

O-86106

Undersøkelser av spredning av kvikksølv  
i vannmassene etter mudring i  
**PORSGRUNN FABRIKKERs**  
havneområde

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

#### Hovedkontor

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

#### Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

#### Østlandsavdelingen

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

#### Vestlandsavdelingen

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

Prosjektnr.: 86106
Undernummer:
Løpenummer: 1882
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Undersøkelser av spredning av kvikksølv i vannmassene etter mudring i Porsgrunn Fabrikkers havneområde	Dato:  2/9 1986
	Prosjektnummer:  86106
Forfatter (e):  Jarle Molvær Jens M. Skei	Faggruppe:  Marin økologi
	Geografisk område:  Telemark
	Antall sider (inkl. bilag):  30

Oppdragsgiver:  Norsk Hydro Porsgrunn Fabrikker	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  Mudringen foregikk trolig i et tidsrom med god vannutskiftning både i Frierfjordens overflatelag og dypvann. Under mudringen kan periodevis en ikke ubetydelig mengde kvikksølv ha blitt tilført vannmassene, og medført en lokal konsentrasjonsøkning. Målinger to døgn etter at mudringen ble avsluttet viste normale eller moderat økte kvikksølv-konsentrasjoner i vannmassene.
--

4 emneord, norske:

1. Mudring
2. Frierfjorden
3. Kvikksølv
4. Vannkvalitet

4 emneord, engelske:

1. Dredging
2. Frierfjord
3. Mercury
4. Water quality

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1099-7

0-86106

UNDERSØKELSER AV SPREDNING AV KVIKKSØLV I VANNMASSENE  
ETTER MUDRING I PORSGRUNN FABRIKKERS HAVNEOMRÅDE

Oslo, 02.09.1986

Prosjektleder: Jarle Molvær  
Medarbeider: Jens M. Skei

**INNHOOLD**

	side
FORORD	3
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	4
1.1 Bakgrunn for arbeidet	4
1.2 Mål for undersøkelsen	7
2. TIDLIGERE ERFARINGER FRA MUDRING OG DUMPING I MARINE OMRÅDER, OG FRIERFJORDEN SPESIELT	7
3. FELTARBEID OG DATAMATERIALE	9
3.1 Norsk Hydro's datamateriale	9
3.2 NIVA's undersøkelser	10
4. RESULTATER OG DISKUSJON	14
4.1 Hydrografiske forhold	14
4.2 Suspendert tørrstoff og transmisjon	16
4.3 Kvikksølv	17
5. LITTERATUR	24
VEDLEGG - Målinger av temperatur, saltholdighet, oksygen, suspendert tørrstoff, transmisjon, kvikksølv ufiltrert og filtrert.	25

## FORORD

Den foreliggende undersøkelsen er utført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag for Norsk Hydro Porsgrunn Fabrikker.

Ved Porsgrunn Fabrikker har Egil Haver og Bjørnar Kvalvik ved Forskningscenteret vært behjelpelig med gjennomføring av prøveinnsamling og fremskaffing av informasjon. Ved NIVA har Jens M. Skei og Jarle Molvær hatt ansvaret; sistnevnte også som prosjektleder.

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Hydrografiske målinger den 13. mai samt vannføringsdata for Skienselva tyder på at mudringen foregikk i et tidsrom da fortynnings- og utskiftningsforholdene var gunstige både i Frierfjordens overflatelag og dypvann.

Målinger av suspendert tørrstoff, transmisjon og kvikksølv (totalt og oppløst) ved mudrings- og dumpested den 13. mai (2 døgn etter at mudringen var avsluttet) viste gjennomgående kvikksølvkonsentrasjoner på normalnivået eller moderat konsentrasjonsøkning. Et visst forbehold må tas for det turbide bunnvannet på dumpestedet.

Sammenholder vi disse resultatene med Norsk Hydro's egne målinger av muddermassenes kvikksølvinnhold og kvikksølvinnhold i vannmassene mens mudringen foregikk, blir konklusjonen:

- 1. Ved mudring og dumping av masser med relativt høyt kvikksølvinnhold har periodevis en ikke ubetydelig mengde kvikksølv blitt tilført vannmassene, og medført en lokal konsentrasjonsøkning.*
- 2. To døgn etter at mudringen var avsluttet var kvikksølvkonsentrasjonene i området nær normale, dvs. bare ubetydelig utlekking fra mudringsstedet og ingen økte konsentrasjoner i Frierfjordens dypvann.*
- 3. Analyser av fisk og blåskjell vil senere vise om mudringsarbeidet økte konsentrasjonene av kvikksølv og klorerte hydrokarboner i biologisk materiale.*

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Bakgrunn for arbeidet

I forbindelse med utvidelse av fullgjødselproduksjonen ved Porsgrunn Fabrikker skal det bl.a. bygges ny bulklagerhall og kai. I den anledning ga Fylkesmannen i Telemark bedriften tillatelse til å mudre opp 80-100.000 m<sup>3</sup> fast masse fra en fylling som delvis lå under vann, og deponere massene 200-500 m lenger sør i Frierfjorden, se fig. 1.1.

Porsgrunn Fabrikker beregnet at mudringsmassene inneholdt omkring 50 kg kvikksølv.

Mudringen begynte 3. april. Under mudringen utførte Porsgrunn Fabrikker et kontrollprogram på kvikksølv i muddermassene, vannmassene på mudrings- og dumpsted samt analyser av kvikksølv og klorerte forbindelser i blåskjell fra Croftholmen utenfor Brevik.

I april målte bedriften flere ganger en betydelig økning av kvikksølvinnholdet i vannmassene på mudringsstedet og på dumpstedet. NIVA ble da kontaktet for å være behjelpelig med 1-2 bredere anlagte prøvetakingsserier som skulle gi grunnlag for sikre kvantitative bestemmelser av den mengde kvikksølv som ble tilført vannmassene.

Tidspunkt for første prøveserie ble satt til 13. mai. Den 12. mai gav Porsgrunn Fabrikker beskjed om at mudringsarbeidet var blitt fullført 11. mai, omkring kl. 11. Grunnen var at gunstige forhold resulterte i at mudringen den foregående uka gikk vesentlig raskere enn planlagt.

Porsgrunn Fabrikker og NIVA ble imidlertid enig i at det likevel ville være av verdi med en mer omfattende prøveserie, som ble utført 13.mai.

