




0-92069

Kartlegging av
tungmetaller
i sedimentene
i Hortenkanalen for
Borre kommune

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O.-92069	Undernr.:
Løpenr.: 2851	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel: Kartlegging av tungmetaller i sedimentene i Hortenkanalen for Borre kommune.	Dato: 17 februar	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Aud Helland	Geografisk område: Vestfold	
	Antall sider: 25	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Borre Kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
----------------------------------------	-----------------------------------------

Ekstrakt: NIVA har på oppdrag fra Borre kommune kartlagt innholdet av tungmetaller i bunnsedimentene i Hortenkanalen. Undersøkelsen er utført på bakgrunn av planene om rehabilitering av kanalen. Undersøkelsene viste store overkonsentrasjoner av bly (100 X bakgrunn) og kvikksølv (30 X bakgrunn) i Hortenkanalen og Fyllinga båthavn. Høye verdier ble også registrert i andre deler av kanalen. Tidligere utslipp fra Anker Sønnak til kanalen synes å være kilden til bly og kvikksølvforurensningen. Høye verdier i Indre Havn tyder på en spredning av forurensningene fra kanalen. Det kan være flere mulige kilder til forurensning i området som Møringa-, Indre og Ytre Havn-fylling og tidligere Horten Verft. Som følge av de registrerte verdiene anbefales det at alle muddermasser fjernes fra munningen av kanalen ved Fyllinga og 320 m innover i kanalen. I øvrige deler av kanalen mot munningen ved Indre Havn fjernes de øvre 50 cm av sedimentene. I de deler av kanalen hvor seilingsdypet i dag er stort nok, og det følgelig ikke er behov for mudring må de forurensede massene tildekkes for å hindre videre forurensning.

4 emneord, norske

1. Sedimenter
2. Metaller
3. Mudring
4. Hortenkanalen


4 emneord, engelske

1. Sediments
2. Metals
3. Dredging
4. Hortenkanalen

Prosjektleder


.....
Aud Helland

For administrasjonen


.....
Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2250-2

Forord

Etter forespørsel fra Borre Kommune utarbeidet NIVA i samarbeid med NOTEBY (Norsk Teknisk Byggekontroll A/S) forslag til kartlegging av tungmetaller i og rehabilitering av Hortenkanalen. Forslaget ble utarbeidet 16 mai 1990. NIVAs arbeider skulle omfatte kartleggingen av tungmetaller i bunnsedimentene i kanalen, mens NOTEBY skulle stå for utarbeidelse av en tiltaksplanen for rehabilitering av kanalen.

Den 19 februar 1992 mottok NIVA bekreftelse fra Borre Kommune på tilbudet gitt i forslag av 16.5.90. Prosjektet ble finansiert av Miljøverndepartementet via Statens forurensningstilsyn. Arbeidet med tiltaksplanen for rehabilitering (NOTEBY) ble redusert i forhold til opprinnelig tilbud, vist i brev av 19.2.92.

Prøvetakingen i Hortenkanalen, Fyllinga og Indre Havn ble utført av Aud Helland i samarbeid med Mats Walday (NIVA).

Ved NIVAs laboratorium har Roy Beba stått for bestemmelsen av total organisk karbon og Marit Villø har utført metallanalysene.

Oslo, 17 februar 1993


Aud Helland
prosjektleder

SAMMENDRAG

1. Bunnsedimentene i Hortenkanalen bestod av sandig, siltig leire. Innholdet av organisk karbon varierte mellom 1 - 3%. I Indre Havn var sedimentene mer finkornede og anoksiske og hadde et høyere organisk innhold, opp til 8 % ved 4-6 cm sedimentdyp.
2. Svært høye konsentrasjoner av bly, opp mot 100 ganger høyere enn i uforurensede sedimenter (> 3000 mg Pb / kg sediment) ble registrert i Fyllinga og i den sørlige enden av Hortenkanalen. Sterkt blyforurensede sedimenter ble registrert i store deler av området. Områder som vil betegnes som markert forurenset hadde verdier opp mot sterkt forurenset.
3. Det ble registrert høye verdier av kvikksølv i de samme områdene med høye blykonsentrasjoner, opp til 30 ganger høyere enn i uforurensede sedimenter.
4. Det var ingen systematisk opptreden av de mest forurensede sedimentlagene i Hortenkanalen. I enkelte kjerner var de øvre lagene mest forurenset og i andre var det de dypere lagene. Alle lange sedimentkjerner ($> 50 - 60$ cm) hadde et sandlag i bunnen som var mindre forurenset, antagelig opprinnelig kanalbunn.
5. Innholdet av kobber, krom, sink og kadmium var fra lite til moderat forhøyet i forhold til uforurensede sedimenter.
6. Det høye bly- og kvikksølvinnholdet i Hortenkanalen tilskrives det tidligere utslippet til Anker Sønnak som i 1989 ble lagt til Ytre Havn. De høye verdiene i Indre Havn kan indikere en spredning av forurensningene fra Hortenkanalen. Det kan imidlertid også være andre kilder til forurensning i området som Møringa-, Indre og Ytre Havn-fylling og tidligere Horten Verft.
7. Som følge av de registrerte verdiene anbefales det at de øvre 50 cm av muddermassene i Hortenkanalen fjernes. Fra Fyllinga og 320 m innover i kanalen fjernes all muddermasse ned til opprinnelig kanalbunn, pga. de svært høye konsentrasjonene som ble registrert her. I de deler av kanalen hvor seilingsdypet i dag er stort nok, og man følgelig ikke har behov for mudring må de forurensede massene tildekkes for å hindre videre forurensning.

INNHold

	side
Forord.....	2
Sammendrag.....	3
1. BAKGRUNN.....	5
2. MÅLSETTING.....	6
3. FELTARBEID OG METODE.....	7
3.1. Resultater av analyser utført etter forskjellige oppslutningsmetoder.....	7
3.2. Klassifikasjon av forurensningsgrad.....	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON.....	10
4.1. Sedimentkarakteristikk og innhold av organisk karbon.....	10
4.2. Metaller	11
4.3. Polyklorerte bifenyler (PCB).....	19
5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	19
6. REFERANSER.....	21
VEDLEGG.....	22

1. BAKGRUNN

Hortenkanalen er 878 m lang og ca. 26 m bred. Kanalen ble bygget i 1854 - 1867 for at marinefartøyer lett skulle kunne nå ut til åpent farvann i en krigssituasjon. Kanalen hadde dengang en dybde på 3,10m.

Med tiden har dybden i kanalen blitt redusert til ca. 1m på det grunneste. Kanalsidene var opprinnelig plastret med stein. I dag er denne plastringen stedvis ødelagt. Det er i dag ønske om å rehabilitere kanalen ved å mudre til 1,75 m dyp og å utbedre plastringen. Dette for å øke mulighetene for ferdsel gjennom kanalen.

NOTEBY har beregnet at mellom 3000 - 5000m³ (avhengig av løsning) muddermasse må fjernes fra kanalen for å oppnå ønsket dybde. I muddermassene ligger tidligere plastrings-stein, anslått til ca. 1000m³.

