

# Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Undersøkelser i Østerhavn ved utslipp fra Otraledningen 2011



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

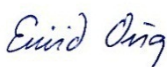
Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Undersøkelser i Østerhavn ved utslipp fra Otraledningen 2011	Løpenr. (for bestilling) 6428 - 2012	Dato 19. oktober 2012
	Prosjektnr. Undernr. O-28209	Sider Pris 40
Forfatter(e) Eivind Oug Jarle Håvardstun	Fagområde Marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Kristiansand kommune, Ingeniørvesenet		Oppdragsreferanse Steinar Børresen / Monica Fredvik

**Sammendrag**

Otraledningen er en avskjærende ledning som fører prosessvann fra treforedlingsindustri på Vennessla og avløpsvann fra Støleheia avfallsplass til utslipp i Østerhavn ved munningen av Otra i Kristiansand. Ledningen munner i et dykket utslipp på 55 m dyp. I resipienten innlagres avløpsvannet i et mellomnivå i vannmassene. Bunnområdene er påvirket av avsetning av dødt krypsiv og annet plantemateriale som tilføres med elvevannet i Otra. I senere år har utslippene fra treindustrien blitt betydelig redusert. Foreliggende undersøkelse omfatter miljøgifter og bunnforhold med fokus på miljøgifter som kan stamme fra avløpsvannet. Prøvetaking med bunngrabb ble gjennomført på 11 lokaliteter fra 20 til 130 m dyp. Delprøver av overflatesediment (0-2 cm) på to lokaliteter ble analysert for metaller, PAH, PCB, NPD, HCB, QCB, plantevernmidler (DDE og lindan) og TBT. Det ble påvist forhøyede verdier for kobber, kvikksølv, nikkel, PAH, PCB og TBT (tilstandsklasse III 'moderat' til IV 'dårlig'), men for alle forbindelser med unntak for PCB og TBT var det høyere verdier i indre Østerhavn (20 m) enn ved utslippsstedet (50 m). For andre metaller (arsen, bly, kadmium, krom, sink), andre organiske miljøgifter (HCB, QCB) og pesticider var det lave konsentrasjoner. Det var ingen påvisbar sammenheng mellom de forhøyede verdiene og tilførslene av metaller og organiske miljøgifter i avløpsvannet. Bunnsedimentene fra Otrass munning og utover var mørke med moderat til markert lukt av hydrogensulfid, men var friske i indre og ytre områder. Organisk innhold var generelt høyt. Det ble påvist bunnfauna på alle lokaliteter, men ved Otrass munning var faunaen svært artsfattig. Tilstanden var dårligere enn ved forundersøkelse i 1993, trolig som følge av økt avsetning av dødt krypsiv på bunnen. Ved foreliggende undersøkelse ble det ikke observert større mengder krypsiv, men det var rester av krypsiv i det organiske materialet.

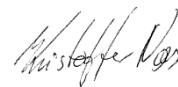
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Bunnsedimenter	1. Sediments
2. Miljøgifter	2. Contaminants
3. Overvåking	3. Monitoring
4. Kristiansandsfjorden	4. Kristiansandsfjorden



Eivind Oug  
Prosjektleder



Mats Walday  
Forskningsleder



Kristoffer Næs  
Forskningsdirektør

# **Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden**

Undersøkelser i Østerhavn ved utslipp fra Otraledningen  
2011

## Forord

Kristiansand kommune har i perioden 2008-2011 gjennomført undersøkelser i alle sjørespienter for kommunalt avløpsvann i Kristiansandsfjorden for å karakterisere miljøtilstand og overvåke eventuelle forandringer. Foreliggende undersøkelse omfatter resipienten for Otraledningen som fører avløpsvann fra industri og avfallsanlegg på Vennesla til utslippspunkt i Østerhavn. Tidligere undersøkelser har omfattet resipientene for kommunens renseanlegg i Korsvikfjorden, Odderøya og Bredalsholmen.

Program for undersøkelsen i Østerhavn ble diskutert i møte med kommunen 20. mai 2011. På møtet ble det uttrykt ønske om å undersøke spesielt for miljøgifter som kan være tilført med avløpsvannet i Otraledningen. Forslag til program ble lagt fram i juni 2011 og tilsagn til oppstart ble gitt 30. september 2011.

Feltarbeidet ble gjennomført 19. desember 2011. Ved prøvetakingen ble fartøyet «Willy» tilhørende skjærgårdstjenesten i Parkvesenet, Kristiansand kommune benyttet. Båtmannskap var Ole Govert Timenes og Dag Rosseland. I feltarbeidet deltok Jarle Håvardstun og Eivind Oug, NIVA.

Prøvene er opparbeidet ved NIVAs laboratorium i Oslo (organiske miljøgifter og bunnsedimenter) og ved Eurofins Environment Testing Norway as, Moss (metaller). Kontaktperson ved NIVAs laboratorium har vært Kine Bæk.

Avfall Sør og bedriftene på Vennesla har bidratt med opplysninger om forurensninger i avløpsvannet.

Kontaktpersoner i Kristiansand kommune har vært Steinar Børresen og Monica Fredvik.

Grimstad, 19. oktober 2012

*Eivind Oug*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	9
1.2 Områdebeskrivelse	9
1.3 Tidligere undersøkelser	10
1.4 Resipientområdet i Østerhavn	11
1.5 Forurensningstilførsler	13
1.6 Mål for undersøkelsen	14
<b>2. Metoder</b>	<b>15</b>
2.1 Stasjoner og prøvetaking	15
2.2 Bunnforhold og bunnsedimenter	16
2.3 Miljøgifter	16
2.3.1 Prøvetaking	16
2.3.2 Valg av analyseparametre	16
2.3.3 Analyser	17
2.3.4 Bedømming av miljøtilstand	17
<b>3. Resultater</b>	<b>18</b>
3.1 Prøvetaking	18
3.2 Bunnforhold	18
3.3 Analyse av bunnsedimenter	21
3.4 Miljøgifter	22
3.4.1 Metaller	22
3.4.2 Organiske miljøgifter og pesticider	23
3.4.3 Tinnorganiske forbindelser	24
<b>4. Vurdering av resultatene</b>	<b>25</b>
4.1 Bunnforhold	25
4.2 Metaller	25
4.3 Organiske miljøgifter, pesticider og TBT	26
<b>5. Referanser</b>	<b>28</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>30</b>
6.1 Prøvetaking og bunnforhold	30
6.2 Kjemiske analyser	33
6.2.1 Tilstandsklasser for metaller og organiske miljøgifter i sedimenter	33
6.2.2 Analyserapporter	34

## Sammendrag

Kristiansand kommune har i perioden 2008-2011 gjennomført undersøkelser av miljøtilstanden i alle resipienter for kommunalt avløpsvann i Kristiansandsfjorden. Foreliggende undersøkelse omfatter resipienten for Otraledningen som fører prosessvann fra treforedlingsindustri på Vennesla og avløpsvann fra Støleheia avfallsplass til utslipp i Østerhavn ved utløpet av Otra. Otraledningen ble etablert i 1995 som et tiltak for å bedre vannkvaliteten i Otra. Før etablering ble prosessvann fra industrien sluppet ut i Otra og bidro til betydelig forurensning i elven og i fjorden utenfor. Hovedutslippene besto av fiber, luktstoffer og oksygenforbrukende stoffer fra cellulose- og papirproduksjon ved Hunsfos fabrikker og suspendert stoff fra Huntonit AS. Utslippene fra Hunsfos fabrikker ble betydelig redusert etter 2004 og opphørte helt i 2011 da bedriften ble stengt ned.

Otraledningen munner ut i et dykket utslipp på 55 m dyp i Østerhavn i en dypkile sørvest for Galgebergtangenen. Østerhavn er et terskelfritt område med jevnt økende dyp ut mot Kristiansandsfjorden. Utslippsvannet innlagres på mellomnivå i sjøen. Tidligere undersøkelser av oksygenforhold og suspendert stoff har indikert at virkningene av avløpsvannet i resipienten er små. Fortynningen av avløpsvannet i resipienten er hurtig og meget stor.

