.073	G
27	26-27	0.073	↓
27	27-28	0.076	

KNR	DYP	HG	
28	0-02	0.197	B
28	2-03	0.663	BG
28	3-04	1.073	↓
28	4-05	0.327	↓
28	5-06	0.284	↓
28	6-07	0.230	↓
28	7-08	0.152	↓
28	8-09	0.116	↓
28	9-10	0.153	↓
28	10-11	0.143	GS
28	11-12	0.119	↓
28	12-13	0.110	↓
28	13-14	0.098	↓
28	16-17	0.076	↓
28	17-18	0.063	G
28	22-23	0.076	↓
28	23-24	0.075	↓
28	28-30	0.066	↓

29	0-02	0.244	B
29	2-03	0.359	BG
29	3-04	0.613	↓
29	4-05	1.280	↓
29	5-06	1.296	↓
29	6-07	0.395	↓
29	7-08	0.243	↓
29	8-09	0.307	↓
29	9-10	0.161	GS
29	10-11	0.118	↓
29	11-12	0.182	↓
29	12-13	0.181	↓
29	13-14	0.144	↓
29	36-37	0.066	G
29	37-38	0.056	G

KNR	DYP	HG	
30	0-01	0.234	B
30	1-02	0.234	↓
30	2-03	0.328	↓
30	3-04	0.642	BG
30	4-05	1.161	↓
30	5-06	0.619	↓
30	6-07	0.318	↓
30	7-08	0.264	↓
30	8-09	0.173	GS
30	9-10	0.126	↓
30	10-11	0.161	↓
30	11-12	0.199	↓
30	12-13	0.158	↓
30	13-14	0.129	↓
30	34-35	0.088	LG
30	35-36	0.087	LG

KNR	DYP	HG	
31	0-01	0.245	B
31	1-02	0.328	↓
31	2-03	0.765	GB
31	3-04	0.339	↓
31	4-05	0.190	↓
31	5-06	0.193	↓

31	6-07	0.182	GB
31	7-08	0.116	↓
31	8-09	0.108	GS
31	9-10	0.138	↓
31	10-11	0.097	↓
31	11-12	0.098	↓
31	12-13	0.097	↓
31	13-14	0.093	↓
31	32-33	0.066	G
31	33-34	0.076	G

KNR	DYP	HG	
32	0-01	0.211	B
32	1-02	0.243	↓
32	2-03	0.350	GB
32	3-04	0.391	↓
32	4-05	0.861	↓
32	5-06	0.853	↓
32	6-07	0.264	↓
32	7-08	0.245	↓
32	8-09	0.181	BG
32	9-10	0.119	↓
32	10-11	0.097	↓
32	11-12	0.129	↓
32	12-13	0.118	↓
32	13-14	0.087	↓
32	32-33	0.055	G
32	33-34	0.055	G

KNR	DYP	HG	
33	0-01	0.232	B
33	1-02	0.340	↓
33	2-03	0.766	BG
33	3-04	0.558	↓
33	4-05	0.233	↓
33	5-06	0.210	↓
33	6-07	0.139	↓
33	7-08	0.133	GB
33	8-09	0.115	↓
33	9-10	0.097	↓
33	10-11	0.092	↓
33	11-12	0.088	↓
33	12-13	0.098	G
33	13-14	0.097	↓
33	26-27	0.066	↓
33	27-28	0.074	↓

KNR	DYP	HG	
34	0-02	0.851	B
34	2-03	0.290	↓
34	3-04	0.230	GB
34	4-05	0.162	↓
34	5-06	0.112	↓
34	6-07	0.119	↓
34	7-08	0.141	↓
34	8-09	0.112	↓
34	9-10	0.107	↓
34	10-11	0.091	G
34	11-12	0.099	↓
34	26-27	0.062	↓
34	27-28	0.062	↓