Orienterende undersøkelser utført av Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen i Tønsberg i 1987 og 1988, av henholdsvis slamprøver fra bunnen av kanalen og vannprøver viste at innholdet av bly var svært høyt. Årsaken var utslipp av bly fra Anker Sønnak. Etter pålegg fra SFT i 1989 ble utslippet fra bedriftens renseanlegg fjernet fra kanalen og ført ut på 10 m dyp i ytre havnebasseng. Tillatt konsentrasjon av bly i utslippet ble opprettholdt på 1 mg/l. De høye konsentrasjonene som ble avdekket i bunnsedimentene reiste behovet for en mer detaljert kartlegging av disse i kanalen.

Foreløpig finnes ingen klare retningslinjer for mudring og dumping av muddermasser. Slike retningslinjer er imidlertid under utarbeidelse i Statens forurensningstilsyn (SFT).

Under en mudringsprosess vil oppvirvling av forurensede masser være det største problemet. Oppvirvling kan føre til partikkelspredning og frigivelse av forurenset porevann og miljøgifter fra partikler. Overvåking av områder hvor mudring er utført har vist at effekten er lokal og kortvarig (Skei, 1991). Ved mudring i Hortenkanalen kan man hindre partikkelspredning ved montering av siltskjørt i begge ender av kanalen.

Når det gjelder dumping av forurensede muddermasser er anoksiske bassenger blitt benyttet, eksempelvis Frierfjorden. Forutsetningen for at fjordbassenger kan benyttes er at de er permanent anoksiske. De forurensede sedimentene vil tildekkes av naturlige sedimenter med tiden. På samme måte som ved mudring vil partikler også virvles opp ved dumping. Det er derfor viktig at det er liten vannutskiftning til utenforliggende områder.

Nedlagte gruver og fjellhaller er også benyttet som lagringsplass for forurensede masser, eksempelvis kan nevnes Langøya i Oslofjorden.

I Tyskland, Holland og Belgia arbeides det med å utvikle metoder for å skille forurenset og uforurenset muddermasse. Metoder som kan nevnes er syrevasking / utluting av metaller, og absorpsjon av metaller til mikroalger. Førstnevnte er svært ressurskrevende pga. de ofte store volumene. Sistnevnte er lite utprøvet i stor skala, men har i mindre skala vist store muligheter til å rense forurenset vann og sedimenter ved oppkonsentrering av forurensningskomponentene i mikroalgene.

2. MÅLSETTING

Foreliggende undersøkelse har tre hovedmål:

1. kartlegge innholdet av metaller i sedimentene i Hortenkanalen
2. fastslå mektigheten av de forurensede lag
3. klarlegge om det har vært spredning av forurensningen til tilgrensende sjøområder

Avhengig av konsentrasjonene av metallene i sedimentene skal det vurderes om det bør legges restriksjoner på mudring og dumping av massene. Undersøkelsen skal danne grunnlag for de tiltak som er nødvendig for å utbedre kanalen og dens nærområde.

3. FELTARBEID OG METODE

Innsamling av sedimenter ble utført 14.5.92.

Sedimentkjerner fra bunnen i Hortenkanalen ble tatt ved hjelp av 1,5m lange plastrør. Rørene ble presset ned i sedimentet ved håndkraft. Rørene ble proppet i begge ender og fraktet til NIVA's laboratorium. Her ble kjernene beskrevet (tabell 3) og snittet opp i enkeltprøver i intervallene 0-5, 5-10 evt. 0-10 cm, 10-15, 15-20 evt. 10-20 cm, 20-30, 30-40, 40-50 og 50-60 cm (se vedlegg). Lengden på kjernene varierte alt etter mektigheten av muddermassene på stedet. Alle sedimentkjernene ble tatt 4 - 5m fra land, dvs. de ble tatt i det området hvor muddermassene hadde størst mektighet.

Prøvetaking av bunnen i Indre Havn og Fyllinga ble utført fra lettbåt ved hjelp av en kjerneprøvtaker (figur 1). Disse kjernene ble behandlet på samme måte som nevnt over. Disse kjernene var ikke så lang som kjernene fra kanalen. Kjernene ble derfor snittet i intervallene 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 og 10-12 cm.

Prøvestasjoner er vist i figur 1.

Alle prøver ble analysert ved NIVA's laboratorium for metallene bly (Pb), kobber (Cu), kadmium (Cd), krom (Cr) og kvikksølv (Hg). Analysene ble utført ved atomabsorpsjonspektrometri etter oppslutning med salpetersyre. Tre av prøvene ble også analysert etter totaloppslutning med fluss-syre. Dette for å klarlegge om det var store forskjeller i analyseresultatene. Totaloppslutning med fluss-syre var ikke foreslått i det opprinnelige prosjektforlaget (utarbeidet i mai 1990), fordi denne metoden dengang ikke var standard prosedyre ved laboratoriet. Metoden er nå imidlertid innarbeidet som standard prosedyre etter retningslinjer fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES).

En prøve ble også analysert for polyklorerte bifenyler (PCB). Dette var heller ikke lagt inn i det opprinnelige prosjektforslaget, men pga. ny viten med hensyn til flere fyllinger med industriavfall i området ble en prøve tatt ut til analyse.

Innholdet av total organisk karbon i sedimentene ble bestemt ved en Carlo Erba Elementanalysator mod. 1106.

3.1. Resultater av analyser utført etter forskjellige oppslutningsmetoder

Analysene viste at det var små forskjeller mellom resultatene for bly, kobber, kadmium og sink etter henholdsvis oppslutning med fluss-syre og salpetersyre. For krom derimot fikk man oppsluttet en langt større mengde med fluss-syre sammenlignet med salpetersyre. Dette fordi det vesentlige av krom er bundet i silikater som ikke lar seg løs ved salpetersyre (tabell 1). Forskjellene var imidlertid ikke så store at de fikk konsekvenser ved vurdering av forurensningsgrad.

Tabell 1. Resultater av analyser utført etter forskjellige oppslutningsmetoder

Stasjon	Pb*	Pb**	Cu*	Cu**	Cd*	Cd**	Zn*	Zn**	Cr*	Cr**
K1b 0-5cm	99,8	110	137	103	0,11	0,15	76,7	99	12,6	64
K3a 0-5cm	182	190	36	26	0,08	0,09	69,7	84	11,2	42
K3a 50-60cm	117	120	32,7	33	0,28	0,27	113	127	17,5	55

* Analyser etter salpetersyreoppslutning

** Analyser etter fluss-syreoppslutning

(Alle verdier i mg/kg t.v)

3.2 Klassifikasjon av forurensningsgrad

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon slik tabell 2 viser. Klasseinndelingen er etter Knutzen og Skei, 1990. Verdiene er basert på total oppslutning med fluss-syre av ikke-fraksjonert sediment. Dette er en rapport NIVA har utarbeidet for SFT. Foreløpig finnes ikke andre kriterier utarbeidet for norske forhold. Det foreligger heller ikke i dag retningslinjer for mudring og dumping, men det er foreslått at sedimenter som i følge Knutzen og Skei's forslag defineres som sterkt forurenset (Kl. 4) må tas spesielt hånd om.

Tabell 2. Klassifikasjon av foruresningsgrad, alle verdier er i mg/kg, tørrvekt (etter Knutzen og Skei, 1990).