Bunnområdene i Østerhavn er påvirket av avsetning av plantemateriale som føres ut med elvevannet i Otra. Ved prøvetaking i 2008 ble det påvist betydelige konsentrasjoner av dødt krypsiv i de dypeste områdene. Lokaliteter for overvåking av bunnfauna, som ble opprettet i 1993 før etablering av Otraledningen, var i 2008 preget av råtnende krypsiv og derved lite egnet som kontroll for utslippet fra Otraledningen

Foreliggende undersøkelse omfatter bunnforhold og miljøgifter i resipienten, med særlig fokus på miljøgifter i avløpsvannet i Otraledningen. Det er tidligere bare foretatt spredte undersøkelser av miljøgifter på grunt vann i Østerhavn. Undersøkelser av bunnforholdene er blitt aktualisert som en følge av tilførselene av krypsiv.

Prøvetaking med bunngrabb ble gjennomført på i alt 11 lokaliteter fra 20 til 130 m dyp. Delprøver av overflatesediment (0-2 cm) til analyse av miljøgifter ble tatt med håndcorer i grabbprøven på to lokaliteter, en nær utslippsstedet (stasjon Øst1, 50 m) og en lokalitet i indre Østerhavn nær Christianholm festning (stasjon Øst2, 20 m). På fire lokaliteter (Øst1, Øst2, G3 40 m, G9 130 m) ble delprøver av overflatesediment også tatt til analyse av finmateriale og organisk innhold. På et utvalg stasjoner ble en større delprøve av det øverste sedimentlaget (ca. 10 cm) siktet på 1 mm sikt for inspeksjon av planterester, bunnfauna og grovere elementer. På alle stasjoner ble bunnsedimentet visuelt inspisert for synlige objekter, farge og lukt av hydrogensulfid.

Prøvene av miljøgifter ble analysert for metaller (13 metaller, deriblant bly, kadmium, kobber, kvikksølv og nikkel), PAH (polyaromatiske hydrokarboner - tjærestoffer), PCB (polyklorerte bifenyler), NPD, HCB (heksaklorbenzen), QCB (pentaklorbenzen), plantevernmidler (DDE og lindan) og tinnorganiske forbindelser (tributyltinn - TBT).

Bunnsedimentet på lokalitetene innerst i Østerhavn virket friske, men hadde litt lukt av hydrogensulfid. Ved Otras munning og i en sektor over mot Odderøya var bunnsedimentet mørkere med synlige innslag av plantemateriale og moderat til markert lukt av hydrogensulfid. I ytterområdet og på nordøstsiden av Østerhavn var bunnsedimentene friske. Det ble ikke observert større mengder av dødt krypsiv på noen av lokalitetene, men fra Otras munning og utover var det rester av krypsiv i plantematerialet.

Organisk innhold i sedimentene var generelt høyt. Det ble registrert vanlige arter av bunnfauna på alle lokalitetene, men i dypkilen utenfor Otrass munning var bunnfaunaen svært artsfattig og bestod av arter med høy toleranse for organisk belastning. Tilstanden var klart dårligere enn i 1993 da forundersøkelsen for Otraledningen ble gjennomført. Trolig skyldes dette økt avsetning av dødt krypsiv i bunnområdene utenfor elvemunningen. Det er sannsynlig at transporten av krypsiv i Otra har økt som følge av tiltagende vekst i vassdraget og tiltak med fysisk fjerning av krypsiv etter 2002.

De kjemiske analysene viste at det var forhøyde verdier for kobber, kvikksølv, nikkel, PAH, PCB og TBT. Det var høyere verdier i indre Østerhavn (20 m) enn ved utslippet for Otraledningen (50 m) for alle komponentene med unntak for PCB og TBT. For PCB var det omtrent like verdier, mens det for TBT var litt høyere verdier ved utslippet. De høyeste konsentrasjonene tilsvarte tilstandsklasse III til IV ('moderat' til 'dårlig') etter Klifs system for klassifisering av miljøtilstand (revidert klassifisering av metaller og organiske miljøgifter 2007). For andre metaller (arsen, bly, kadmium, krom, sink), andre organiske miljøgifter (HCB, QCB) og pesticider var det lave konsentrasjoner.

Det var ingen påvisbar sammenheng mellom de forhøyde verdiene og tilførslene av metaller og organiske miljøgifter i Otraledningen. For metaller og PAH tyder de forhøyde verdiene i indre Østerhavn på at det foreligger bidrag fra lokale kilder. Trolig kan forurensningen av kobber, kvikksølv og PAH stamme fra tidligere tiders industrivirksomhet eller fra småbåthavner i området. Dette kan også være tilfelle for TBT, men tilførslene i Otraledning kan være av betydning. Flere komponenter som er karakterisert til dårlig tilstandsklasse i avløpsvannet, hadde lave verdier i bunnsedimentene i Østerhavn.

## Summary

Title: Environmental monitoring of Kristiansandsfjorden. Assessment study of the 'Otra pipeline' effluent discharges in Østerhavn 2011

Year: 2012

Author: Eivind Oug and Jarle Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6163-9

The municipality of Kristiansand has carried out a series of environmental assessment studies during 2008-2011 in the near-city fjord area receiving effluent discharges from sewage treatment plants and waste disposal plants. The present study assesses the possible effects of discharges from the "Otra pipeline" which transports waste water from woodworking industry and waste disposal plants at Vennesla to the sea. The discharge point is at 55 m depth in Østerhavn in Kristiansandsfjorden, just outside the mouth of the river Otra. The discharge water is entrained at medium levels in the fjord and rapidly diluted due to high water exchange.

The amount of wastewater from the woodworking industry has decreased significantly over the last decade. The present study therefore focused on contaminants which may originate from the waste disposal plant. In addition, the sediment quality status and influence from deposition of terrestrial plant debris was examined.

Samples were taken using a 0.1 m<sup>2</sup> van Veen grab at 11 stations from 20 m to 130 m depth. At all stations, the sediments were inspected for colour, smell, visible bottom animals and plant debris. At two stations, subsamples of surface sediments (0-2 cm) were taken for analysis of contaminants using a handcorer through the inspection ports of the grab. The stations were located near the discharge point (50 m depth) and in the inner part of Østerhavn (20 m depth). The subsamples were analysed for metals (13 metals including lead, cadmium, copper, mercury and nickel), PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), PCB (polychlorinated biphenyls), NPD, HCB (hexachlorobenzene), QCB (pentachlorobenzene), pesticides (DDE, lindane) and TBT (tributyl-tin).

The bottom sediments in the inner part of Østerhavn were of light colour, but there was a faint smell of H<sub>2</sub>S. In a sector from the mouth of the river Otra and outwards in the fjord, the sediments were dark-coloured, had a moderate to strong smell of H<sub>2</sub>S and contained visible fragments of plant debris. The organic content was high. Bottom fauna were present at all stations, but in the area with dark-coloured sediments only a few very tolerant species were found.

The chemical analyses indicated elevated levels for copper, mercury, nickel, PAH, PCB and TBT at one or both stations. The highest levels were characterized as 'moderate' to 'poor' quality status according to Norwegian guidelines for environmental quality in fjords and coastal waters. Except for PCB and TBT, the higher levels were recorded in the inner fjord area (20 m). The results suggest that there may be local sources in Østerhavn contributing to contaminant levels, for instance leisure boat harbours and local industry in the past. No clear relationships could be established between the elevated levels and the 'Otra pipeline' effluent discharges, with a possible exception for TBT.





# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Kristiansand kommune har i perioden 2008-2011 gjennomført undersøkelser i alle sjøresipientene for avløpsvann fra kommunens renseanlegg. Kommunen har renseanlegg med utslipp til sjø i Korsvikfjorden i Randesund (nedlagt 2011), på Odderøya og på Bredalsholmen i Vågsbygd (Figur 1). I tillegg til kommunens anlegg er det utslipp av avløpsvann fra industri og avfallsplass på Vennesla som føres i ledning i Otra til utslippspunkt i Østerhavn (Figur 1). Alle utslippene er plassert så vidt dypt i sjøen at utslippsvannet ikke skal trenge gjennom til overflaten, men innlagres i mellomsjikt i vannmassene.