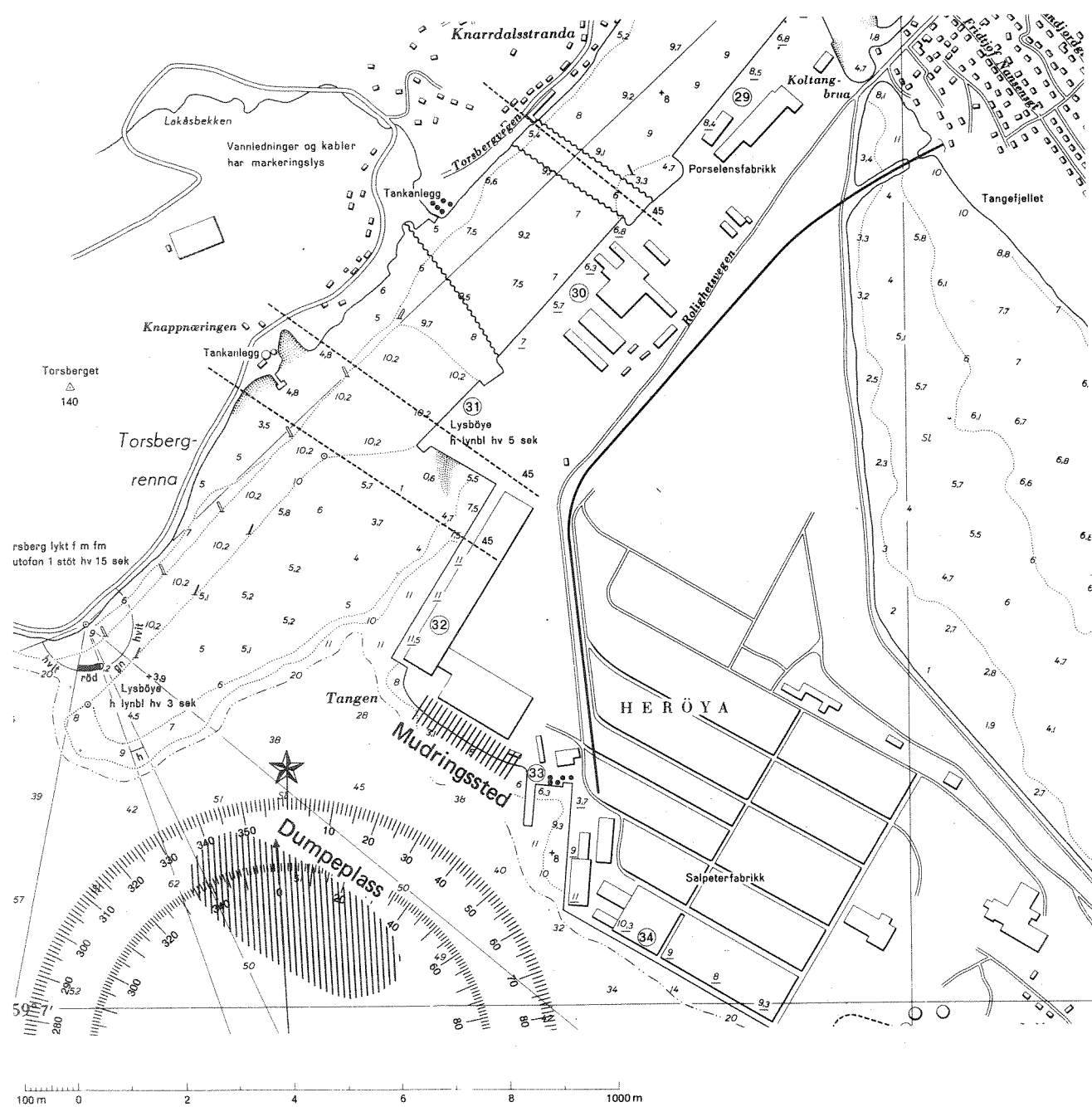


Fig. 1.1. Områder for mudring og dumping.



## 1.2. Mål for undersøkelsen

Frierfjordens overflatelag skiftes ut over 1-2 døgn. Det var derfor liten grunn til å vente at man to døgn etter at mudringen var avsluttet skulle registrere spesielt høye konsentrasjoner i den vannmassen.

Målet med etterundersøkelsen var å undersøke om:

1. Det foregikk merkbar utlekking/utvasking av kvikksølv fra området der mudringen hadde foregått, og på dumpestedet.
2. Konsentrasjonen hadde økt markert i fjordens overflatelag og i vannmasser med langsom utskiftning (dypvannet).

## 2. TIDLIGERE ERFARINGER FRA MUDRING OG DUMPING I MARINE OMRÅDER, OG FRIERFJORDEN SPESIELT

De vanligste årsakene til mudring i det marine miljø er enten behovet for fjerning av masser som er til hinder for skipstrafikk (skipsleder, havneområder etc.), eller mudring i forbindelse med fundamenteringsarbeid (fjerning av løsmasser over fjell). Slike arbeidsoperasjoner skjer vanligvis i områder omgitt av byer og tettsteder, samt utpreget industrialiserte områder. Av den grunn er vanligvis de sedimentene som skal mudres mer eller mindre forurenset.

Det største erfaringsmaterialet fra mudringsoperasjoner stammer fra USA hvor mudring av elvemunninger, havner og estuarer er en årlig foreteelse. Mer enn 300 mill m<sup>3</sup> sediment ble mudret hvert år i USA på midten av 70-tallet, til en kostnad av \$ 200 millioner (Lee 1976). I Sverige ble ca. 10 mill m<sup>3</sup> mudret i perioden 1975-79 (Blomqvist 1982). I USA er imidlertid forholdene omkring mudring nokså forskjellige fra skandinaviske fjorder. På grunn av stor tidevannsforskjell og kraftig erosjon består sedimentene av sand og silt. I fjorder derimot, med dårlig vannutskifting, er sedimentene langt mere mudderaktige og inneholder derfor større mengder forurensete stoffer.

Et av de sentrale spørsmålene ved mudring er valg av deponeringssted.

Valget her står mellom landdeponering og utvalgte steder i sjøen. Hvis deponering i sjø velges, er vanligvis kriteriene for stedsvalg et område med lite erosjon og hvor forholdene er minst mulig variable på bunnen. De miljøkonsekvenser som påpekes er knyttet til fysiske forandringer på bunnen på dumpstedet, påvirkning på bunnfaunaen og utveksling av miljøgifter mellom muddermassen og vannet over. En bibliografi om miljøeffekter fra mudring og dumping er laget av Oosterbaan og Pyle (1982).

Håndtering av kvikksølvkontaminerte sedimenter er i de fleste land underlagt spesielle lovregler. I følge Prater og Hoke (1980) defineres et sterkt kvikksølvforurensset sediment som et sediment som inneholder mere enn 1 ppm kvikksølv (tørrvekt). EPA i USA har satt en øvre grense på 1 ppm kvikksølv i muddermasser som kan dumpes i sjø. Er konsentrasjonen høyere skal massene deponeres på land på en "forsvarlig" måte (Yeaple et al. 1972).

Det bør ellers påpekes at litteraturen viser at det er tildels motstridende opplysninger om hvordan kvikksølv i muddermasser oppfører seg ved dumping i sjø. Dette er tydeligvis avhengig av en rekke faktorer (pH, redoksforhold, organisk innhold, tilstandsform i muddermasse etc.). Usikkerheten er hovedsaklig knyttet til kvikksølvets evne til å metyleres. Slike prosesser ser ut til å skje både under oksyderende og reduserende forhold (Olson og Cooper, 1976). Kudo et al. (1975) og Bothner et al. (1980) fant en større frigivelse av kvikksølv fra sedimenter til vannet over hvis oksygen ikke var til stede. Målinger av kvikksølv i vannet på steder hvor dumping av kvikksølvholdig muddermasse har skjedd, har ofte vist lave konsentrasjoner og noen ganger til og med en nedgang (Jeane og Pine 1975). Dette er forklart med at det skjer en umiddelbar frigivelse av kvikksølv fra muddermassen (i løpet av minutter eller timer), men at kvikksølvet raskt adsorberes til partikler igjen og sedimenterer. Dumping av 2 mill m<sup>3</sup> muddermasse med et kvikksølvinnhold på 1-6 ppm i fjorden ved Uddevalla i Sverige i 1974 avstedkom ingen miljøproblemer i følge Thorslund (1975). Vannet på dumpstedet var anoksisk.

I Frierfjorden er det gjennomført regelmessig mudring ved Norsk Hydro's og Elkem-Spigerverkets kaiområder. Våren 1979 ble ca. 12000 m<sup>3</sup> masse mudret og dumpet i Gunnekleivfjorden. Inneholdet av kvikksølv i disse massene var meget stort. Norsk Hydro (1980) konkluderer at deponeringen førte til en viss økning av kvikksølv i utstrømmende vann fra Gunnekleivfjorden. Ved å deponere massene i Gunnekleivfjorden var det mulig å registrere de mengdene av kvikksølv som ble frigitt fra muddermassene ved å måle i kanalene.

En ny mudring i Porsgrunn Fabrikkers havneområde skjedde i 1982. Denne gang var mengde muddermasse 2600 m<sup>3</sup>, men kvikksølvkonsentrasjonene var høye (20-60 mg/kg). Som dumpested ble Frierfjordens dybbasseng valgt. Norsk Hydro's undersøkellesprogram kunne ikke påvise noen negative effekter (Norsk Hydro, 1982).