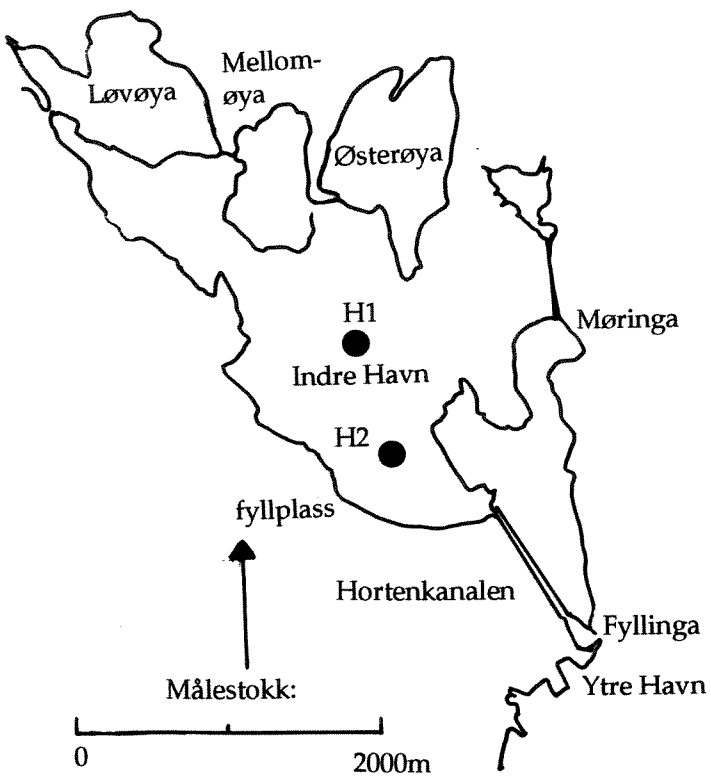
Stoff	Kl. 1	Kl. 2	Kl. 3	Kl. 4
Kvikksølv	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	>3
Kadmium	<0,25	0,25-1	1-5	>5
Bly	<30	30-120	120-600	>600
Kobber	<35	35-150	150-700	>700
Sink	<150	150-650	650-3000	>3000
Krom	<70	70-300	300-1400	>1400

Kl. 1 Lite eller ubetydelig forurenset

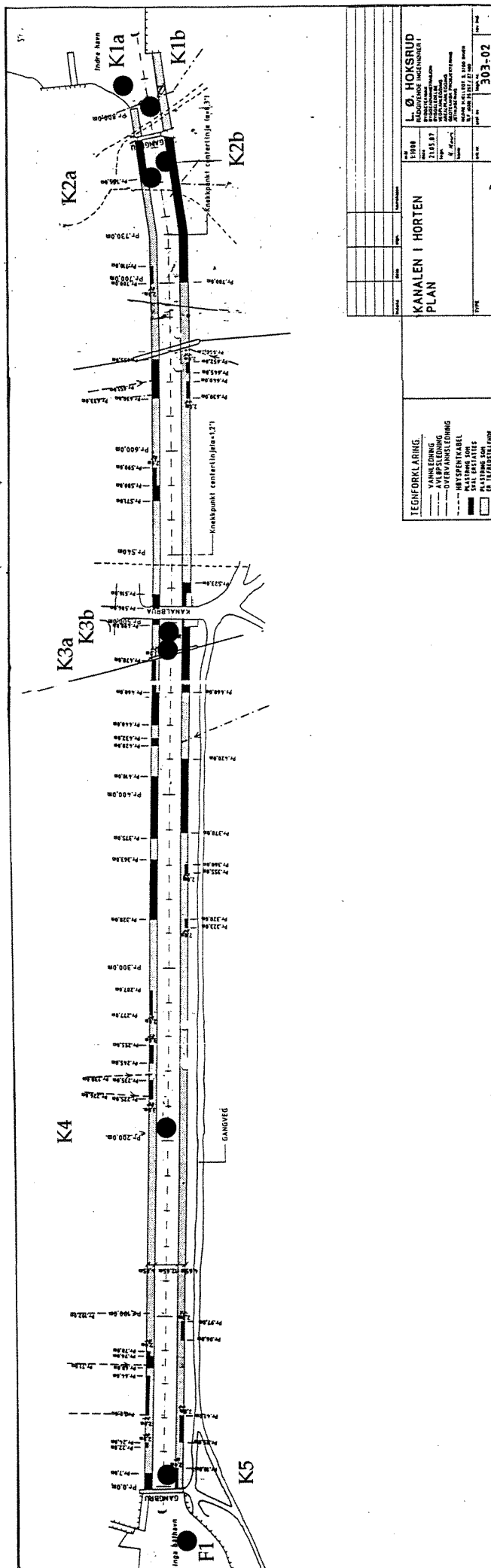
Kl. 2 Moderat forurenset

Kl. 3 Markert forurenset

Kl. 4 Sterkt forurenset



Figur 1. Stasjoner for sedimentprøvetaking i Hortenkanalen, Indre Havn og Fyllinga båthavn 1992.



4. RESULTATER OG DISKUSJON

Alle data finnes i vedlegg.

4.1 Sedimentkarakteristikk og innhold av organisk karbon

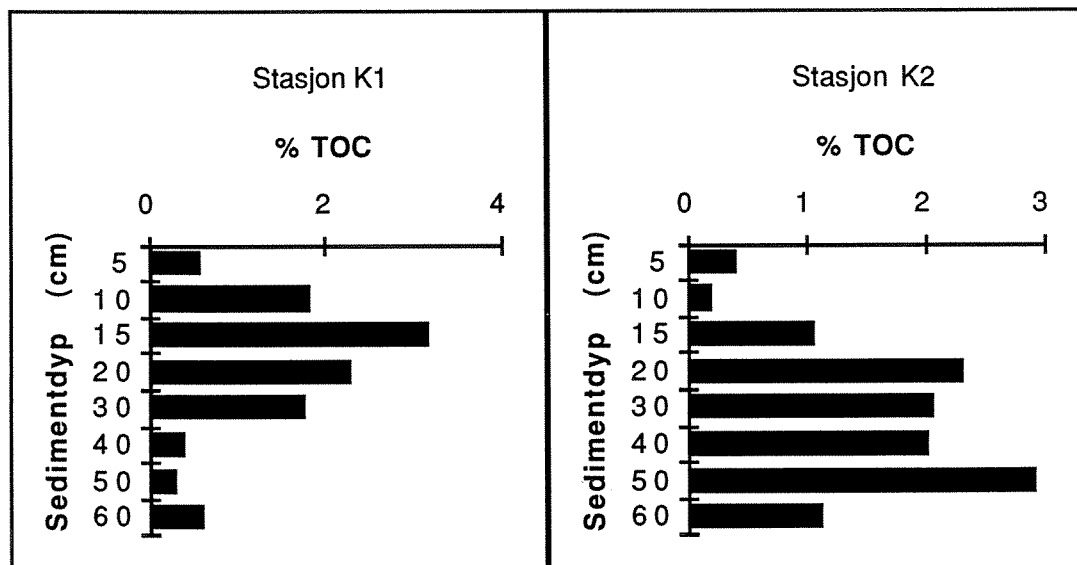
Alle sedimentkjernene ble gitt en visuell beskrivelse før snitting i separate prøver (tabell 3).