Undersøkelsene gjennomføres for å karakterisere miljøtilstanden i sjøresipientene og sammenligne med tidligere undersøkelser. Undersøkelsene gjennomføres i henhold til kravene i avløpsdirektivet hvor det er fastsatt at tilstandsvurdering skal foretas regelmessig. I Kristiansandsfjorden legges det opp til et rullerende overvåkingsprogram hvor alle resipientene undersøkes med faste tidsintervaller. Framtidig overvåking av resipientene vil bli gjennomført etter kravene til Vanddirektivet når overvåkingsmetodene til dette er ferdig utviklet og direktivet implementeres fullt ut i norsk vannforvaltning.

Resipienten i Korsvikfjorden ble undersøkt i 2008-2009 (Oug og Kroglund 2008, Kroglund 2010), mens resipientene på Odderøya og Bredalsholmen ble undersøkt i 2008-2010 (Kroglund og Oug 2011). Av kostnadsmessige og faglige hensyn ble det meste av prøvetakingen konsentrert i tid og gjennomført samlet for resipientene. Prøvetaking på bløtbunn ble foretatt i 2008, mens prøvetaking på grunt vann og i strandsonen ble gjennomført i 2009-2010.

Foreliggende undersøkelse omfatter resipienten for utslippene fra Vennesla som føres i ledning til Østerhavn. Dette utslippet skiller seg fra de tre andre ved at avløpsvannet kommer fra industri og avfallsplass og derved omfatter andre komponenter enn utslipp fra de kommunale renseanleggene.

## 1.2 Områdebeskrivelse

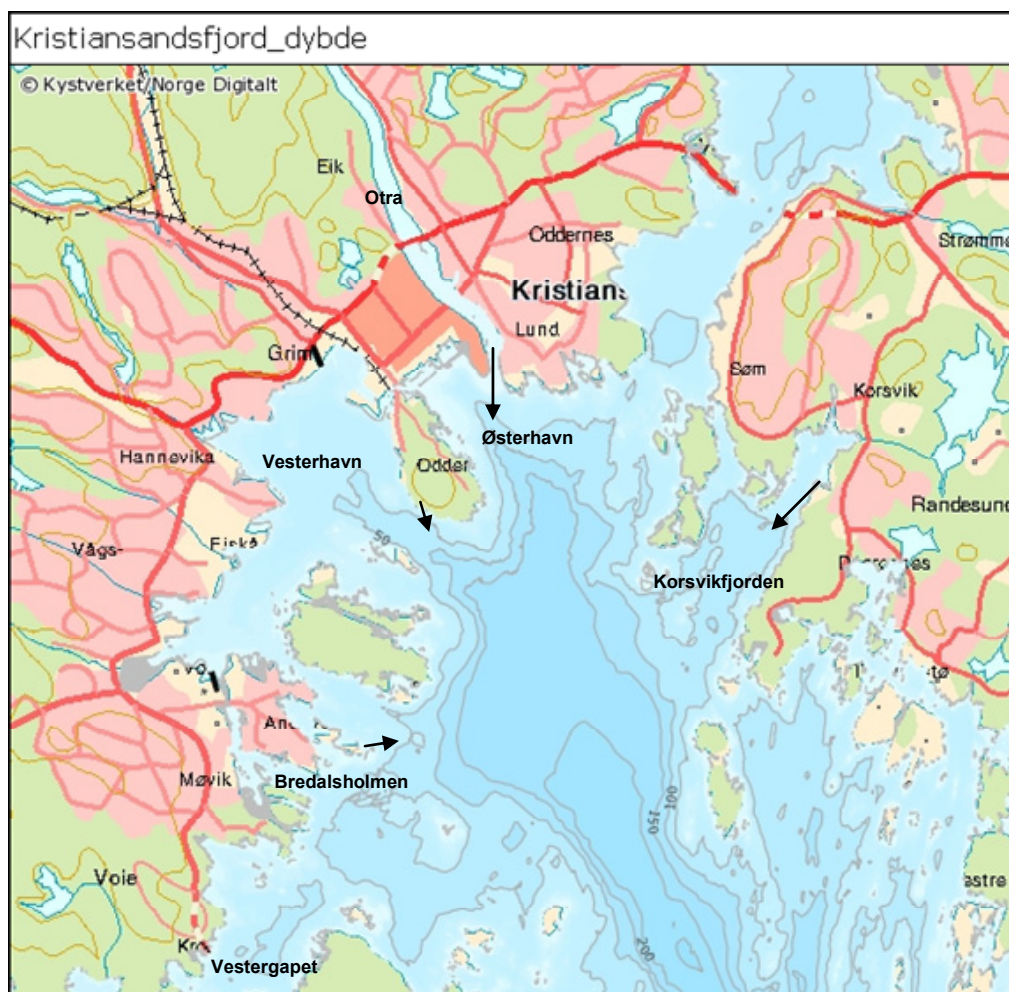
Kristiansandsfjorden er en dyp fjord (260 m) med åpen forbindelse til Skagerrak i sørøst (Figur 1). I vest er det forbindelse til åpent hav gjennom Vestergapet med dyp til ca. 40 m. Dypområdet i fjorden strekker seg inn mot ytterenden av Odderøya og et stykke inn i Østerhavn på østsiden av Odderøya.

Vannutskiftningen i Kristiansandsfjorden er god. Midlere oppholdstid for overflatevann synes å være 0,5-1,5 døgn for selve fjorden og 1-2 døgn i indre og mer avgrensede områder. Dypvannet skiftes ut over 1-2 uker (Molvær mfl. 1986). Overflatevannet i Østerhavn er sterkt påvirket av elvetilførsler fra Otra.

Kristiansandsfjorden har vært betydelig forurenset av utslipp fra industri og kommunalt avløpsvann. Både Kristiansand kommune og industrien har satt i verk en rekke tiltak for å redusere utslippene og bedre vannkvaliteten i fjorden. For kommunens del omfatter dette at alt avløpsvann oppsamles i hovedledninger og ledes til renseanlegg. Utslippene fra industrien er i stor grad opphørt. Vannkvaliteten i fjorden er derfor blitt vesentlig forbedret, men fortsatt er deler av fjorden betydelig forurenset av miljøgifter fra tidligere utslipp (Berge mfl. 2007). Undersøkelsene i resipientene for kommunens renseanlegg viste at miljøtilstanden var god i alle resipientene, men det var tegn til påvirkning av bunnområdene ved Odderøya som kan skyldes avsetning av organisk materiale (Oug og Kroglund 2008, Kroglund og Oug 2011).

Otraledningen ble etablert i 1995. Ledningen har ført prosessvann fra treforedlingsindustrien på Vennesla (Hunfos fabrikker AS og Huntonit AS) og avløpsvann fra Støleheia avfallsanlegg som er et kommunalt avfallsmottak. Før etablering av ledningen ble utslippene fra Hunfos fabrikker og Huntonit sluppet ut i Otra og bidro til betydelig forurensning i elven og i fjorden utenfor. Støleheia avfallsanlegg ble etablert i 1996 etter at ledningen var satt i funksjon. Hunsfos fabrikker ble stengt ned i 2011 og bidrar derfor ikke lenger til avløpsvannet i ledningen.

Utslippet er etablert som et dykket utslipp på 55 m dyp utenfor munningen av Otra. Utslippsvannet innlagres på mellomnivå i sjøen. Det er ikke meldt om gjennomslag av avløpsvann til overflaten i sjøresipienten.



**Figur 1.** Oversiktskart med dybdeforhold i Kristiansandsfjorden. Plassering av utslippspunkter for avløpsvann fra kommunens renseanlegg og Otraledningen er markert med sorte piler.