Foruten de tildels regelmessige mudringene ved kaiområdene, skjedde det i 1974-75 en stor mudringsoperasjon i Rafnesområdet hvor 500-600.000 m<sup>3</sup> silt og leire ble mudret og deponert i Frierfjordens dybbasseng. Bortsett fra overflatelaget bestod disse massene av naturlige sedimenter med lavt miljøgiftinnhold. Det ble ikke registrert miljøeffekter som beviselig kunne tilbakeføres til denne mudringen, men det ble registrert betydelig økning av kvikksølvinnholdet i vann og fisk i samme tidsrom.

### 3. FELTARBEID OG DATAMATERIALE

Vi skal kort redegjøre for prøveinnsamlingen og datamaterialet som vi bygger diskusjon og vurderinger på.

#### 3.1 Norsk Hydro's materiale

Fra Norsk Hydro Porsgrunn Fabrikker har vi fått oversendt følgende resultater:

- analyse av sedimentprøver mellom Vestre kai og utstikkerkai, tatt 7.1.86. Prøver tatt med corer på 13 stasjoner, og analysert mht. tørrstoff, HCB, 5CB, OCS og Hg.
- ukeprøver av muddermassene. Disse var basert på daglige prøver som ble slått sammen til ukeprøver, og analysert mht. Hg, glødetap, tørrstoffinnhold.
- vannanalyser på mudringssted og dumpested tatt 5 ganger i tidsrommet 9.-29. april. Prøvene ble tatt i 0.5m dyp og sprangsjikt. På dumpestedet iblant også i 30m dyp.

For nærmere detaljer om prøveinnsamlingen, metoder osv. henviser vi til bedriftens egen rapport.

### 3.2. NIVA's undersøkelser

Den 13.mai ble det tatt prøver og gjort målinger på i alt 12 stasjoner (fig. 3.1-3.2). Arbeidsprogrammet på de enkelte stasjonene er vist i tab. 3.1. Prøvene ble innsamlet for de deler av vannmassene der forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv mest sannsynlig ville kunne påvises: overflatelag, sprangsjikt og nær bunnen. Prøvene fra sprangsjikt og sjøvannslaget ble tatt etter målinger av transmisjon.

Vannprøvene ble innsamlet med en Ruttner prøvetaker. Innhold av suspendert tørrstoff og kvikksølv ble bestemt på Forskningscenteret, Porsgrunn Fabrikker. Metodikken var identisk med den som bedriften hadde anvendt tidligere, og for nærmere beskrivelse henviste vi til bedriftens egen rapport. Vi nevner bare at løst Hg ble analysert av prøver filtrert gjennom 0.45  $\mu\text{m}$  Millipore filter.

Transmisjon ble målt ved bruk av transmisjonsmeter, forøvrig samme instrument som ble brukt i mai-juni 1982 (Norsk Hydro 1982).

Temperatur og saltholdighet ned til 40m dyp ble målt ved bruk av salinoterm. Nøyaktigheten er ca.  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  og  $\pm 0.1$  o/oo. I 40-80m dyp på st. H9 ble saltholdigheten bestemt ved laboratoriesalinometer (ca.  $\pm 0.01$  o/oo).

Oksygenkonsentrasjonen i 40-80m dyp på st. H9 ble bestemt ifølge Norsk Standard. Resultatene er gjengitt i fig. 4.1-4.5 og i Vedlegg.

Mht. plassering av stasjonene nevner vi at resultatene fra st. G1 og G2 skal gi opplysninger om transporten av kvikksølv ut av Gunnekleivfjorden. Prøvene ble tatt ved utstrømmende vann. Stasjon H0 gir konsentrasjonen i ellevannet.

St. H1-H3 gir konsentrasjoner utenfor mudringsstedet, i avstand 30-40m fra land.

St. H6-H8 lå 4-6m fra land. Spesielt H6 lå i en sky av suspendert materiale som var vasket ut av den vertikale "sårflaten" etter mudringen.

St. H9 lå i området hvor mye av mudringsmassene var dumpet.

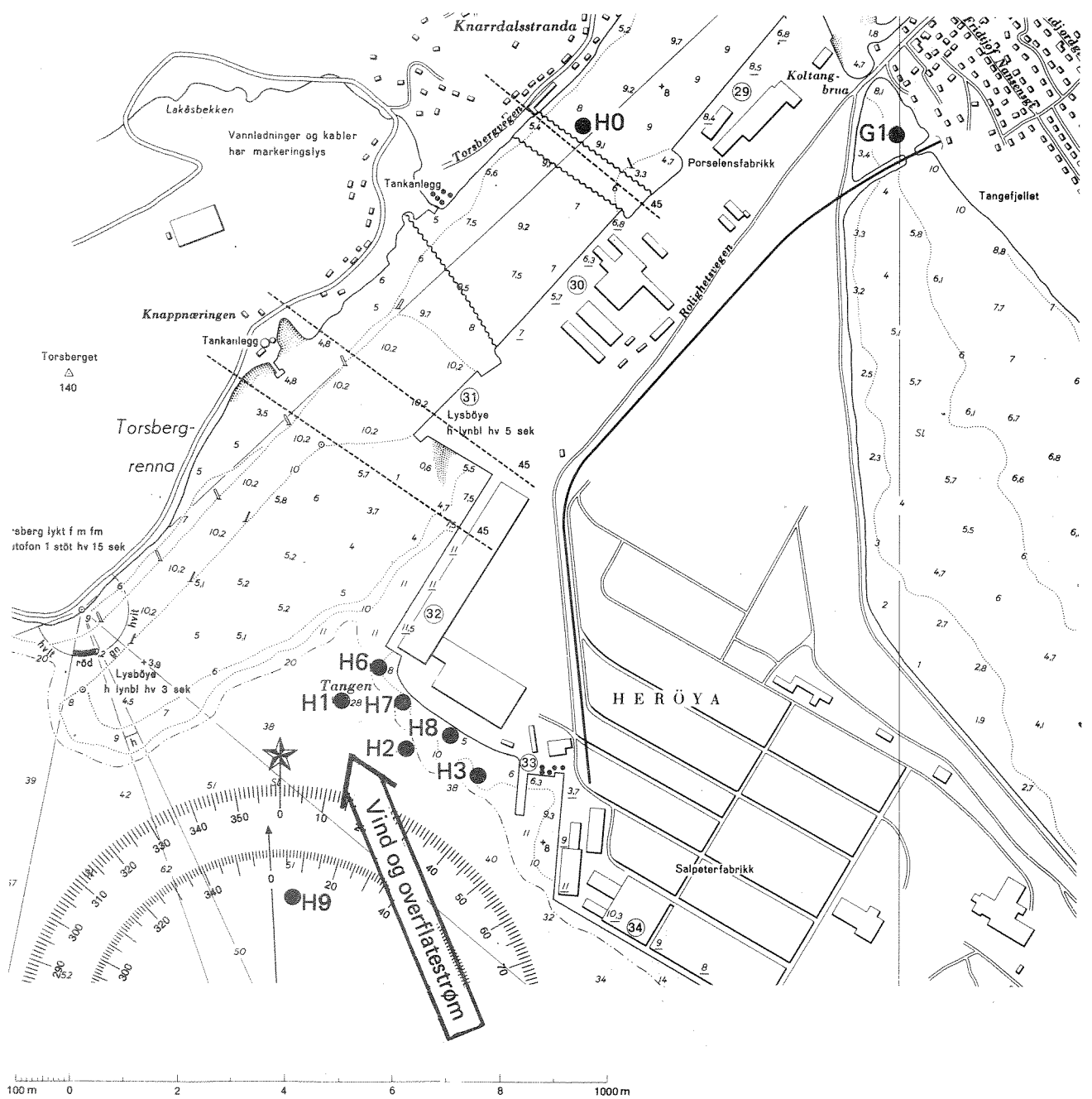


Fig. 3.1. Prøvestasjoner i Skienselva, Gunnekleivfjorden, ved mudrested og dumpested 13.5.86.