Tabell 3. Beskrivelse av sedimentkjerner tatt i Indre havn (stasjon merkert H), Horten kanalen (stasjon merket K) og Fyllinga båthavn (stasjon merket F)

Stasjon	Kjerne lengde (cm)	Beskrivelse
H1	6	Svart løst topplag ellers svartgrå leire med noe sand, anoksisk
H2	6	Samme som stasjon H1
K1	50 60	Gråsvart siltig leire, lysere grå og innslag av sand ved ca. 30 cm dyp. Ren sand i bunn
K2	50 40	Som K1 overgang fra svart til grått sediment mellom 30 og 40 cm
K3	60 50	Gråsvart siltig leire, mellom 15 og 20 cm overgang til løsere svart sediment, sand i bunn. Ved prøvetaking boblet det gass opp fra prøvetakings hullet, sannsynligvis gasslommer under 20 cm.
K4	20	Gråsvart siltig leire. Traff steinsetting i bunnen, manglet det typiske sandlaget som ble registrert på K1-K3
K5	40	Grov sand og grus
F1	12	Svart sandig leire med noe grus

Sedimentene i Indre havn bestod av svart anoksisk leire. Av de undersøkte stasjonene hadde disse (H1 og H2) det høyeste innholdet av organisk karbon i overflatesedimentene, henholdsvis 3 og 6 %. Normalt inneholder marine sedimenter 1 - 3 % organisk karbon. Det ble registrert et maksimum på 8 % organisk karbon ved 4-6 cm sedimentdyp. De relativt høyere verdiene i Indre Havn sammenlignet med Hortenkanalen og Fyllinga skyldes de anoksiske forholdene som reduserer hastigheten på nedbrytningen av organisk materiale.

På øvrige stasjoner i Hortenkanalen og i Fyllinga lå verdiene fra ca. 1 - 3 % organisk karbon. På disse stasjonene var det generelt en tendens til økende innhold av organisk materiale nedover i sedimentet (figur 2). Ved innslag av sand mot bunnen av kjernene ble verdiene imidlertid igjen lavere. Normalt vil organisk materiale nedbrytes over tid ved tilgang på oksygen. Derfor registreres ofte avtagende verdier nedover i sedimentene. Det varierende innholdet av organisk karbon kan også ha sammenheng med endringer i utslipp av kloakk.



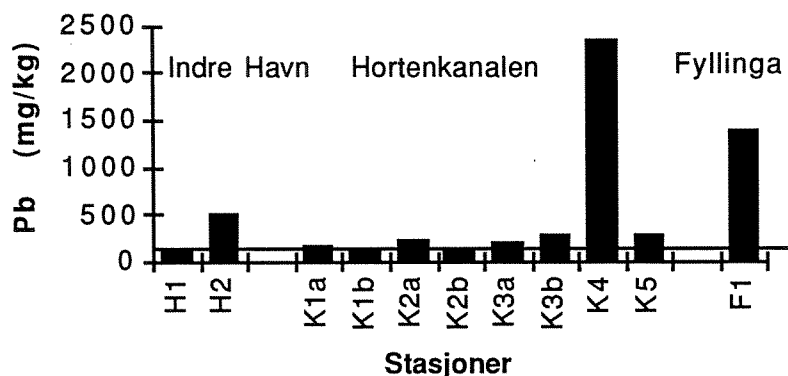
Figur 2. Innhold av organisk karbon (TOC) med sedimentdyp fra to stasjoner i Hortenkanalen.

4.2. Metaller

Bly

Innholdet av bly i overflatesedimentene (0-5 eller 0-10 cm) i Hortenkanalen varierte fra 100 mg/kg (stasjon K1b) til over 2000 mg/kg (stasjon K4). I Indre havn lå innholdet på 100 og 500 mg Pb/kg sediment (0-2 cm). Overflatesedimentet (0-2 cm) i Fyllinga båthavn hadde en verdi på ca. 1400 mg/kg. Overflatesedimentet i den sørlige del av kanalen mot Fyllinga båthavn og i selve båthavna vil betegnes som sterkt forurenset (jf tabell 2 og figur 3). De ekstremt høye verdiene tilskrives utslippet til Anker Sønnak som tidligere lå i denne enden av kanalen. Stasjonen ved utløpet av kanalen (K5) hadde lave verdier sammenlignet med stasjon F1 og K4. Dette skyldes det høye innholdet av sand og grus i sedimentene på denne stasjonen (jf tabell 3).

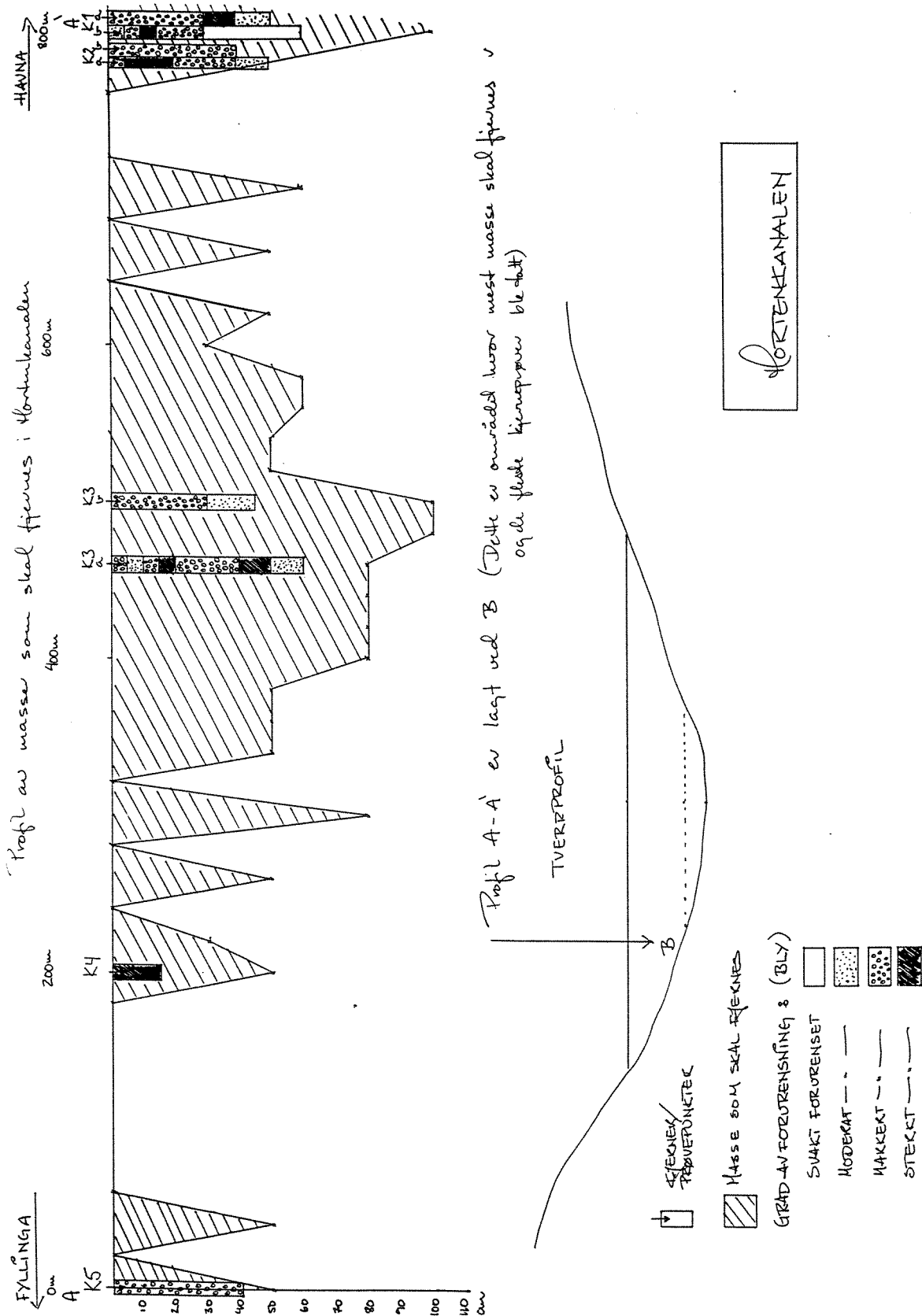
Overflatesedimentene på de fleste andre stasjonene betegnes som markert forurenset.