KNR	DYP	HG	
35	0-01	0.360	B
35	1-02	0.355	B
35	2-03	0.748	BG
35	3-04	0.508	
35	4-05	0.223	
35	5-06	0.228	
35	6-07	0.127	
35	7-08	0.129	
35	8-09	0.142	
35	9-10	0.100	
35	10-11	0.119	
35	11-12	0.110	G
35	34-35	0.082	G
35	35-36	0.072	G

KNR	DYP	HG	
39	0-01	0.281	B
39	1-02	0.311	
39	2-03	0.905	BG
39	3-04	0.911	
39	4-05	0.506	
39	5-06	0.392	
39	6-07	0.243	
39	7-08	0.150	
39	8-09	0.208	G
39	9-10	0.157	
39	10-11	0.148	
39	11-12	0.141	
39	34-35	0.103	
39	35-36	0.103	

KNR	DYP	HG	
36	0-02	0.261	B
36	2-03	0.504	GB
36	3-04	0.583	
36	4-05	0.697	
36	5-06	0.339	
36	6-07	0.294	
36	7-08	0.232	
36	8-09	0.178	G
36	9-10	0.167	
36	10-11	0.132	
36	11-12	0.090	
36	38-39	0.081	
36	39-40	0.081	

KNR	DYP	HG	
40	0-01	0.220	B
40	1-02	0.238	
40	2-03	0.493	BG
40	3-04	0.698	
40	4-05	0.350	
40	5-06	0.302	
40	6-07	0.147	
40	7-08	0.175	G
40	8-09	0.163	
40	9-10	0.117	
40	24-25	0.071	
40	25-26	0.074	

KNR	DYP	HG	
37	0-01	0.216	B
37	1-02	0.293	MB
37	2-03	0.760	
37	3-04	0.844	
37	4-05	0.507	BG
37	5-06	0.367	
37	6-07	0.331	
37	7-08	0.243	
37	8-09	0.163	G
37	9-10	0.198	
37	28-29	0.073	
37	29-30	0.079	

KNR	DYP	HG	
41	0-01	0.164	MB
41	1-02	0.125	
41	2-03	0.086	B
41	3-04	0.073	
41	4-05	0.065	
41	5-06	0.066	BG
41	6-07	0.063	
41	7-08	0.058	
41	8-09	0.065	
41	9-10	0.066	BG
41	10-11	0.071	MB
41	11-12	0.064	
41	26-27	0.074	BG
41	27-28	0.072	

KNR	DYP	HG	
38	0-01	0.273	B
38	1-02	0.341	
38	2-03	0.756	MB
38	3-04	0.638	BG
38	4-05	0.339	
38	5-06	0.236	
38	6-07	0.188	
38	7-08	0.199	
38	8-09	0.140	
38	9-10	0.148	
38	34-35	0.102	G
38	35-36	0.110	G

KNR	DYP	HG	
42	0-01	0.243	B
42	1-02	0.277	
42	2-03	0.309	
42	3-04	0.295	BG
42	4-05	0.144	
42	5-06	0.131	
42	6-07	0.088	
42	7-08	0.093	
42	8-09	0.094	
42	9-10	0.095	
42	10-11	0.074	
42	11-12	0.081	
42	26-27	0.080	
42	27-28	0.081	

KNR	DYP	HG	
50	0-01	0.199	B
50	1-02	0.249	↓
50	2-03	0.237	BG
50	3-04	0.113	↓
50	4-05	0.125	↓
50	5-06	0.137	↓
50	6-07	0.077	↓
50	7-08	0.078	↓
50	8-09	0.070	G
50	9-10	0.073	G
50	10-11	0.073	BG
50	11-12	0.073	↓
50	12-13	0.073	↓
50	13-14	0.078	↓
50	30-32	0.062	↓

KNR	DYP	HG	
51	0-02	0.446	B
51	2-03	0.260	↓
51	3-04	0.188	↓
51	4-05	0.116	↓
51	5-06	0.101	↓
51	6-07	0.087	G
51	7-08	0.087	LG
51	16-17	0.093	BG
51	17-18	0.087	↓