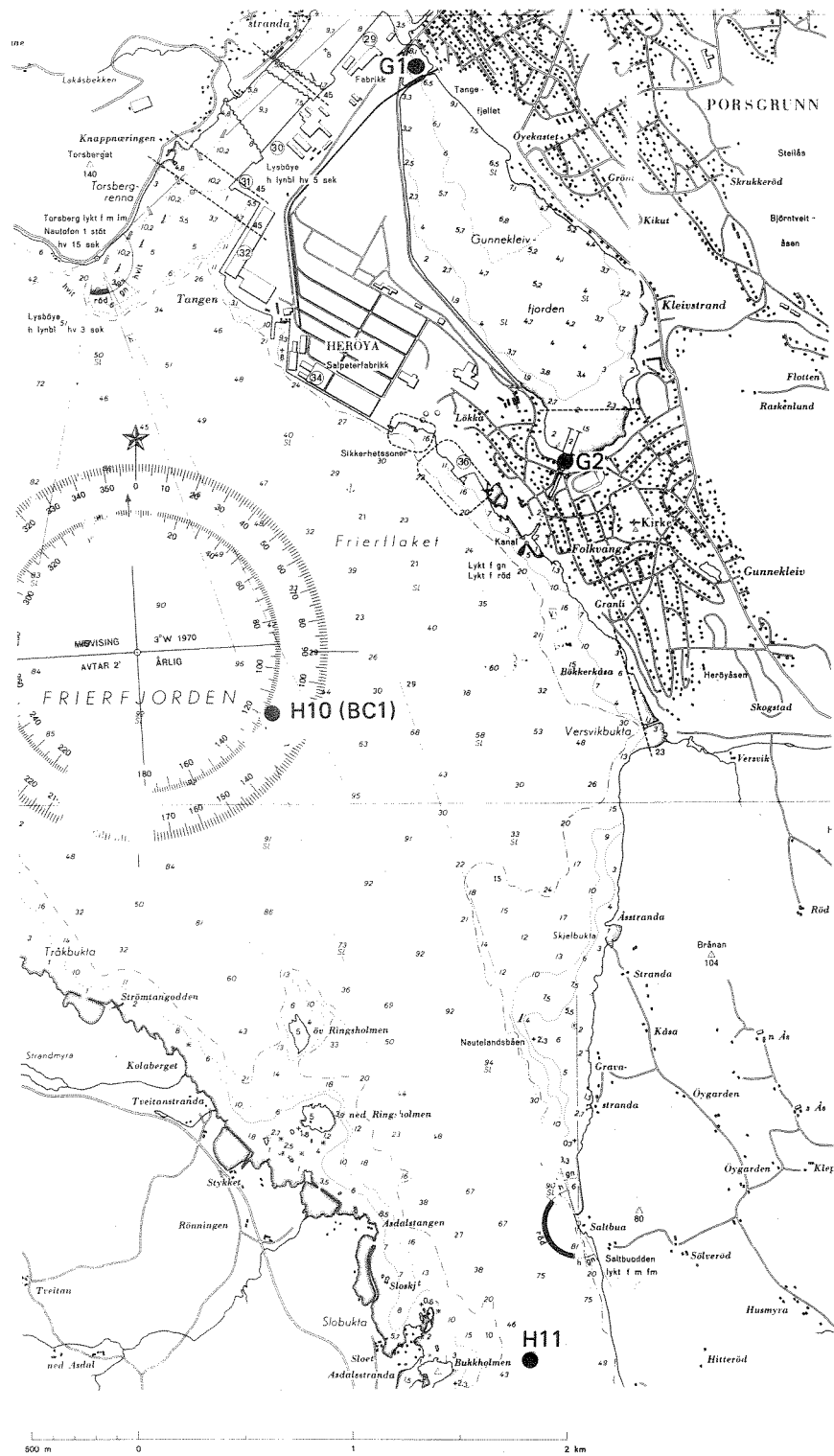


Fig. 3.2. Prøvestasjoner i Gunnekleivfjorden og i Frierfjordens midtre og søndre del 13.5.86.

Tabell 3.1. Stasjoner, parametre og prøve-/måledyp.

Stasjoner	Hg-totalt	Hg-løst	Susp. tørrstoff	Transmisjon	Temp. Salt.	Oksygen
G1	0.5m	0.5m	0.5m			
G2	"	"	"			
H0	"	"	"			
H1	"	"	"	0-8m		
H2	0.5, 7, 13m	0.5, 7, 13m	0.5, 7, 13m	0-13m	0-13m	
H3	0.5, 6.5m	0.5, 6.5m	0.5, 6.5m	0-10m		
H6	0.5m	0.5m	0.5m			
H7	"	"	"			
H8	"	"	"			
H9	0.5, 6.5, 32, 40m	0.5, 6.5, 32, 40m	0.5, 6.5, 32, 40m	0-45 (60)m		
H10	30, 40, 50, 60, 70, 80m			0-74m	0-80m	25-80m
H11	0.5m					

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

### 4.1. Hydrografiske forhold

#### Overflatelag og sprangsjikt

Vannføringen i Skienselva var ca. 420 m<sup>3</sup>/s i tidsrommet 11.-13.mai. Det er relativt høyt (årsmiddel ca. 270 m<sup>3</sup>/s), og medførte (se fig. 4.2):

1. Lav saltholdighet i overflatelaget (<3 ‰).
2. Tykt overflatelag, 6-7m.
3. Stor stabilitet/tetthetsøkning i sprangsjikt mellom overflatelag og sjøvannslag.
4. Rask utskiftning av overflatelaget.

Ad. pkt. 3 betyr den sterke stabiliteten at partikulært materiale ville få redusert sin synkehastighet - og at sprangsjiktet til en viss grad kunne opptre som en "falsk bunn".

Ad. pkt. 4 tyder beregninger av overflatelagets oppholdstid på størrelsesorden 50-60 timer, for hele fjorden. For de sentrale delene der brakkvannsstrømmen er sterkest, var oppholdstiden i størrelsesorden 10-20 timer.

Mens prøvene ble tatt var det sør-øst laber bris. Overflatestrømmen langs vestre kai var rettet mot vest-nordvest (se fig. 3.1).

#### Dyp- og bunnvann

Den vertikale oksygenprofilen på st. H10 13.mai tyder på at det forut hadde funnet sted en omfattende dypvannsfornyelse (se fig. 4.5). Til sammenligning vises oksygenmålinger for 21.1.86 (NIVA, upubl. data):



Dyp m	O <sub>2</sub> ml/l	Dyp m	O <sub>2</sub> ml/l
2	8.12	25	5.28
4	8.20	30	5.62
8	5.89	40	2.65
12	5.41	50	1.02
16	5.09	60	0.36
20	4.82	85	H <sub>2</sub> S

Oksygenkonsentrasjoner på 4.08 ml/l og 3.62 ml/l i henholdsvis 80m og 70m dyp den 13.mai tyder på en omfattende utskiftning. At konsentrasjonen var høyest nær bunnen og at oksygenminimumet lå i 40-50m dyp kan videre tyde på at dypvannsfornyelsen nylig hadde funnet sted - eller ikke var avsluttet. Ved avslutningen av tidligere store dypvannsfornyelser i Frierfjorden (1974, 1977, 1984) har det gamle oksygenfattige dypvannet vært løftet til 20-30m dyp.

#### 4.2. Suspendert tørrstoff og transmisjon

Konsentrasjonene av suspendert stoff i norske fjorder varierer vanligvis mellom 0.5 og 5 mg/l, med unntak av fjorder som mottar brevann. Konsentrasjonene er alltid høyest over sprangsjiktet som et resultat av elvetilførsler av uorganisk materiale og av planktonproduksjon. Det er også vanlig å registrere en viss økning nær bunnen på grunn av oppvirvling av bunnsedimenter forårsaket av bunnstrømmer. I Frierfjorden i mai-juni 1982 ble det målt suspendert tørrstoff i overflatelaget og i dypere vannlag (Norsk Hydro 1982). I Skienselva har målinger blitt utført innen det statlige overvåkingsprogrammet.