Figur 3. Innholdet av bly i overflatesedimentene i Indre havn (H), Hortenkanalen (K) og Fyllinga båthavn (F) 1992. Nivå for markert forurenset sediment (Kl. 3 dvs. 120 mg Pb/kg sediment) er angitt ved horisontal strek.

Analysene nedover i sedimentene viste at de fleste stasjonene i Hortenkanalen hadde sedimenter hvor flere nivåer var sterkt forurenset av bly (Kl. 4) (jf vedlegg og figur 4). Den høyeste verdien ble registrert på stasjon K4 på 5-10 cm sedimentdyp med over 3000 mg Pb/kg sediment. Dette er over 100 ganger høyere enn hva som regnes som normalt for fjordsedimenter. Disse verdiene er høyere enn verdier registrert i f.eks. Oslo havn hvor innholdet av bly ligger fra 40 - 700 mg /kg sediment (Konieczny, 1992). For sammenligning kan også nevnes indre deler av Sørfjorden hvor det i 1985 ble registrert over 8500 mg Pb/kg sediment. Målinger i 1991 viste imidlertid en reduksjon i indre deler av fjorden til 800 mg Pb / kg sediment. Utslippene av bly til Sørfjorden ble i samme tidsperiode redusert fra over 4 tonn / dag i 1970-årene til 15 kg / dag i 1991 (Skei, 1992). Det skal bemerkes at indre deler av Sørfjorden i 1970-årene var Norges mest forurensete fjord med hensyn til bly og sink.

Det var ingen systematisk opptrøden av de mest forurensete lagene i sedimentkjernene fra Hortenkanalen. I enkelte kjerner var sedimentet nær overflaten mest forurenset og i andre var det størst forurenset mot bunnen av kjernene. Dette kan skyldes at sedimentene i kanalen har blitt utsatt for oppvirvling og resedimentering pga. båtrafikken i kanalen. Den stadige utrasningen av masse langs kanalsidene kan også rote om sedimentene.



Figur 4. Lengdeprofil av Hortenkanalen. Prøvetatte sedimentkjerner er inntegnet. Grad av blyforurensning er angitt samt total mektighet på muddermasser som ønskes fjernet langs profilen.

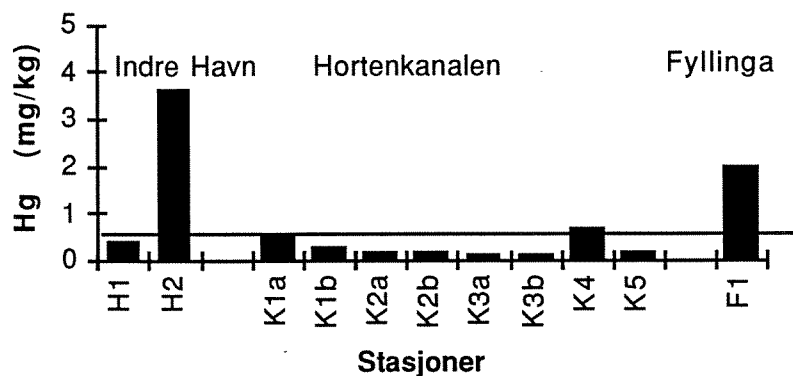
Den usystematiske opptreden av de mest forurensede lagene kan også skyldes ujevn spredning av forurensede partikler fra det tidligere utslippet til Anker Sønnak (flekkvis fordeling). Dette er vanlig å registrere når man er nær en punktkilde som her (Næs og Rygg, 1990).

Alle lange kjerner (> 40 - 60 cm) hadde svakt til moderat forurensede sedimenter i bunnen av kjernene. Dette var nivåer med økende sandinnholdet, noe som tyder på at man nådde opprinnelig kanalbunn. Den totale mektigheten på muddermassene i dette området var ca. 1m. Langs senteraksen av kanalen hadde muddermassene en mektighet på opp til 1,50m. Det antas at de oppnådde analyseresultatene er representative også for massene langs senteraksen. Dette fordi de dypeste lagene av massene langs senteraksen etter all sannsynlighet representerer eldre sedimenter med mindre forurensning enn den øvre 1 m av massene.

På grunn av den usystematiske opptreden av de sterkt forurensede lagene vil det være svært ressurskrevende å kartlegge disse lagenes utbredelse fullstendig i hele kanalens lengde. I følge NOTEBY er det dessuten vanskelig å skille tynne lag ved den mudringsteknikken som er tiltenkt kanalen. Det har derfor liten hensikt å utføre en mer detaljert kartlegging enn den som til nå er utført.