KNR	DYP	HG	
52	0-01	0.240	MB
52	1-02	0.273	↓
52	2-03	0.355	↓
52	3-04	0.318	↓
52	4-05	0.124	BG
52	5-06	0.131	↓
52	6-07	0.094	↓
52	7-08	0.081	↓
52	8-09	0.086	↓
52	9-10	0.085	↓
52	30-31	0.071	G
52	31-32	0.071	G

KNR	DYP	HG	
53	0-01	0.221	B
53	1-02	0.250	↓
53	2-03	0.436	BG
53	3-04	0.470	↓
53	4-05	0.252	↓
53	5-06	0.238	↓
53	6-07	0.160	↓
53	7-08	0.117	↓
53	8-09	0.102	↓
53	9-10	0.095	↓
53	10-11	0.085	G
53	11-12	0.081	↓
53	34-35	0.073	↓
53	35-36	0.073	↓

KNR	DYP	HG	
54	0-01	0.451	B
54	1-02	0.501	↓
54	2-03	0.338	↓
54	3-04	0.305	BG
54	4-05	0.102	↓
54	5-06	0.080	↓
54	6-07	0.073	↓
54	7-08	0.073	↓
54	8-09	0.088	↓
54	9-10	0.088	↓
54	30-31	0.086	G
54	31-32	0.087	G

KNR	DYP	HG	
55	0-02	0.222	MB
55	2-04	0.442	↓
55	4-05	0.431	BG
55	5-06	0.340	↓
55	6-07	0.312	↓
55	7-08	0.311	↓
55	8-09	0.260	↓
55	9-10	0.196	↓
55	10-11	0.109	↓
55	11-12	0.095	↓
55	30-31	0.074	G
55	31-32	0.081	G

KNR	DYP	HG	
56	0-02	0.312	B
56	2-03	0.134	G
56	3-04	0.164	↓
56	4-05	0.090	↓
56	5-06	0.080	LG
56	6-07	0.072	↓
56	7-08	0.072	BG
56	8-09	0.080	↓
56	9-10	0.088	↓
56	10-11	0.074	↓
56	11-12	0.079	↓
56	30-31	0.073	G
56	31-32	0.073	G

KNR	DYP	HG	
57	0-02	0.222	B
57	2-04	0.457	BG
57	4-05	0.341	↓
57	5-06	0.297	↓
57	6-07	0.272	↓
57	7-08	0.286	↓
57	8-09	0.194	↓
57	9-10	0.119	↓
57	10-11	0.087	G
57	11-12	0.089	↓
57	30-31	0.081	↓
57	31-32	0.073	↓

- 43 -61 26-27 0.070 G
 61 27-28 0.078 G

KNR	DYP	HG	
58	0-01	0.249	MB
58	1-02	0.246	↓
58	2-03	0.518	BG
58	3-04	0.466	↓
58	4-05	0.290	↓
58	5-06	0.295	↓
58	6-07	0.184	↓
58	7-08	0.209	↓
58	8-09	0.121	↓
58	9-10	0.098	↓
58	10-11	0.097	↓
58	11-12	0.094	↓
58	26-27	0.097	↓
58	27-28	0.092	↓

KNR	DYP	HG	
62	0-02	0.186	B
62	2-03	0.271	↓
62	3-04	0.310	↓
62	4-05	0.371	↓
62	5-06	0.684	↓
62	6-07	0.341	↓
62	7-08	0.318	GS
62	8-09	0.317	↓
62	9-10	0.334	↓
62	10-11	0.303	↓
62	11-12	0.254	↓
62	26-27	0.086	G
62	27-28	0.089	G