Det ble ikke gjort målinger av suspendert stoff (SPM) og transmisjon like før mudringen fant sted. Norsk Hydro målte imidlertid suspendert stoff under mudring både på mudre- og dumpestedet, samt utenfor. På mudringsstedet ble det registrert mellom 5 og 35 mg/l SPM og på dumpestedet fra 2.5 til 23 mg/l (7 prøveserier). Målingene ble gjort i 0.5 m dyp. Tilsvarende målinger i sprangsjiktet viste verdier henholdsvis mellom 7 og 305 mg/l og 6.5 og 122 mg/l. De høyeste konsentrasjonene opptrådte på samme tidspunkt på mudringssted og dumpested. Dette kan henge sammen med at det på det tidspunktet ble mudret materiale med høyt finstoffinnhold. Norsk Hydro's resultater viser et meget høyt innhold av partikler både på mudringssted og dumpested, spesielt nært sprangsjiktet. Dette kan settes i forbindelse med dypet hvor deponeringen skjer (bunnen av lekteren) og det faktum at sprangsjiktet virker som "falsk bunn", på grunn av tetthetsøkningen.

Målinger som ble gjort av Hydro i mudringsperioden utenfor selve influensområdet viste SPM-verdier mellom 2.5 og 8.6 mg/l.

Dagen etter at mudringen var avsluttet ble det målt SPM-konsentrasjoner på 12 stasjoner (6 i mudringsområdet og 1 i dumpeområdet og resten utenfor). I overflatelaget ble det registrert på mudringsstedet (Fig. 4.2-4.3 og Vedlegg) mellom 1.9 og 32 mg/l SPM. Konsentrasjonene var høyest nærmest land (st. H7 og H8) og skyldes utvilsomt erosjon i "sårkanten" på mudringsstedet. Med vind og overflatestrøm fra SE ville dette ikke influere på de utenforliggende stasjonene (H1, H2 og H3, Fig. 4.2 og 4.3 og Vedlegg).

I dumpeområdet (H9) ble det målt 9.2 mg/l i overflaten. Dette er 4 ganger høyere enn målt i Skienselva på samme tidspunkt, og må derfor settes i sammenheng med dumpingene dagen i forveien. Målinger som ble gjort nær bunnen på stasjoner nær mudringsområdet (st. H1, H2 og H3) og på dumpestedet (H9) viste et meget høyt partikkelinnhold (maks. 36.9 mg/l på 40m dyp i dumpeområdet). Dette kan ha to forklaringer:

- (i) det dannes turbiditetsstrømmer nært bunnen pga. ustabilitet i massene i mudringsområdet og/eller dumpeområdet (små ras);
- (ii) en sky av meget finpartikulært materiale som ikke sedimenterer så lett og som blir holdt i suspensjon av små vannbevegelser.

Transmisjonsmålinger ble gjort på noen av stasjonene. Dybdeprofiler på tre stasjoner er vist på Fig. 4.3-4.5 (st. H3, H9 og H10). I mudringsområdet (H3) er transmisjonen lavest mellom 5 og 6.5m, tilsvarende øvre del av sprangsjiktet. På dumpeområdet ble det registrert en dramatisk reduksjon i transmisjon under 45m dyp. Også på stasjon BC1, midt i Frierfjordbassenget, ble det registrert en betydelig reduksjon i transmisjon under 70m (målinger kun til 73m). Forutsatt at ikke instrumentet berørte bunnen (sjekket spesielt, men ikke funnet tilfelle) skulle dette tilsa at det lå en suspensjonssky i bunnvannet i Frierfjorden dagen etter at dumpingene var avsluttet, av årsaker nevnt ovenfor. Det bør påpekes at det er relativt bra samsvar mellom SPM-verdier og transmisjon ( $r=0.80$ ), som forventet.

#### 4.3. Kvikksølv

Målinger av kvikksølv i vann har vært utført i Frierfjorden, men kun i de senere årene er resultatene blitt så noenlunde pålitlige. Men selv nå er målingene beheftet med usikkerhet både pga. kontamineringsfare og tap av kvikksølv før deteksjon.

Bakgrunnsnivået for kvikksølv i "uforurenset" fjordvann er i størrelsesordenen 20-30 ng/l. I Frierfjorden er det registrert fra 20-100 ng/l i den senere tid, men med enkeltverdier som har vært betydelig høyere. Målinger gjort av Norsk Hydro under mudringsperioden i april i år viste verdier henholdsvis på mudringssted, dumpested og utenfor på 20-1450 ng/l, 10-670 ng/l og 20-80 ng/l (med unntak av Gunnekleivkanalene som viste høyere verdier). Alle verdier representerer løst kvikksølv (dvs.  $< 0.45 \mu\text{m}$  partikler). Det var ingen klar sammenheng mellom kvikksølvinnhold og partikkelmengde i vannet. Variasjoner i kvikksølvkonsentrasjonene er sannsynligvis mere et resultat av sammensetningen av de enkelte lektelaster. Målinger av kvikksølv i massene på land før mudring viste stor variasjon, noe som tyder på at massene var svært inhomogene. Tidspunkt for prøvetaking i forhold til lektertømming kan også være med på å forklare spredningene i resultatene. Selv om datamaterialet er lite kan det slås fast at en ikke ubetydelig del av kvikksølvet i muddermassen ble utløst under dumpingene. Men på grunn av overflatevannets korte oppholdstid vil fortynningen bli stor. Ettersom muddermassene i hovedsak har vært deponert på land

må det antas at kvikksølv er langt mere mobilt enn om det hadde vært deponert under vann.

Målinger av kvikksølv i vannmassen dagen etter at mudringen var slutt gav ingen klare indikasjoner på hva som kan ha skjedd. Et antall av 24 målinger av total mengde kvikksølv gav et gjennomsnitt på 36 ng/l (std.av.=39.7). Gjennomsnittet av 15 målinger av løst kvikksølv (filtrert) var 40 ng/l (std.av.: 28.5). (To ekstremverdier for løst kvikksølv er utelatt). Dette kan tyde på at filtreringen skaper et kontamineringsproblem eller at bortimot alt kvikksølv som er registrert er i løst form.

En korrelasjonskoeffisient på 0.046 mellom SPM og totalt kvikksølv viser ingen sammenheng. Dette indikerer at partikulært kvikksølv utgjør en liten del av den totale kvikksølvmengden. Dette kan skyldes de spesielle forhold med dumping av kvikksølvholdig materiale som har ligget på land. Imidlertid må det påpekes at nivåene av kvikksølv er lave med unntak av prøver tatt i mudringsområdet. Nær land (H6, H7 og H8) ble det målt fra 60-110 ng/l i overflaten. På dumpestedet derimot ble det målt ned mot bakgrunnsverdier (10-20 ng/l). Det ble ikke tatt prøver fra det turbide bunnsjiktet.