Kvikksølv

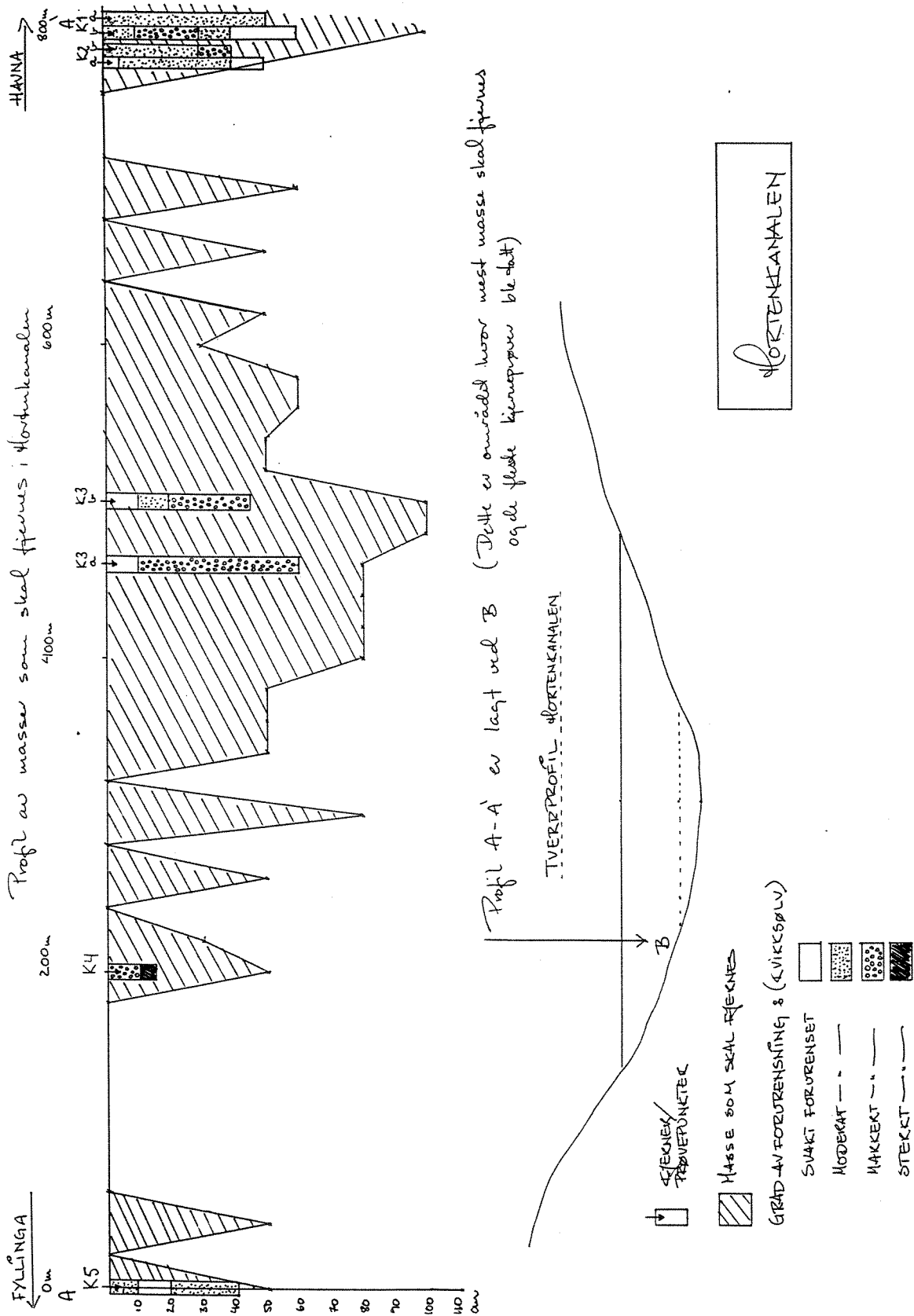
Innholdet av kvikksølv i overflatesedimentene varierte fra ca. 0,1 mg/kg (lite eller ikke forurenset) til ca. 4 mg/kg (sterkt forurenset). Normalkonsentrasjonen i uforurensete fjordsedimenter antas å være <0.15 mg/kg (jf tabell 2). De høyeste verdiene ble registrert på stasjon H2 i Indre havn og i Fyllinga båthavn (F1) (figur 5).



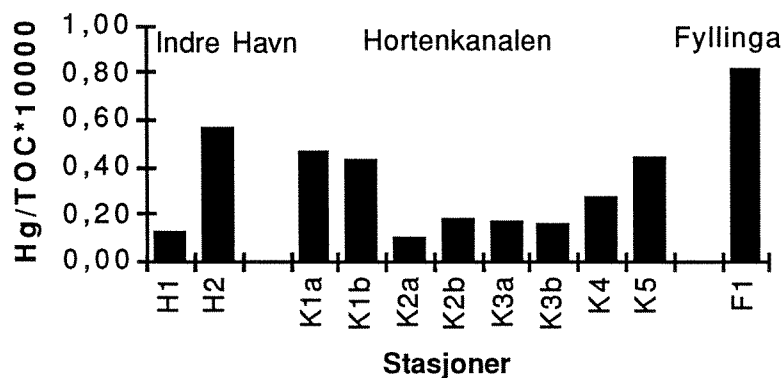
Figur 5. Innholdet av kvikksølv i overflatesedimentene i Indre havn (H), Hortenkanalen (K) og Fyllinga båthavn (F) 1992. Nivå for markert forurenset sediment (Kl. 3 dvs. 0,6 mg Hg/kg sediment) er markert med horisontal strek.

I Hortenkanalen var det bare stasjon K4 ved 10 - 15 cm sedimentdyp som hadde sterkt forhøyet innhold av kvikksølv (4.5 mg / kg). Generelt var massene moderat til markert forurenset av kvikksølv (figur 6).

Organisk karbon benyttes ofte som normaliseringsfaktor for kvikksølv for å fjerne naturlige variasjoner som ikke skyldes forskjeller i belastning. Ved å normalisere kvikksølv-verdiene i overflatesedimentene i det undersøkte området synes det som stasjonen i Fyllinga har den største belastningen (figur 7). Samme figur viser at stasjon K5 som hadde relativt lavt innhold av kvikksølv får et høyt forholdstall etter normalisering. Denne stasjonen hadde også relativt lavt blyinnhold pga. det grove sedimentet. De høye verdiene i sedimentene nær utslippet til Anker Sønnak kan tyde på at denne også er hovedkilden til kvikksølvforurensningen i dette området. Øvrige kilder kan være kloakk og eller tilsig fra diverse fyllinger i området (Indre og Ytre havn fyll-plass), bunnstoff og maling fra båter.



Figur 6. Lengdeprofil av Hortenkanalen. Prøvetatte sedimentkjerner er inntegnet. Grad av kvikksølvforurensning er angitt samt total mektighet på muddermasser som ønskes fjernet langs profilen.



Figur 7. Kvikksølv normalisert mot organisk karbon (TOC) i overflatesedimenter fra Indre havn (H), Hortenkanalen (K) og Fyllinga båthavn (F).

Kvikksølv forekom ikke i så store overkonsentrasjoner som bly. Maksimumkonsentrasjonen på 4,5 mg Hg/kg sediment er 30 ganger høyere enn det som regnes som normalt for fjordsedimenter. Blyforurensningen hadde i tillegg et større omfang enn kvikksølvforurensningen da bly viste flere høye verdier på flere stasjoner enn kvikksølv.

Krom

Innholdet av krom varierte fra 7 mg/kg på stasjon K3a (5-10 cm) til 40 mg/kg på stasjon K4 (10-15 cm) (se vedlegg), begge disse stasjonene ligger i Hortenkanalen. Normalkonsentrasjonen av krom i uforurensede fjordsedimenter antas å være mindre enn 70 mg/kg. Resultatene fra analysene utført etter forskjellig oppslutningmetoder viste at oppslutningen med fluss-syre løste ut 3 til 5 ganger så mye krom som ved bruk av salpetersyre. Multipliseres maksimumskonsentrasjonen på stasjon K4 med gjennomsnittet (4) oppnås en maksimumskonsentrasjon på 120 mg Cr /kg sediment. Dette vil betegnes som moderat forurenset (Kl. 2).