KNR	DYP	HG	
59	0-02	0.096	B
59	2-03	0.090	↓
59	3-04	0.097	↓
59	4-05	0.102	↓
59	5-06	0.083	↓
59	6-07	0.088	↓
59	7-08	0.074	↓
59	8-09	0.079	↓
59	9-10	0.080	↓
59	10-11	0.073	↓
59	11-12	0.076	↓
59	30-31	0.081	↓
59	31-32	0.081	↓

KNR	DYP	HG	
63	0-02	0.291	B
63	2-04	0.424	GS
63	4-05	0.345	↓
63	5-06	0.299	↓
63	6-07	0.206	↓
63	7-08	0.164	↓
63	8-09	0.119	G
63	9-10	0.103	↓
63	10-11	0.101	↓
63	11-12	0.086	↓
63	18-19	0.087	↓
63	19-20	0.085	↓

KNR	DYP	HG	
60	0-02	0.266	B
60	2-03	0.226	↓
60	3-04	0.225	↓
60	4-05	0.122	↓
60	5-06	0.112	↓
60	6-07	0.106	↓
60	7-08	0.088	↓
60	8-09	0.089	↓
60	9-10	0.088	↓
60	10-11	0.087	↓
60	11-12	0.097	G
60	36-37	0.089	G
60	37-38	0.066	G

KNR	DYP	HG	
64	0-01	0.100	MB
64	1-02	0.073	↓
64	2-03	0.064	GB
64	3-04	0.082	↓
64	4-05	0.089	↓
64	5-06	0.082	↓
64	6-07	0.080	↓
64	7-08	0.071	↓
64	8-09	0.073	↓
64	9-10	0.074	↓
64	10-11	0.064	↓
64	11-12	0.082	↓
64	12-13	0.080	↓
64	13-14	0.073	↓

KNR	DYP	HG	
61	0-02	0.203	B
61	2-04	0.412	↓
61	4-05	0.280	G
61	5-06	0.189	↓
61	6-07	0.110	↓
61	7-08	0.102	↓
61	8-09	0.091	GS
61	9-10	0.086	↓
61	10-11	0.095	↓
61	11-12	0.087	↓
61	12-13	0.085	↓
61	13-14	0.094	↓

KNR	DYP	HG	
65	0-02	0.291	MB
65	2-03	0.382	↓
65	3-04	0.234	↓
65	4-05	0.091	GB
65	5-06	0.073	↓
65	6-07	0.066	↓
65	7-08	0.057	LG
65	8-09	0.064	↓
65	9-10	0.066	↓
65	10-11	0.066	↓
65	11-12	0.039	↓
65	28-29	0.075	B
65	29-30	0.081	B

KNR	DYP	HG	
66	0-02	0.344	B
66	2-03	0.419	MB
66	3-04	0.419	
66	4-05	0.326	
66	5-06	0.333	
66	6-07	0.309	
66	7-08	0.244	
66	8-09	0.193	
66	9-10	0.191	
66	10-11	0.134	
66	11-12	0.115	G
66	12-13	0.098	
66	13-14	0.097	
66	26-27	0.091	
66	27-28	0.092	

KNR	DYP	HG	
67	0-02	0.198	MB
67	2-03	0.290	
67	3-04	0.302	
67	4-05	0.251	
67	5-06	0.234	
67	6-07	0.184	
67	7-08	0.181	
67	8-09	0.137	
67	9-10	0.128	
67	10-11	0.130	
67	11-12	0.108	
67	30-31	0.056	BG
67	31-32	0.057	

KNR	DYP	HG	
68	0-01	0.144	GS
68	1-02	0.231	
68	2-03	0.199	
68	3-04	0.208	
68	4-05	0.267	
68	5-06	0.335	
68	6-07	0.324	
68	7-08	0.310	
68	8-09	0.274	
68	9-10	0.244	
68	10-11	0.226	
68	11-12	0.231	G
68	12-13	0.171	
68	13-14	0.164	
68	14-15	0.130	
68	15-16	0.080	
68	16-17	0.074	
68	17-18	0.107	
68	22-23	0.074	
68	23-24	0.073	