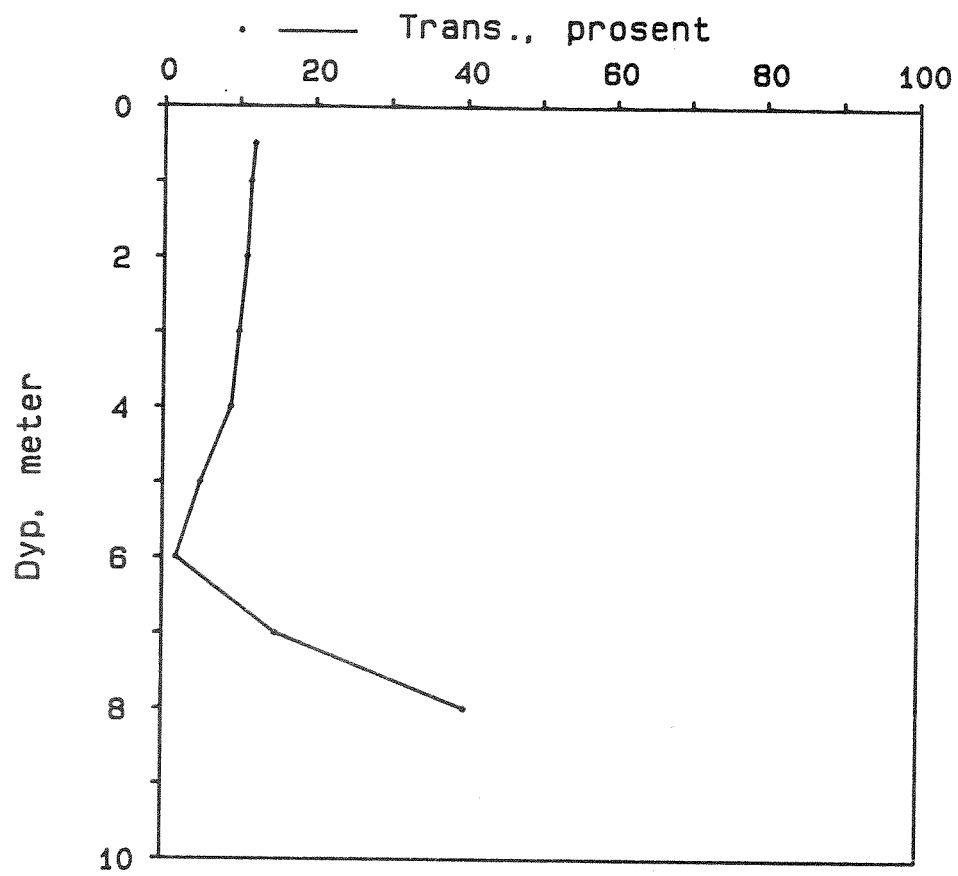


Fig. 4.1. Transmisjon st. H1.

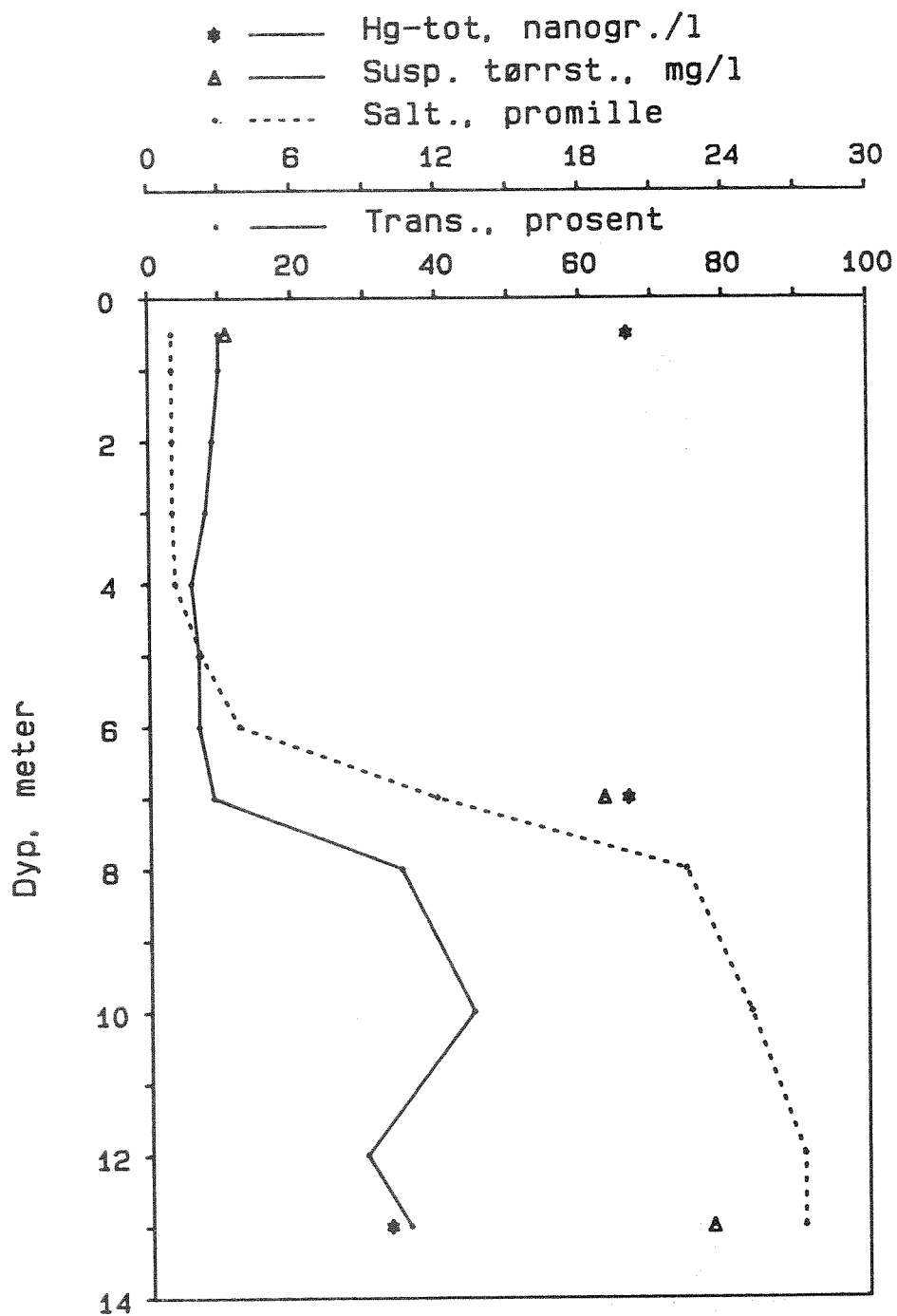


Fig. 4.2. Transmisjon, saltholdighet, suspendert tørrstoff og Hg-totalt på st. H2.