Kobber

Innholdet av kobber varierte fra 8 mg/kg på stasjon K1b (40 - 50 cm) til 183 mg/kg på stasjon F1 (6 - 8 cm) (se vedlegg). Normalkonsentrasjonen av kobber i uforurensede fjordsedimenter antas å være mindre enn 35 mg/kg. Det var bare sedimentene fra stasjon F1 (Fyllinga) og H2 (Indre Havn) som hadde verdier

over 150 mg Cu/kg sediment, dvs. overskred grensen for markert forurenset. Kobber er et tilsetningsstoff i bunnstoff til båter. Det er derfor meget sannsynlig å registrere de høyeste kobberverdiene på stasjoner med stor båtaktivitet. Stasjon H2 ligger nærmest det tidligere skipsverftet i Indre Havn og har høyere verdier enn stasjon H1. Verdien avtar mot overflaten av sedimentene noe som tyder på at tilførselen var større noen år tilbake. Dette er i overensstemmelse med den senere tids begrensning på bruk av kobber i bunnstoff og at Horten Verft i dag ikke lenger er i drift.

Sink

Innholdet av sink varierte fra 24 mg /kg på stasjon K1b (40 - 50 cm) til 570 mg/kg på stasjon H2 (4-6 cm) (se vedlegg). Normalkonsentrasjonen av sink i uforurensede fjordsedimenter antas å være mindre enn 150 mg/kg. Alle stasjonene kan betegnes som lite eller ubetydelig til moderat forurenset (fra Kl. 1 til Kl. 2).

Som for kobber ble de høyeste sinkverdiene registrert på stasjon F1 (Fyllinga) og stasjon H2 (Indre Havn). Årsaken til dette antas å være den samme som for kobber.

Resultatene fra analysene utført etter forskjellig oppslutningmetoder viste at oppslutningen med fluss-syre ga noe høyere sink-verdier enn ved oppslutning med salpetersyre (jf tabell 1). Dette betyr at de høyeste verdiene registrert på stasjon H2 antaglig ville blitt klassifisert som markert forurenset ved analyse etter fluss-syre oppslutning.

Kadmium

Innholdet av kadmium varierte fra 0.04 mg/kg på stasjon K5 (0 - 10 cm) til 1.19 mg /kg på stasjon H1 (2 - 4 cm) (se vedlegg). Normalkonsentrasjonen av kadmium i uforurensede fjordsedimenter antas å være mindre enn 0.25 mg/kg. Alle verdiene registrert i Hortenkanalen kan betegnes som lite eller ubetydelig til moderat forhøyet. Enkelte av verdiene registrert på stasjon H1 og H2 kunne betegnes som markert forhøyet.

Generelt var det samsvar mellom høye kvikksølvverdier og høye kadmiumverdier i prøvene.

4.3. Polyklorerte bifenyler (PCB)

Innholdet av PCB ble analysert på en prøve fra innløpet av kanalen fra Indre Havn (K1 0-5 cm). Denne stasjonen ble valgt fordi det ved prøvetaking ble observert oljefilm på vannet hver gang bunnsedimentene ble omrørt pga. tråkking på bunnen. Den analyserte prøven var markert forurenset av PCB. Σ PCB10 (dvs. sum av 10 enkeltkongenerer) var 0,06 mg/kg. Nedre grense for markert forurenset er 0,025 mg total PCB /kg sediment. PCB kan forekomme i 209 enkeltkongenerer, de ti som er analysert i denne undersøkelsen regnes å være de mest fremtredene i marine sedimenter.

For sammenligning kan sedimentene i Oslo havn nevnes, hvor undersøkelser har avdekket ekstremkonsentrasjoner oppmot 4mg total PCB/kg sediment (Konieczny, 1992). Verdien i Hortenkanalen kan sammenlignes med sedimenter i Tromøysund utenfor Nitriden industriområde hvor innholdet av Σ PCB10 lå på 0,09 mg/kg (Helland, 1993).

En enkelt analyse gir for lite og for usikkert grunnlag til å si noe sikkert om det generelle nivået av PCB i kanalen.

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Undersøkelsene har vist at bunnsedimentene i Hortenkanalen, Fyllinga og Indre Havn er sterkt forurenset av bly og kvikksølv.

De høyeste blyverdiene (over 3000 mg/kg) ble registrert i den sørlige enden av kanalen mot Fyllinga båthavn og i selve båthavnen. De høyeste kvikksølvverdiene (over 4 mg/kg) ble registrert på de samme stasjonene.

Graden av forurensning varierte nedover i sedimentene. Det var imidlertid ingen systematisk opptreden av de mest forurensede lagene, på noen stasjoner var de øvre lagene mer forurenset enn lag lenger ned i sedimentet og omvendt.

Kilden til bly- og kvikksølvforurensningen i kanalen antas å ha vært utslippet fra Anker Sønnak som lå i den sørlige enden av kanalen før 1989. Andre aktuelle kilder til forurensning i dette området kan være gamle deponier fra perioden med utfyllingen og etableringen av Ytre Havn-området. Grunnundersøkelser utført av NOTEBY i dette området avdekket oljeforurensning av grunnen (Larsen, 1991).

Innholdet av krom, kobber, sink og kadmium i bunnsedimentene i kanalen var fra lite til moderat forhøyet, og er således trolig ikke noe problem med hensyn til mudring og dumping.

En orienterende analyse av PCB i sediment ved munningen av Hortenkanalen fra Indre Havn viste markert overkonsentrasjon.

De høye verdiene av bly og kvikksølv i Indre Havn tyder på en spredning av forurensningene fra Hortenkanalen. Det kan imidlertid også være andre kilder til forurensningen i Indre Havn, som Møringa fylling og Indre Havn fylling foruten tidligere drift ved Horten Verft. Undersøkelser utført av Norges Geotekniske Institutt (NGI) av Møringa påviste overkonsentrasjoner av metaller (bly, kobber, kvikksølv, kadmium og sink) med fare for spredning til sjøen. Det ble i samme undersøkelse påvist olje i grunnvannet (Hauge og Rødsand, 1992). Undersøkelser utført av NOTEBY av Indre Havn fylling påviste overkonsentrasjoner av bly og særlig tjæreforbindelser (PAH) (Lenes og Johansson, 1989).

På bakgrunn av de registrerte overkonsentrasjoner av bly og kvikksølv anbefales det at fra Fyllinga og 320 m innover i kanalen fjernes all muddermasse ned til opprinnelig kanalbunn, da det i dette området ble registrert ekstremkonsentrasjoner av bly (> 3000 mg Pb/kg sediment). I øvrige deler av kanalen dvs. fra 320m og ut til munningen mot Indre Havn fjernes de øvre 50 cm av muddermassene. Det følger alltid vann med sedimentene i varierende mengder under en mudringsprosess. Dette vannet må tas hånd om på samme måte som sedimentene.

I områder av kanalen hvor det i dager er stor nok seilingsdybde, dvs. områder hvor det ikke er behov for mudring må de forurensede massene tildekkes ved f.eks. tekstilduk overdekket med minimum 30 cm sand, eller annet tett materiale.

Alternative metoder for rehabilitering av Hortenkanalen som f.eks. rensing av bunnsedimentene ved bruk av mikroalger må sees i et kost / nytte perspektiv. Det anbefales at metoden utprøves i mindre skala under kontrollerte betingelser før iverksetting. Dette kan skje ved utprøving i en avgrenset del av kanalen eller fortrinnsvis under kontrollerte forhold som f.eks. ved NIVAs marine forskningstasjon på Solbergstrand.