### 1.3 Tidligere undersøkelser

I Kristiansandsfjorden har det vært gjennomført et betydelig antall undersøkelser i forbindelse med tiltakene for å bedre miljøtilstanden i fjorden. Undersøkelsene startet med en større basisundersøkelse i 1983-85 som omfattet forurensningstilførsler, vannkvalitet, organismsamfunn på bløtbunn og på grunt vann (hardbunn), miljøgifter i bunnsedimenter og miljøgifter i organismer. I tillegg ble vannutskifning og hovedstrømforhold kartlagt (se Molvær 1986 for oppsummering). I senere år har de

fleste undersøkelserne vært rettet mot Vesterhavnområdet med særlig fokus på miljøgifter i bunnsedimenter og organismer. Det er også foretatt nyere undersøkelser i Marvika i ytre Topdalsfjorden, i Fiskåbukta og Bredalsholmen i Vågsbygd. Under ”Pilotprosjekt Kristiansandsfjorden” er det gitt en oversikt over rapporter og undersøkelser (<http://www.fylkesmannen.no/enkel.aspx?m=33373>). De siste større sammenfattende undersøkelser ble gjennomført i 2006 og 2010 (Berge mfl. 2007, Schøyen mfl. 2010).

Undersøkelser som spesifikt har omfattet Otraledningen og resipientområdet i Østerhavn omfatter:

- I 1989 ble det foretatt en vurdering av Østerhavn som resipient for utslipp fra treindustri. Vurderingen var ledd i en utredning av konsekvenser ved ulike utslippsalternativer fra Hunsfos fabrikker (Molvær m.fl. 1989)
- I 1994 ble det foretatt en beregning av innlagringsdyp og fortykning ved dykket utslipp i fjorden for å finne fram til gunstig plassering av utslippsdyp og utslippssted (Molvær 1994).
- I 1995 ble det foretatt en undersøkelse av sedimentering av partikulært materiale i fjorden og bløtbunnsfauna ved utslippsstedet (Oug og Helland 1995).
- I 1996, kort tid etter at Otraledningen var satt i drift, ble det foretatt en kontrollundersøkelse av oksygenforholdene i fjorden omkring utslippsstedet (Molvær 1996).
- I 2010 ble det gjort en analyse av giftighet i avløpsvannet fra Huntonit AS (Hindar m.fl. 2010)

Andre relevante undersøkelser omfatter en kartlegging av miljøgifter i grunne områder i Kristiansandsfjorden hvor fire lokaliteter fra Odderøya til Tangen ble undersøkt i 2001 (Næs og Rygg 2001). I forbindelse med mudring av småbåthavner i Kristiansand er det gjennomført flere undersøkelser av miljøgifter i Christianholm båthavn både før og etter mudring (Sivertsen 2007).

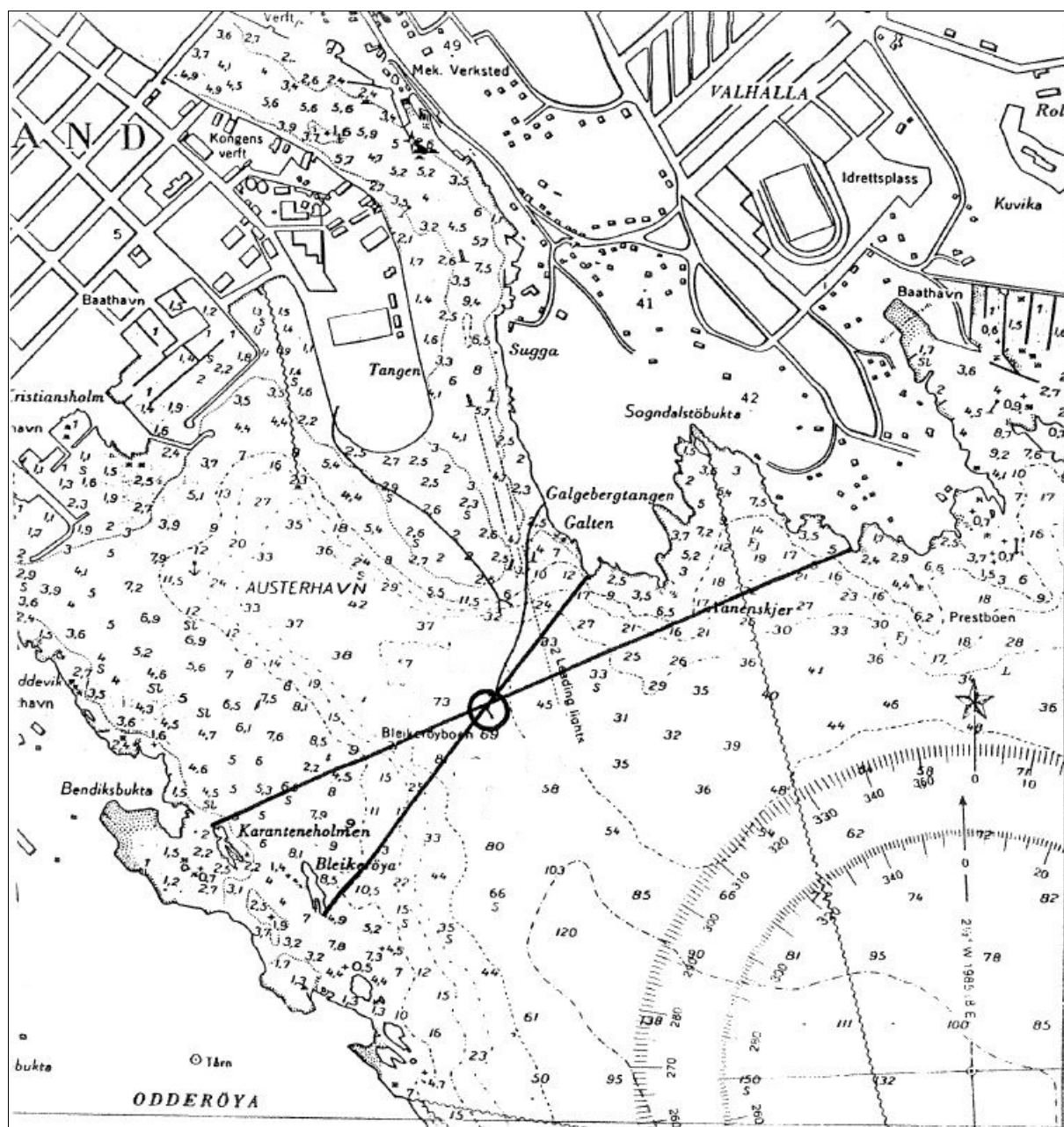
## 1.4 Resipientområdet i Østerhavn

Otraledningen har på mange måter vist seg å være et vellykket tiltak. Vannkvaliteten i Otra ble kraftig forbedret da ledning ble satt i drift og det foregår nå et betydelig fritidsfiske av laks i elva. I Østerhavn er vannkvaliteten i overflatevannet betydelig forbedret. Dette har vært viktig for utvikling av attraktive rekreasjonsområder langs strandkanten med parkanlegg, båthavner og badestrand.

Plassering av utslippsstedet i Østerhavn er vist i Figur 2. Utslippet er lokalisert på 55 m dyp, men avløpsvannet, som er ferskvann og lettere enn det omkringliggende sjøvannet, vil stige oppover i vannsøylen samtidig som det innblandes med sjøvann. Det fortynnede avløpsvannet vil innlagre seg i et mellomdyp etter hvert som det når likevekt med vannmassene omkring. Beregninger viser at innlagringen vil finne sted i dypintervallet 15-25 m, men at det av og til kan stige opp til 5 m dyp (Molvær 1996). Fortyningen er beregnet til 26-90 ganger på innlagringsdypet, men vil øke raskt når fortynningsvannet brer seg videre ut i fjorden. Strømmene i innlagringsdypet er gjennomsnittlig svake (< 5 cm/s) som tilsvarer at vannet vil forflytte seg omkring 100 m på 30 minutter. Det må forventes at fortynningsvannet vil spre seg i Østerhavn og videre ut i hovedfjorden, men også trenge innover i dypkilen i Østerhavn.