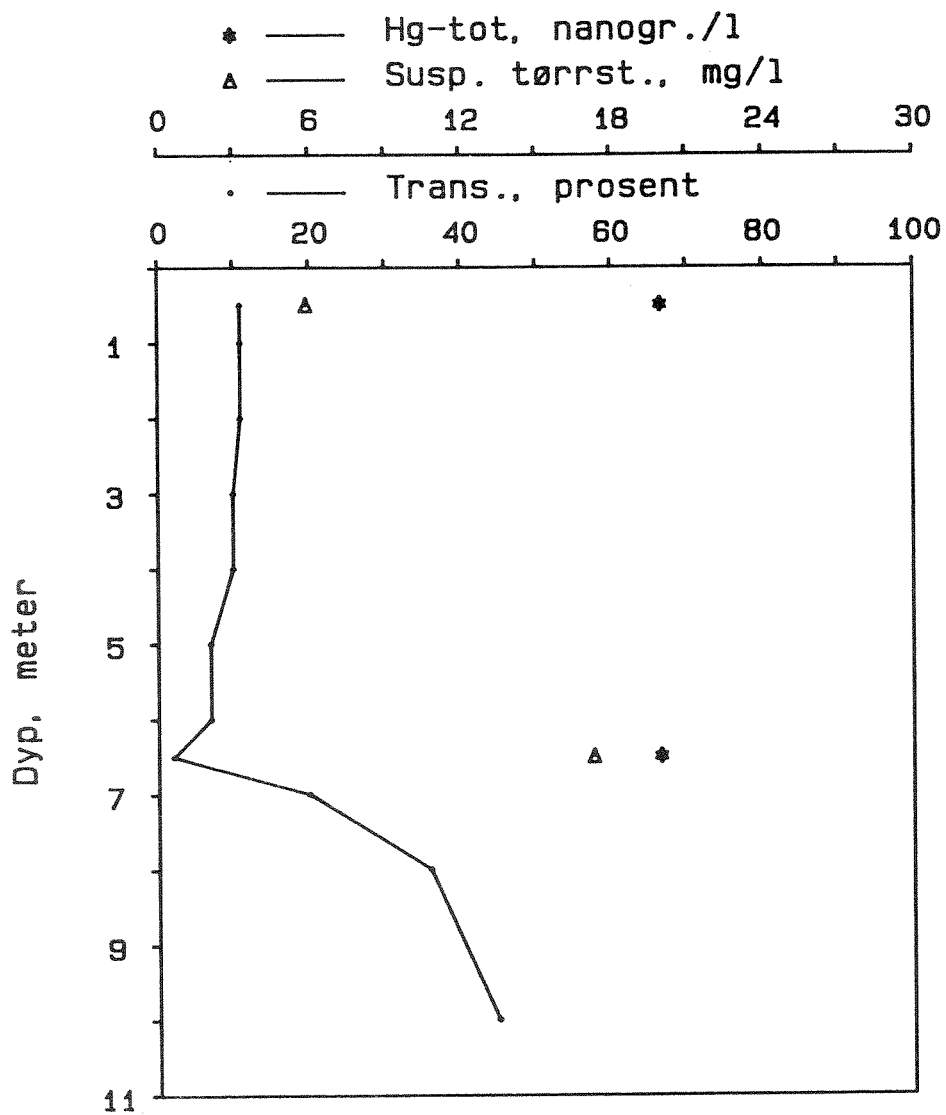


Fig. 4.3. Transmisjon, suspendert tørrstoff og Hg-tot på st. H3.

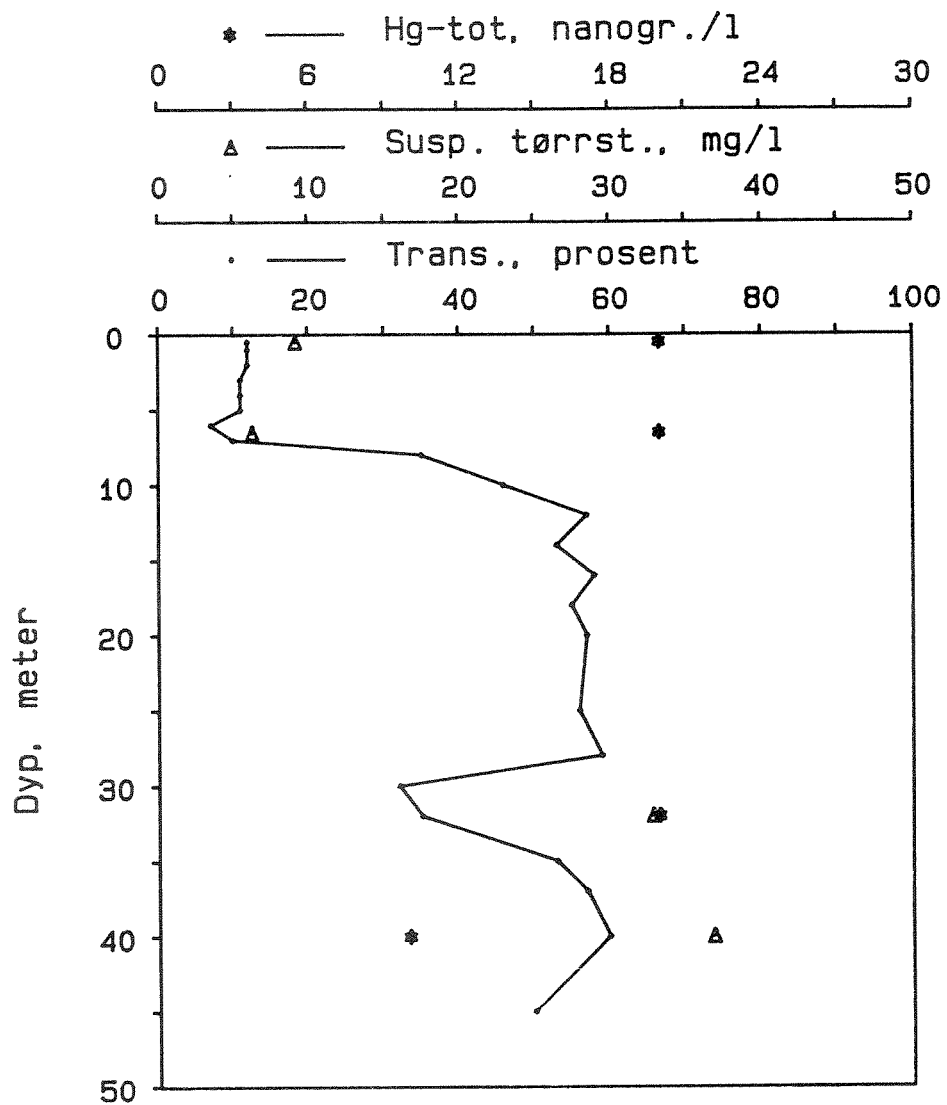


Fig. 4.4. Transmisjon, susp. tørrstoff og Hg-tot på st. H9.



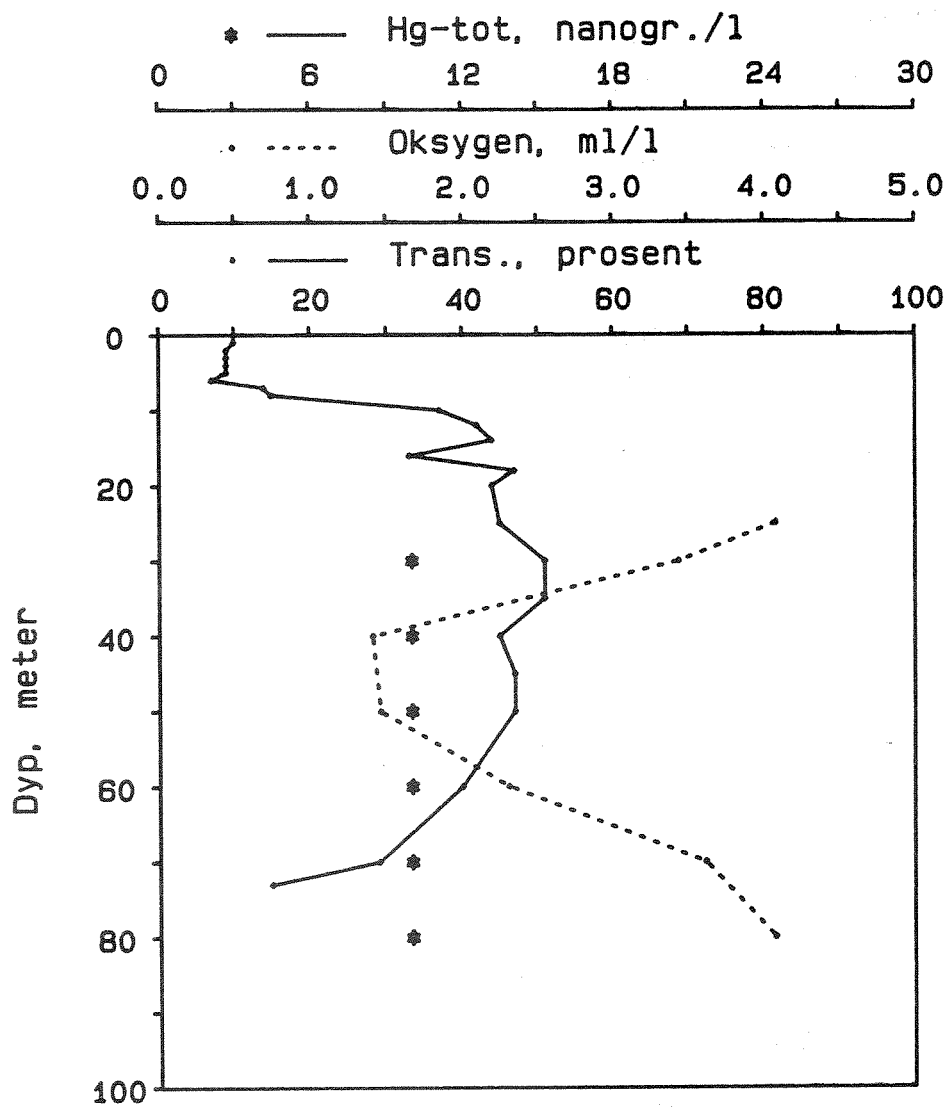


Fig. 4.5. Transmisjon, oksygen og Hg-tot på st. H10.