KNR	DYP	HG	
69	0-02	0.157	B
69	2-03	0.235	MB
69	3-04	0.308	
69	4-05	0.266	
69	5-06	0.312	

69	6-07	0.250	MB
69	7-08	0.224	
69	8-09	0.274	
69	9-10	0.237	
69	10-11	0.150	
69	11-12	0.219	
69	12-13	0.135	G
69	13-14	0.135	
69	14-15	0.140	
69	15-16	0.123	
69	32-33	0.065	
69	33-34	0.065	

KNR	DYP	HG	
70	0-01	0.181	MB
70	1-02	0.221	GB
70	2-03	0.525	
70	3-04	0.385	
70	4-05	0.346	
70	5-06	0.249	
70	6-07	0.253	
70	7-08	0.259	
70	8-09	0.237	
70	9-10	0.267	
70	10-11	0.182	GS
70	11-12	0.228	
70	12-13	0.165	
70	13-14	0.135	
70	14-15	0.172	
70	15-16	0.142	
70	16-17	0.181	
70	17-18	0.141	
70	18-19	0.130	
70	19-20	0.111	
70	24-25	0.118	
70	25-26	0.118	
70	26-28	0.111	

KNR	DYP	HG	
71	0-01	0.359	B
71	1-02	0.205	GS
71	2-03	0.052	
71	3-04	0.105	
71	4-05	0.096	G
71	5-06	0.090	
71	6-07	0.082	
71	7-08	0.036	
71	8-09	0.044	
71	9-10	0.067	
71	10-11	0.065	
71	11-12	0.066	
71	12-13	0.082	
71	13-14	0.089	
71	14-15	0.082	
71	15-16	0.080	
71	16-17	0.089	
71	17-18	0.096	
71	18-19	0.089	
71	19-20	0.098	
71	20-21	0.120	
71	21-22	0.105	
71	22-23	0.087	

Knr	DYP	HG	Knr	DYP	HG
72	0-1	0.420	75	0-1	0.206
72	1-2	0.349	75	1-2	0.118
72	2-3	0.299	75	2-3	0.083
72	3-4	0.135	75	3-4	0.065
72	4-5	0.107	75	4-5	0.054
72	5-6	0.116	75	5-6	0.032
72	6-7	0.117	75	6-7	0.043
72	7-8	0.124	75	7-8	0.041
72	8-9	0.071	75	8-9	0.064
72	9-10	0.055	75	9-10	0.053
72	10-11	0.086	75	10-11	0.053
72	13-14	0.081	75	11-12	0.064
72	16-17	0.103	75	14-15	0.062
72	19-20	0.103	75	15-16	0.073
73	0-1	0.460	76	0-1	0.323
73	1-2	0.398	76	1-2	0.165
73	2-3	0.351	76	2-3	0.108
73	3-4	0.150	76	3-4	0.113
73	4-5	0.170	76	4-5	0.075
73	5-6	0.108	76	5-6	0.086
73	6-7	0.106	76	6-7	0.105
73	7-8	0.084	76	7-8	0.109
73	8-9	0.076	76	8-9	0.130
73	9-10	0.085	76	9-10	0.108
73	10-11	0.086	76	10-11	0.107
73	11-12	0.106	76	11-12	0.109
73	19-20	0.106	76	18-19	0.107
73	20-31	0.096	76	22-24	0.096
74	0-1	0.423	77	0-1	
74	1-2	0.248	77	1-2	
74	2-3	0.161	77	2-3	
74	3-4	0.118	77	3-4	
74	4-5	0.115	77	4-5	
74	5-6	0.107	77	5-6	
74	6-7	0.097	77	6-7	
74	7-8	0.084	77	7-8	
74	8-9	0.095	77	8-9	
74	9-10	0.118	77	9-10	
74	10-11	0.118	77	10-11	
74	11-12	0.117	77	11-12	
74	20-22	0.117	77	12-13	
74	30-31	0.107	77	40-42	