Ved etterundersøkelsen i 1996 ble det funnet at avløpsvannet hadde liten innvirkning på oksygenforholdene i avstand større enn hundre meter fra utslippsstedet (Molvær 1996).

Som ledd i forundersøkelsene ble det gjort forsøk med sedimentering av partikulært materiale i avløpsvannet. Forsøkene viste at materialet holdt seg nøytralt i suspensjon i vannet over flere dager. Ved innblanding i fjordens vannmasser vil partikkelkonsentrasjonene være lave og trolig nær bakgrunn etter få timer (Oug og Helland 1995).



**Figur 2.** Lokalisering av utslippsstedet for Otraledningen i Østerhavnen. Siktelinjer for plassering av utslippet er inntegnet. Fra Molvær (1996).

Ved forundersøkelsene ble det også etablert en lokalitet for overvåking av bunnsfauna svært nær utslippsstedet (Oug og Helland 1995). Prøvene var påvirket av tilførsler av plantemateriale fra land, men det var høy artsrikhet av bunndyr og god tilstand på lokaliteten. Ved prøvetakingen av bunnsfauna for alle kommunens resipienter i 2008 viste det seg at lokaliteten da var sterkt påvirket død krypsiv (Figur 3). Bunnsedimentet var svart og luktet av hydrogensulfid, samtidig som prøvene var fulle av delvis nedbrutt materiale som gjorde det svært vanskelig å sikte prøven (Oug & Kroglund 2008).



**Figur 3.** Bunnprøver fra lokalteten K42 ved utslippsstedet for Otraledningen 27. mai 2008. Venstre: Grabb med inspeksjonsluker åpnet for uttak av overflatesediment til analyse. Høyre: nærfoto av åpnet inspeksjonsluke som viser tett dekke av død krypsiv på bunnoverflaten.

Krypsivet har åpenbart blitt ført ut med elvevannet fra områder i Otra hvor veksten av krypsiv har tiltatt sterkt og utgjør et problem. På grunn av denne situasjonen må bunnfauna på lokaliteten betraktes som egnet til å vurdere mulige effekter av utslippet fra Otraledningen.

Miljøgifter i bunnsedimenter har vært undersøkt i grunne indre områder av Østerhavn. I 2001 ble fire lokaliteter fra Odderøya til Tangen på 4-6 m dyp analysert for nikkell og organiske miljøgifter i forbindelse med en større kartlegging av miljøgifter i Kristiansandsfjorden (Næs og Rygg 2001). Undersøkelsen viste generelt lave nivåer for alle komponentene, med unntak for tjærestoffer (PAH) ved båthavnen i Nodeviga. I 2005 og 2007 ble det foretatt undersøkelser av bunnsedimentet i småbåthavnen ved festningen (Christianholm festning) i forbindelse med mudring (Sivertsen 2007). Undersøkelsen viste at forurensninger i bunnsedimentene ble betydelig redusert etter mudring. I utløpet av båthavnen var konsentrasjonene generelt lave for alle komponenter med unntak for kvikksølv og PAH som ble kategorisert til markert forurenset.

## 1.5 Forurensningstilførsler

Da Otraledningen ble etablert, var de viktigste tilførslene fra Hunsfos Fabrikker AS fra bedriftens tømmerrenseri, cellulosefabrikk, tremassefabrikk og papirfabrikk. Hovedutslippene var suspendert stoff (fiber) og oksygenforbrukende stoffer. I utslippene var det også lukt og smaksstoffer fra kondensat. Etter utslippstillatelsen skulle utslippet av suspendert stoff ikke overstige 1,3 tonn per døgn og oksygenforbrukende stoffer beregnet som KOF ikke overstige 42 tonn per døgn. I 1999 stoppet cellulosefabrikken og i 2004 opphørte bleking av tremasse. Dette førte til en sterk nedgang i utslippene. Etter 2004 var utslippene av suspendert stoff og KOF redusert til mindre enn 10 % av utslippene på 90-tallet. I 2011 opphørte all produksjonen ved bedriften.

Huntonit AS har konsesjon på utslipp som er mindre enn ett tonn suspendert stoff og mindre enn 10 tonn KOF per døgn. I tillegg er det noe utslipp fra lekkasje av hydraulikkolje i forbindelse med produksjonen. Undersøkelsen av giftigheten av avløpsvannet konkluderte med at faren for skadevirkninger i resipienten ville være små ved fortykning på 6-9 ganger, men at det kan være fare for kroniske virkninger på organismer ved fortykning opp til 110-150 ganger (Hindar m.fl. 2010). Disse tallene er noe høyere enn primærfortynningen av utslippsvannet. Dette tilsier at faren for toksiske virkninger er små ved ytterligere fortykning ved innlagring, men kan ikke utelukkes.

Utslippene fra Støleheia avfallsanlegg for perioden 2006-2009 er dokumentert i et sammenfattende notat i 2010 (Vatland 2010). Utslippene omfatter metaller, ulike organiske forbindelser, olje-komponenter, PAH og tinnorganiske forbindelser. Prioriterte stoffer som kan klassifiseres fra avløpsvann ble i mange tilfeller vurdert til tilstandsklasse I-II 'bakgrunn - god', men enkelte metaller (arsen, bly, kobber, krom) og tinnorganiske forbindelser ble vurdert til tilstandsklasse IV-V 'dårlig – svært dårlig'. Sett i relasjon til andre utslippskilder til Kristiansandsfjorden ble utslippene av metaller og PAH generelt sett på som ubetydelige (Vatland 2010). For mange forbindelser foreligger det imidlertid ikke tall for utslipp fra andre kilder. Vurderingene ble foretatt på basis av analyser av rensset avløpsvann som slippes ut i Otraledningen.

Det er ikke tilførsler av kommunalt avløpsvann til Østerhavn, men overløp i perioder med mye nedbør kan forekomme.

## 1.6 Mål for undersøkelsen

På bakgrunn av at bløtbunnsfauna synes mindre egnet for overvåking av resipienten, har hovedfokus vært lagt på miljøgifter som kan stamme fra avløpsvannet i Otraledningen. Det har vært vurdert som mindre aktuelt å gjennomføre nye undersøkelser av oksygenforbruk i vannmassene. I og med at innlagring av avløpsvannet virker tilfredsstillende, vil det heller ikke forventes sporbare effekter av utslippet på organismer i strandsonen. Undersøkelsen har derfor omfattet dypere sjøområder (> 20 m) av resipienten.

Undersøkelsen har også tatt sikte på å klarlegge i hvor stort omfang bunnområdene i Østerhavn er påvirket av dødt krypsiv. Denne problemstillingen har blitt aktualisert etter observasjonene ved prøvetakingen i 2008.

Undersøkelsen har hatt som mål:

- Undersøke forekomster og nivåer av miljøgifter i bunnsedimentene i Østerhavn som kan ha blitt tilført med avløpsvann i Otraledningen.
- Beskrive avsetning av krypsiv og grad av påvirkning på bunnmiljøet fra dødt krypsiv og annet plantemateriale som tilføres med elvevannet i Otra.
- Fremskaffe datagrunnlag for senere oppfølgende undersøkelser i resipientene og som ledd i overvåking av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden

Undersøkelsen gir en generell beskrivelse av tilstanden i Østerhavn-området på dyp større enn 20 meter. Andre utslipp av miljøgifter enn de som kommer fra Otraledningen vil kunne fanges opp.