## 5. LITTERATUR

- Blomqvist, S. (1982). Ekologiska bedömningsgrunder för muddring och muddertippning. Statens Naturvårdsverk, PM 1613, 113 pp.
- Bothner, M.M., Jahnke, R.A., Peterson, M.E. og Carpenter, R. (1980). Date of mercury loss from contaminated estuarine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* 44, 273-285.
- Jeane, G.S. og Pine, R.E. (1975). Environmental effects of dredging and spoil disposal. *Journ. WPCF*, 47, 553.
- Kudo, A., Mortimer, D.C. og Hart, J.S. (1975). Factors influencing desorption of mercury from bed sediments. *Can. J. Earth Sci.*, 12, 1036-1040.
- Lee, G.F. (1976). Dredged material research problems and progress. *Environ. Sci. Technol.*, 10, 334-338.
- Norsk Hydro (1980). Resipientovervåking ved mudring ved Elkem-Spigerverket, PEA, og Porsgrunn Fabrikker i mars-april 1979. 28 s. + bilag.
- Norsk Hydro (1982). Mudring i Porsgrunn Fabrikkers havneområde mai-juni 1982. Resultater fra resipient-overvåkingen. 22 s + bilag.
- Olson, B.H. og Cooper, R.C. (1976). Comparison of aerobic and anaerobic methylation of mercuric chloride by San Francisco bay sediments. *Water Res.*, 10, 113-116.
- Oosterbaan, N. and Pyle, T.E. (1982). Bibliography on environmental aspects of dredging and filling operations. *Terra et Aqua* 23/24, 31-40.
- Prater, B.R. and Hoke, R.A. (1980). A method for the biological and chemical evaluation of sediment toxicity. In: *Contaminants and Sediments. vol. 1. Fate and Transport, Case Studies, Modelling, Toxicity.* ed. R.A. Baker, Ann Arbor Science, p. 483-499.
- Thorslund, A.E. (1975). Disposal of contaminated spoil in a stratified fjord - an example from the Swedish west coast. *Vatten*, 2, 133-138.
- Yeaple, D.S., Feick, G. and Home, R.A. (1972). Dredging of mercury contaminated sediments. In: *Offshore Technology Conference*, Dallas, Texas. Paper No. 1584, 695-701.

## VEDLEGG

Målinger av temperatur (TEMP.)  
saltholdighet (SAL.)  
oksygen (O2)  
oksygenmetning (O2-MET.)  
suspendert tørrstoff (STS)  
kvikksølv ufiltrert (HG-TOT)  
kvikksølv filtrert (HG-L)  
transmisjon (TRANS)

STASJON : G1

DATO : 860513

```
=====
DYP  TEMP.  SAL.    O2  O2-MET.  STS  HG-TOT  HG-L  TRANS
METER GRD.C  O/00  ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L  %
```

```
-----
0.5                                5.3  0.06  0.09
```

STASJON : G2

DATO : 860513

```
=====
DYP  TEMP.  SAL.    O2  O2-MET.  STS  HG-TOT  HG-L  TRANS
METER GRD.C  O/00  ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L  %
```

```
-----
0.5                                14.9  0.04  0.07
```

STASJON : HO

DATO : 860513

```
=====
DYP  TEMP.  SAL.    O2  O2-MET.  STS  HG-TOT  HG-L  TRANS
METER GRD.C  O/00  ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L  %
```

```
-----
0.5                                2.3  0.02  0.08
```

STASJON : H1

DATO : 860513

```

=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5           1.9   0.11   2.66   12.0
1.0           11.5
2.0           11.0
3.0           10.0
4.0           9.0
5.0           5.0
6.0           0.15   0.07   1.8
6.5           1.8
7.0           15.0
8.0           40.0

```

STASJON : H2

DATO : 860513

```

=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5   5.30 <1.000)   3.3   0.02   0.03   10.0
1.0   5.30 <1.000)   10.0
2.0   5.20 <1.000)   9.0
3.0   5.10   1.000     8.0
4.0   5.20   1.100     6.0
5.0   5.50   2.200     7.0
6.0   5.40   3.800     7.0
7.0   5.40  12.000    19.0   0.02   0.03   9.0
8.0   6.00  22.400    35.0
10.0  5.90  25.100    45.0
12.0  5.20  27.300    30.0
13.0  5.00  27.300    23.5   0.01   0.01   36.0

```

STASJON : H3  
 DATO : 860513

```

=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5                               5.9   0.02   0.03   11.0
1.0                               11.0
2.0                               11.0
3.0                               10.0
4.0                               10.0
5.0                               7.0
6.0                               7.0
6.5                               17.3   0.02   0.06   2.0
7.0                               20.0
8.0                               36.0
10.0                              45.0
  
```

STASJON : H6  
 DATO : 860513

```

=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5                               7.7   0.06   0.02
  
```

STASJON : H7  
 DATO : 860513

```

=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5                               32.5   0.09   0.02
  
```

STASJON : H8  
 DATO : 860513

```
=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
```

0.5					31.0	0.11	0.06	
-----	--	--	--	--	------	------	------	--

STASJON : H9  
 DATO : 860513

```
=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
```

0.5					9.2	0.02	<0.01	12.0
1.0								12.0
2.0								12.0
3.0								11.0
4.0								11.0
5.0								11.0
6.0								7.0
6.5					6.3	0.02	<0.01	
7.0								10.0
8.0								35.0
10.0								46.0
12.0								57.0
14.0								53.0
16.0								58.0
18.0								55.0
20.0								57.0
25.0								56.0
28.0								59.0
30.0								32.0
32.0					32.9	0.02	0.23	35.0
35.0								53.0
37.0								57.0
40.0					36.9	0.01	<0.01	60.0
45.0								50.0
50.0								2.0
55.0								2.0
60.0								2.0

STASJON : H11  
 DATO : 860513

```
=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.5                                     0.01
```

STASJON : BC1  
 DATO : 860513

```
=====
DYP   TEMP.   SAL.     O2  O2-MET.   STS  HG-TOT  HG-L   TRANS
METER GRD.C    O/00    ML/L      %    MG/L   MYG/L  MYG/L   %
-----
0.0      5.60    1.000                                10.0
1.0      5.60    1.000                                10.0
2.0      5.50    1.000                                9.0
3.0      5.50    1.000                                9.0
4.0      5.40    1.000                                9.0
5.0      4.50    2.000                                9.0
6.0      5.40    3.300                                7.0
7.0      4.70    7.200                                14.0
8.0      5.40   19.900                                15.0
10.0     5.00   26.200                                37.0
12.0     4.40   27.500                                42.0
14.0     4.50   29.200                                44.0
16.0     5.30   30.800                                33.0
18.0     5.60   31.300                                47.0
20.0     5.60   31.400                                44.0
25.0     5.40   31.800    4.08    56.9                                45.0
30.0     5.30   32.970    3.44    48.2                                51.0
35.0                                           51.0
40.0           33.337    1.41                                <0.01  45.0
45.0                                           47.0
50.0           33.417    1.46                                <0.01  47.0
60.0           33.455    2.31                                <0.01  40.0
70.0           33.468    3.62                                <0.01  29.0
73.0                                           15.0
80.0           33.464    4.08                                <0.01
```