Knr	DYP	HG	Knr	DYP	HG
78	0-1	0.278	81	0-1	0.209
78	1-2	0.384	81	1-2	0.180
78	2-3	0.631	81	2-3	0.381
78	3-4	0.607	81	3-4	0.332
78	4-5	0.440	81	4-5	0.181
78	5-6	0.328	81	5-6	0.072
78	6-7	0.221	81	6-7	0.036
78	7-8	0.193	81	7-8	0.079
78	8-9	0.154	81	8-9	0.217
78	9-10	0.134	81	9-10	0.069
78	10-11	0.128	81	10-11	0.052
78	11-12	0.120	81	11-12	0.166
78	16-17	0.116	81	14-15	0.087
78	20-21	0.136	81	30-32	0.090
78	24-25	0.134	81	32-34	0.064
79	0-1		82	0-1	0.222
79	1-2		82	1-2	0.202
79	2-3		82	2-3	0.332
79	3-4		82	3-4	0.530
79	4-5		82	4-5	0.328
79	5-6		82	5-6	0.125
79	6-7		82	6-7	0.126
79	7-8		82	7-8	0.188
79	8-9		82	8-9	0.136
79	9-10		82	9-10	0.140
79	10-11		82	10-11	0.110
79	11-12		82	11-12	0.070
79	12-13		82	13-14	0.068
79	13-14		82	40-42	0.064
79	40-42		82	42-44	0.072
		Ingen obs.			
80	0-1	0.228	83	0-1	0.522
80	1-2	0.282	83	1-2	0.408
80	2-3	0.462	83	2-3	0.214
80	3-4	0.547	83	3-4	0.164
80	4-5	0.339	83	4-5	0.133
80	5-6	0.381	83	5-6	0.099
80	6-7	0.378	83	6-7	0.078
80	7-8	0.320	83	7-8	0.087
80	8-9	0.192	83	8-9	0.081
80	9-10	0.085	83	9-10	0.090
80	10-11	0.188	83	10-11	0.082
80	11-12	0.067	83	11-12	0.082
80	13-14	0.141	83	40-42	0.087
80	16-17	0.081	83	42-44	0.089
80	19-20	0.048			
80	25-26	0.074			
80	29-30	0.067			

Knr	DYP	HG	Knr	DYP	HG
84	0-1	0.235	87	0-1	0.210
84	1-2	0.292	87	1-2	0.501
84	2-3	0.846	87	2-3	0.641
84	3-4	0.198	87	3-4	0.492
84	4-5	0.134	87	4-5	0.292
84	5-6	0.147	87	5-6	0.279
84	6-7	0.138	87	7-8	0.165
84	7-8	0.129	87	8-9	0.134
84	8-9	0.136	87	9-10	0.088
84	9-10	0.134	87	10-11	0.060
84	10-11	0.304	87	11-12	0.060
84	11-12	0.326	87	19-20	0.074
84	12-13	0.387	87	30-32	0.088
84	13-14	0.230	87	40-42	0.067
84	14-15	0.230			
84	40-42	0.088			
85	0-1	0.276			
85	1-2	0.235			
85	2-3	0.218			
85	3-4	0.248			
85	4-5	0.376			
85	5-6	0.913			
85	6-7	0.294			
85	7-8	0.209			
85	8-9	0.918			
85	9-10	0.394			
85	10-11	0.423			
85	11-12	0.404			
85	15-16	0.338			
85	20-21	0.426			
85	23-24	0.105			
86	0-1	0.286			
86	1-2	0.101			
86	2-3	0.061			
86	3-4	0.074			
86	4-5	0.087			
86	5-6	0.087			
86	6-7	0.065			
86	7-8	0.081			
86	8-9	0.088			
86	9-10	0.093			
86	10-11	0.081			
86	11-12	0.087			