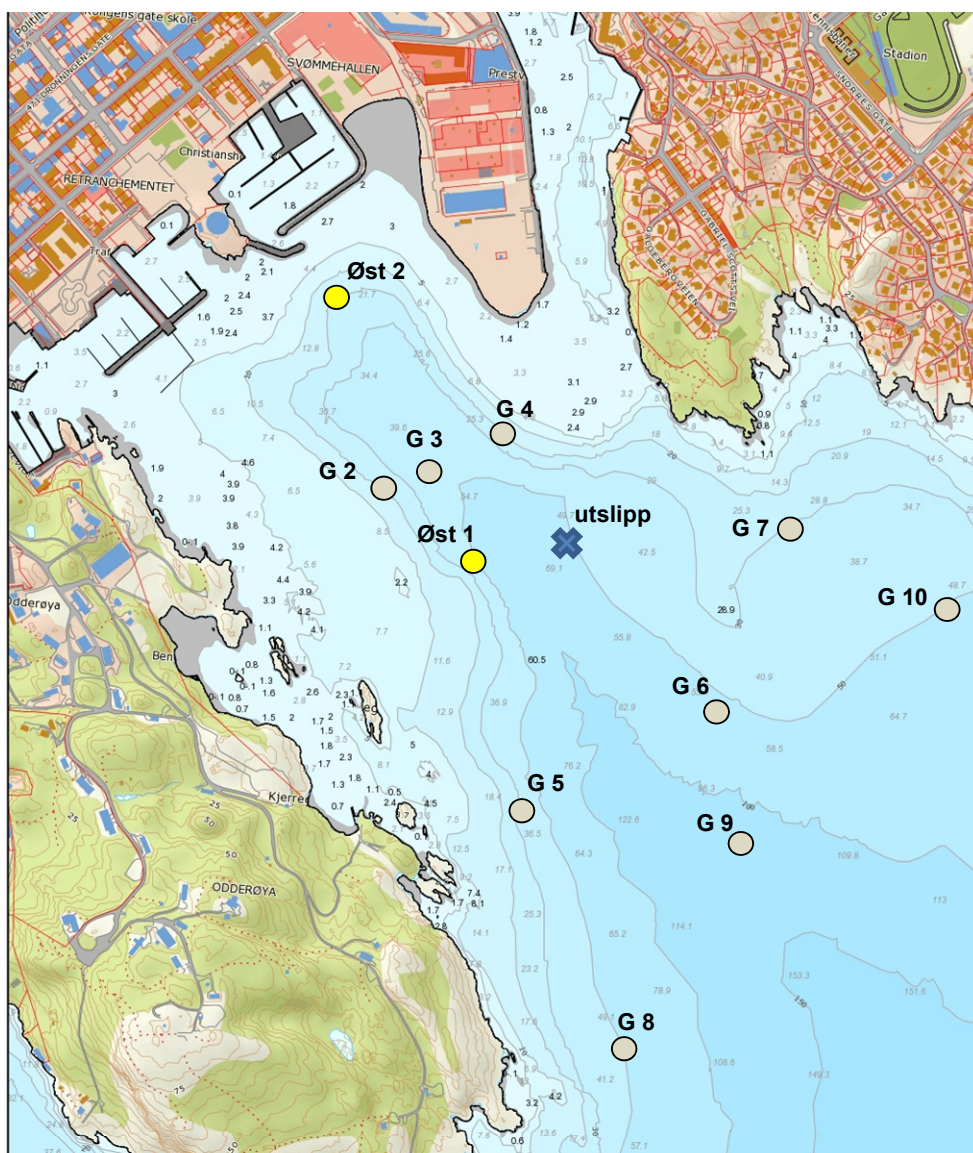
Det har vært lagt vekt på at utvalg av analyseparametre skal være harmonisert med andre undersøkelser i Kristiansandsfjorden.

## 2. Metoder

### 2.1 Stasjoner og prøvetaking

Undersøkelsene omfattet i alt 11 prøvetakingsstasjoner (Figur 4). På alle stasjonene ble det foretatt en visuell beskrivelse av bunnsediment. På to stasjoner, en nær utslippet fra Otraledningen og en i indre havneområde (Øst1, Øst2), ble det tatt prøver for analyse av miljøgifter.

Prøvetakingen ble foretatt med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bunngrabb (modifisert versjon, UiO). Det var planlagt å ta prøvene til analyse av miljøgifter med Gemini-corer, men denne utløste ikke ved flere forsøk og måtte derfor oppgis.



**Figur 4.** Lokalteter for prøvetaking for miljøgifter (Øst 1, Øst 2) og visuell inspeksjon av bunnsedimenter (G2 – G10) i Østerhavnen 19. desember 2011. Lokalisering av utslippspunkt for Otraledningen er også vist.



## 2.2 Bunnforhold og bunnsedimenter

Det ble tatt et grabbhugg på hver lokalitet. Ved prøvetakingen ble bunnsedimentet visuelt beskrevet og farge på overflatesedimentet ble bestemt i henhold til Munsell fargekart. Det ble spesielt kontrollert for sverting og lukt av hydrogensulfid i sedimentet.

På et utvalg stasjoner ble en større delprøve av det øverste sedimentlaget (ca. 10 cm) siktet på 1 mm sikt for inspeksjon av planterester, bunnfauna og grovere elementer. Sikteresten ble fiksert i formaldehydløsning og senere undersøkt i laboratoriet.

På fire stasjoner ble det tatt en delprøve av overflatesediment (0-2 cm) for analyse av kornfordeling og organisk innhold (Øst1, Øst2, G3, G9). Delprøvene ble tatt med plastskje gjennom inspeksjonslukene på grabben og oppbevart nedfrosset fram til analyse. Sedimentets finfraksjon ble bestemt ved våtsikting på 0,063 mm sikt. Innhold av organisk materiale ble bestemt ved analyse for totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) i en elementanalysator. TOC ble bestemt etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre. Resultatene er vurdert etter Klifs (tidligere SFT) system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl. 1997). Analysene ble utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

## 2.3 Miljøgifter

### 2.3.1 Prøvetaking

Analyse av miljøgifter ble foretatt på delprøver av overflatesediment (0-2 cm) fra stasjonene Øst1 og Øst2. Prøvene ble tatt med håndcorer gjennom inspeksjonslukene på toppen av grabben. I grabbhugget ble det tatt i alt fire håndcorerprøver som ble slått sammen to og to til to replikate prøver. Corerne ble plassert i sedimentet i grabben før prøvene til analyse av kornfordeling og organisk innhold ble tatt. Prøvene ble oppbevart nedfrosset fram til analyse.

### 2.3.2 Valg av analyseparametre

Sedimentene ble analysert for innhold av metaller, organiske miljøgifter, plantevernmidler og tinnorganiske forbindelser.

I alt 13 metaller ble karakterisert, deriblant bly, kadmium, kobber, kvikksølv og nikkel.

De organiske miljøgiftene omfatter PAH (polyaromatiske hydrokarboner - tjærestoffer), PCB (polyklorerte bifenyler), NPD, HCB (heksaklorbenzen) og QCB (pentaklorbenzen). Innholdet av PAH-forbindelser i sediment stammer oftest fra forbrenningsprosesser. NPD er en sum av konsentrasjonene til flere forbindelser som benyttes som en indikator for oljeforurensninger (naftalen, fenantren, dibenzotiofen C1-C3-naftalener, C1-C3-fenantrener og C1-C3 dibenzotiofener). PCB-forbindelser ble tidligere mye benyttet i industrikjemikalier som maling og har også vært benyttet i isolerglass.

Plantevernmidlene omfatter DDE og lindan. DDE er en hovedandel av DDT som tidligere ble benyttet mye i frukthager.

Av tinnorganiske forbindelser er det analysert for TBT (tributyl-tinn). Dette har inntil for få år siden vært benyttet som antibegroingsmiddel i bunnstoff for båter, men er nå forbudt i bruk.

HCB, QCB og plantevernmidlet lindan er kjemikalier som inngår i de prioriterte stoffene som det er foreslått kvalitetsstandarder (QS) for i Vanndirektivet.

### 2.3.3 Analyser

Analysene av organiske miljøgifter, pesticider, kornfordeling, tørrstoff og totalt nitrogen og karboninnhold ble utført ved NIVAs laboratorium. Metaller og tinnorganiske forbindelser ble utført ved EUROFINs laboratorier.