Undersøkelsen påviste som nevnt også svært høye blyverdier i Fyllinga båthavn. Kjernen som ble tatt her var ikke lang nok til å nå ned til uforurenset sediment. Det foreligger derfor for få data til å vurdere hvor store deler av Fyllinga som er forurenset og hvilke mektigheter de forurensede lagene har. Før eventuell mudring i Fyllinga båthavn må disse forholdene avklares. Det anbefales at Fyllinga båthavn kartlegges samtidig med de planlagte undersøkelsene av Indre Havn.

6. REFERANSER

Hauge, A. og Rødsand, T., 1992. Miljøtekniske undersøkelser på Forsvarets områder. Undersøkelser av ØSDs avfallsfylling på Møringa, Horten (0701 007). NGI-rap. 924033-1, 27 s.

Helland, A., 1993. Nitriden industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Bunnsedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. NIVA-rap. O-92219, L.nr. 2846, 73 s.

Larsen, R., 1991. Statens forurensningstilsyn. Oljevernnavdelingen, Horten. Grunnundersøkelse, datarapport. NOTEBY-rap. 33398/1, 4 s.

Lenes, G. og Johansson, T.R., 1989. Søppelfylling, Indre Havn - Horten. Forurensningskartlegging. NOTEBY-rap. 43135/1, 12 s.

Knutzen, J. og Skei, J.M., 1990, Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifisering av miljøkvalitet. NIVA-rap. O-862602. L.nr. 2540, 139 s.

Konieczny, R.M., 1992. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn. NIVA-rap. O-92024. L.nr. 2808. 87 s.

Næs, K. og Rygg, B., 1990. Overvåking i Årdalsfjorden i 1989. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rap. O-8909502/3. L. nr. 2385, 51 s.

Skei, J., 1991. Miljøproblemer knyttet til mudring og dumping av forurensede masser i det marine miljø. Fase 1: Evaluering av dagens kunnskap. NIVA-rap. O-91002. L. nr. 2560, 26 s.

Skei, J., 1992. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. Overvåkingsrap. nr. 500/92. TA-nr. 888/1992. NIVA-rap. O-800309. L.nr. 2804, 53 s.

VEDLEGG

Rådata fra sedimentkartlegging i Hortenkanalen 1992. Alle metallverdier er i mg/kg tørrvekt. Stasjoner merket a og b indikerer parallelle kjerner på samme stasjon.

Stasjon og prøvedyp (cm)	TOC %	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr
H1 0-2	3,23	0,38	0,66	109	60,6	207	29
H1 2-4	2,25	0,3	1,19	106	53,8	200	38,2
H1 4-6	1,44	0,33	0,42	64,1	33,2	154	34,4
H2 0-2	6,48	3,64	1,04	514	113	536	28,9
H2 2-4	6,54	1,82	0,88	543	124	539	36,1
H2 4-6	7,68	3,85	0,87	607	161	570	35,2
K1a 0-10	1,12	0,52	0,3	157	32,5	101	13,4
K1a 10-20	0,55	0,32	0,26	187	24,2	78,1	11
K1a 20-30	0,8	0,4	0,23	451	25,4	81,9	13,9
K1a 30-40	0,8	0,54	0,3	671	29	89,2	13,4
K1a 40-50	0,97	0,54	0,32	63,9	26,9	107	14,6
K1b 0-5	0,6	0,26	0,11	99,8	137	76,7	12,6
K1b 5-10	1,85	0,52	0,44	395	114	187	18,8
K1b 10-15	3,2	0,97	0,93	781	137	356	26,8
K1b 15-20	2,3	2,1	0,98	386	101	299	24,9
K1b 20-30	1,79	1,8	0,53	154	51,5	216	20,1
K1b 30-40	0,4	0,28	0,09	25,6	11	37,8	12,2
K1b 40-50	0,32	0,04	0,05	8,8	7,99	24	10,3
K1b 50-60	0,62	0,01	0,05	5,14	9,84	30,9	15,5
K2a 0-5	1,33	0,13	0,24	221	33,7	94,5	11,9
K2a 5-10	1,93	0,19	0,39	721	56,9	166	18,4
K2a 10-15	2,34	0,23	0,44	676	69,6	189	20,3
K2a 15-20	2,52	0,4	0,53	756	89,1	202	26,3
K2a 20-30	1,92	0,54	0,49	549	78,6	204	23,1
K2a 30-40	0,98	0,43	0,2	207	28,9	95,1	16
K2a 40-50	1,01	0,06	0,09	39,6	21	55,9	17,5
K2b 0-10	0,97	0,17	0,13	128	48,2	104	10,9
K2b 10-20	1,48	0,22	0,28	446	51,9	144	13,8
K2b 20-30	1,78	0,34	0,33	412	53	134	15,7
K2b 30-40	2,2	0,78	0,63	582	81,1	251	16,2
K3a 0-5	0,42	0,07	0,08	182	36	69,7	11,2
K3a 5-10	0,22	0,07	0,17	104	11,3	36,6	7,03
K3a 10-15	1,08	0,63	0,25	435	32,8	86,7	14,1
K3a 15-20	2,33	1,92	0,94	744	87	213	30
K3a 20-30	2,07	1,75	0,59	375	76,9	204	28,2
K3a 30-40	2,04	1,32	0,54	887	64,4	171	26,3
K3a 40-50	2,94	2,51	0,76	831	84	262	31,7
K3a 50-60	1,15	0,92	0,28	117	32,7	113	17,5
K3b 0-10	0,52	0,08	0,09	268	26,7	78,8	9,69
K3b 10-20	0,65	0,53	0,19	246	30,7	90	11
K3b 20-30	1,63	1,05	0,41	280	62,4	156	24,5
K3b 30-40	0,9	0,92	0,22	107	23,4	108	13
K4 0-5	2,57	0,69	0,17	2355	84,5	176	24,8
K4 5-10	2,67	1,76	0,58	3135	96,3	209	28,9

K4 10-15	3,11	4,52	0,88	1938	103	302	40,6
K5 0-10	0,36	0,16	0,04	281	20,4	56	15,3
K5 10-20	0,16	0,04	0,1	237	15	50,9	12,7
K5 20-40	0,49	0,16	0,06	257	17	64,3	13,1
F1 0-2	2,43	1,98	0,44	1377	127	243	30,2
F1 2-4	2,95	3,14	0,39	1844	143	251	33,1
F1 4-6	2,72	2,48	0,45	2229	176	310	33,9
F1 6-8	2,76	1,76	0,54	2470	183	253	33,7
F1 8-10	3,09	1,9	0,49	2375	157	257	36,5
F1 10-12	3,35	1,37	0,45	2232	145	246	34,6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : HORTEN
 Oppdragsnr. : 92069
 Prøver mottatt : 9.07.92
 Lab.kode : RQU1
 Jobb.nr. : 92/115
 Prøvetype : Sed.
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 10.08.92
 Analytiker : EMB

1: K1 0-5cm 4:
 2: 5:
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.05					
a-HCH	0.13					
HCB	0.20					
g-HCH	<0.05					
PCB 28	0.39					
PCB 52	1.66					
OCS	<0.05					
PCB 101	6.50					
p,p-DDE	0.61					
PCB 118	2.58					
p,p-DDD	0.59					
PCB 153	19.00					
PCB 105	0.77					
PCB 138	17.60					
PCB 156	0.87					
PCB 180	10.20					
PCB 209	<0.05					
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	81.9					

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2250-2