### 2.3.4 Bedømming av miljøtilstand

Klif har utviklet kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av miljøgifter i sedimenter (Bakke mfl. 2007). Innholdet av miljøgifter i sedimentene fra Østerhavn er klassifisert ihht grenseverdiene i denne veilederen. Et utdrag av disse kriteriene er vist i Tabell 1. For TBT er det oppgitt både effektbaserte og forvaltningsbaserte grenseverdier. I denne rapporten er TBT klassifisert etter de forvaltningsbaserte grenseverdiene.

**Tabell 1.** Klassifisering av tilstand basert på konsentrasjoner (øvre grenseverdi) av metaller og organiske stoffer i sedimenter. Et utvalg av metaller og organiske miljøgifter er vist. Mer fullstendig tabell er gitt i Vedleggstabell 4. Fra Bakke mfl (2007).

	Parametere	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
<b>Metaller</b>	Arsen (mg/kg)	20	52	76	580	>580
	Bly (mg/kg)	30	83	100	720	>720
	Kadmium (mg/kg)	0,25	2,6	15	140	>140
	Kobber (mg/kg)	35	51	55	220	>220
	Krom (mg/kg)	70	560	5900	59000	>59000
	Kvikksølv (mg/kg)	0,15	0,63	0,86	1,6	>1,6
	Nikkel (mg/kg)	30	46	120	840	>840
	Sink (mg/kg)	150	360	590	4500	>4500
<b>Organiske miljøgifter</b>	PAH-16 (µg/kg)	300	2000	6000	20000	>20000
	PCB-7 (µg/kg)	5	17	190	1900	>1900
	HCB (µg/kg)	0,5	17	61	610	>610
	Lindan		1,1	2,2	11	>11
	DDT	0,5	20	490	4900	>4900
<b>TBT</b>	TBT effektbasert		0,002	0,016	0,032	>0,032
	TBT forvaltningsbasert	1,0	5	20	100	>100

### 3. Resultater

#### 3.1 Prøvetaking

Prøvetaking ble foretatt 19. desember 2011. Under prøvetaking var det pent vær, vestlig flau vind til lett bris og 0-2 grader C. Det var moderat vannføring i Otra som førte til en markert utgående overflatestrøm i Østerhavn.

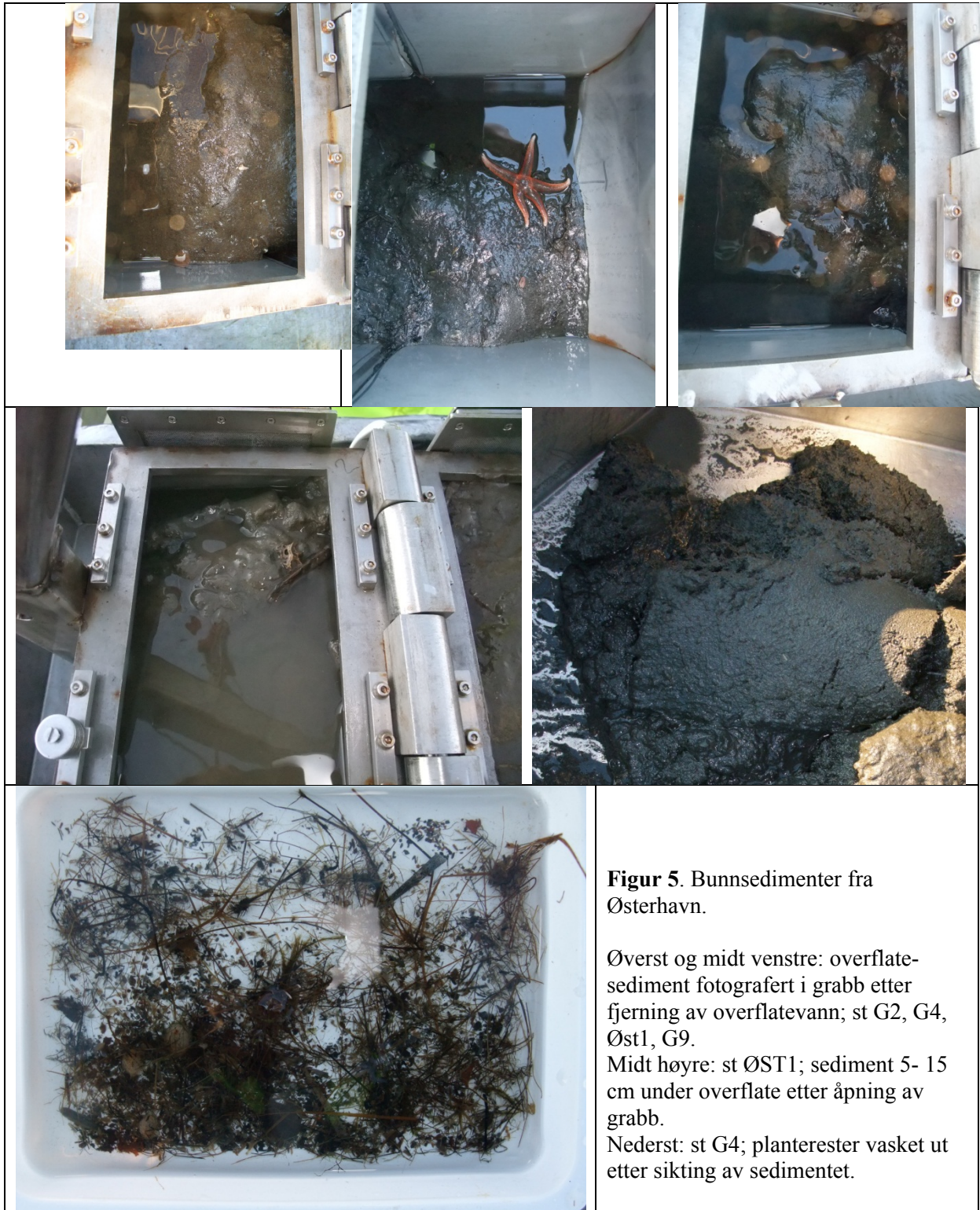
Fullstendige opplysninger om prøvetaking og bunnforhold er gitt i Vedleggstabellene 1 og 2.

#### 3.2 Bunnforhold

På de grunneste lokalitetene innerst i Østerhavn (Øst2, G2) var det okerbrunt sandblandet mudder. Sedimentet virket friskt, men det var litt lukt av hydrogensulfid under overflaten. Det ble observert flere arter av børstemark, sjømus og små muslinger (Tabell 2, Figur 5). Ved OTRAS munning og i en sektor over mot Odderøya var bunnsedimentet mørkere med synlige innslag av plantemateriale og tydelig lukt av hydrogensulfid. Mest påvirket var tilstanden i det dypeste området ved stasjon Øst1 hvor bunnsedimentet var mørkt grått til gråsvart og hadde markert lukt av hydrogensulfid (Tabell 2, Figur 5, Figur 6). Lenger ut var det mørkt sediment ved Odderøya (st. G5, G8), mens bunnsedimentet var lyst, virket friskt og hadde artsrik bunnfauna på størstedypet og på nordøstsiden av Østerhavn.

**Tabell 2.** Visuelle observasjoner ved prøvetaking for bunnforhold i Østerhavn 19. desember 2011

<i>Stasjon</i>	<i>Dyp</i>	<i>Visuelle observasjoner</i>	<i>Lukt av hydrogen-sulfid</i>
<b>ØST2</b>	20 m	Okerbrunt mudder, litt mørkere grå under. Små sjømus, skjellrester, litt treflis og plantefibre.	Ingen
<b>G2</b>	20 m	Okerbrunt mudder, litt mørkere grå under. Små sjømus, skjellrester, børstemark, rør av børstemark, litt koksbit og plantefibre.	Svak lukt dypere enn 10 cm
<b>G3</b>	40 m	Mørk okerbrunt mudder, grå under. Små sjømus, børstemark og skjellrester. En god del plantefibre, dannet 'matter' i sikten.	Litt lukt
<b>G4</b>	20 m	Mørk grå mudder med litt sprengstein. Mange små sjømus, en del planterester (myrrose, gress) og krypsiv. Ett stort korstroll	Moderat lukt
<b>ØST1</b>	50 m	Mørk grå mudder, gråsvart under med lysere striper. Sikterest med mye plantefibre, ingen dyr observert.	Markert lukt, sterkere nedover
<b>G5</b>	30 m	Mørk grå bløt mudder. Ganske mye plantefibre, dannet 'matter' i sikten, blad, mose og lange krypsiv (5-10 cm). Små sjømus, muslinger, børstemark.	Moderat til sterk lukt
<b>G6</b>	55 m	Okergrå mudder. Litt tynne plantefibre. Noen små sjømus, børstemark, mudderrør og rester av skjell.	Ingen
<b>G7</b>	30 m	Nokså mørk okergrå mudder. Litt grus, skjellrester, biter av større rør av børstemark.	Ingen
<b>G8</b>	50 m	Mørk okergrå mudder, noen sorte flekker under overflate. En god del plantefibre og litt krypsiv, noen børstemark, slangestjerner, sjømus.	Ingen
<b>G9</b>	130 m	Lys okergrå bløt mudder, litt mørkere grå nedover. Børstemark, noen slangestjerner, en del store mudderrør, litt treflis.	Ingen
<b>G10</b>	50 m	Nokså mørk okergrå mudder, mørkere grå nedover. Oppstikkende rør av børstemark. Litt grus, børstemark og muslinger.	Ingen



**Figur 5.** Bunnsedimenter fra Østerhavn.

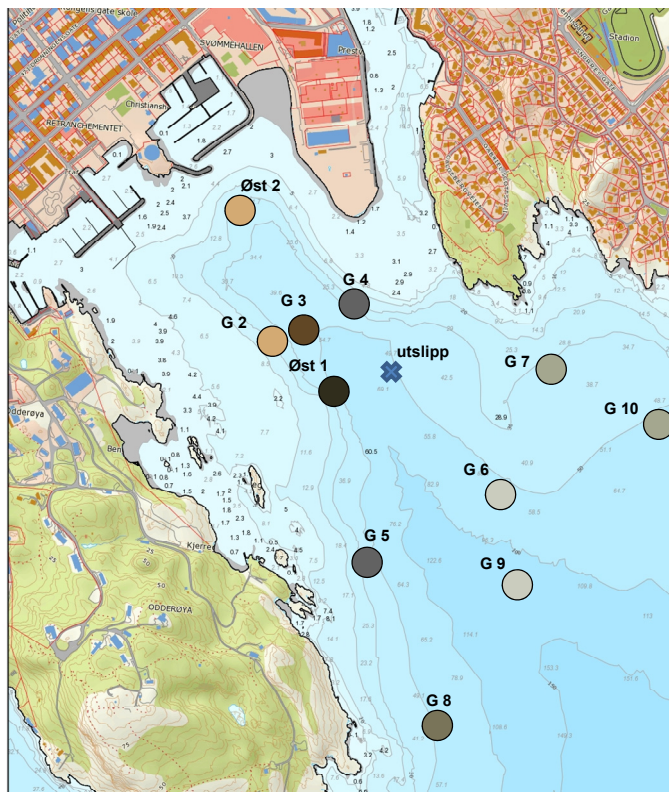
Øverst og midt venstre: overflate-sediment fotografert i grabb etter fjerning av overflatevann; st G2, G4, Øst1, G9.

Midt høyre: st ØST1; sediment 5- 15 cm under overflate etter åpning av grabb.

Nederst: st G4; planterester vasket ut etter sikting av sedimentet.

Alle lokalitene med mørkt bunnsediment og rester av plantemateriale ligger i retningen for elvestrømmen fra Otra gjennom Østerhavn til sydøstspissen av Odderøya. Det er tydelig at det avsettes mye plantemateriale i området for elvestrømmen.

Hovedmengden av plantemateriale syntes å være rester av gras, blad og myrrose. Det ble observert rester av krypsiv ved elvemunningen (st G4) og ved Odderøya (st G5, G8), men ingen steder var det store mengder. På de dypeste stasjonene (st G3, Øst1) var plantematerialet betydelig nedbrudt. Det virket som det var vesentlig mindre mengder av krypsiv til stede enn det som ble rapportert etter bunnprøvetakingen i 2008 (Vedleggstabell B1 i Oug og Kroglund 2008).



**Figur 6.** Farge i bunnsedimentene i Østerhavn (litt forsterket). Generelt indikerer mørk farge dårligere tilstand med utvikling av hydrogen sulfid i sedimentet.

Delprøvene som ble siktet og undersøkt for bunnfauna indikerte at det var dårlige forhold ved utslippsstedet utenfor munningen av Otra, også forholdsvis dårlige forhold i dyprenna innover i Østerhavn, mens det i ytre Østerhavn var gode forhold. Ved utslippsstedet (stasjon Øst1) var prøven sterkt dominert av en fåbørstemark (*Tubificoides*) som ofte dominerer ved høy organisk belastning (Tabell 3). Denne arten var også dominerende innover i Østerhavn (stasjon G3), men her var det et tydelig innslag av andre arter og flere organismegrupper representert. I ytre områder av Østerhavn var bunnfauna variert sammensatt uten noen betydelig dominerende arter (st. G7, G10), men det var fortsatt et markert innslag av arter som er tolerante for organisk belastning (f.eks. børstemarken *Chaetozone* og muslingen *Corbula*).

Det er naturlig å betrakte de dårlige forholdene ved utslippspunktet som en følge av tilførslene av plantemateriale fra Otra. Undersøkelsene av siktematerialet indikerte at svært mye av finfordelt betydelig nedbrudt plantemateriale var rester av krypsiv (Tabell 3). Det kan imidlertid ikke utelukkes at det også avsettes annet organisk materiale i dypområdet som måtte føres ut med elvevannet i Otra eller med avrenningsvann fra landområdene omkring Østerhavn.

**Tabell 3.** Arter av bunnfauna observert i bunnmateriale etter sikting på 1 mm sikt. Mer detaljerte resultater er gitt i Vedleggstabell 3.

<i>Stasjon</i>	<i>Siktemateriale</i>	<i>Bunndyr</i>
<b>Øst1</b>	Mye tynne plantefibre, mest trolig fra krypsiv. Litt skarpkantet grus (sprengstein). Noen rør av spunnet materiale med glatt innside – trolig fra krepsdyr.	Sterk dominans av fåbørstemark <i>Tubificoides benedii</i> . Spredte individer av flerbørstemark ( <i>Eteone</i> , <i>Galathowenia</i> , <i>Scoloplos</i> , <i>Glycera</i> ), noen krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder)
<b>G3</b>	Mye tynne plantefibre som på Øst1. Litt skarpkantet grus (sprengstein). Mange rør av spunnet materiale med glatt innside. Mye rester av rør av <i>Pectinaria</i> (børstemark)	Dominans av fåbørstemark <i>Tubificoides benedii</i> . Ca 15 arter av flerbørstemark (mest vanlig <i>Glycera</i> , <i>Scoloplos</i> , <i>Eteone</i> , <i>Galathowenia</i> , <i>Prionospio</i> ). Noen nemertiner, krepsdyr, små sjømus ( <i>Echinocardium</i> ).
<b>G7</b>	Litt grus og småstein. Rester av skjell. Rør av børstemark	Ganske variert bunnfauna: nesledyr ( <i>Edwardsia</i> ), nemertiner, Sipunculida, flerbørstemark (mest vanlig <i>Levinsenia</i> , <i>Prionospio</i> , <i>Chaetozone</i> , <i>Galathowenia oculata</i> , <i>Sosane</i> , <i>Sabellides</i> , <i>Pista</i> ), bløtdyr ( <i>Corbula</i> , <i>Thyasira</i> , <i>Cylichna</i> , Caudofoveata), krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder), pigghuder ( <i>Amphiura filiformis</i> , <i>Echinocardium</i> (små), <i>Labidplax buski</i> )
<b>G10</b>	Litt grus og småstein. Rester av skjell. Rør av børstemark. Litt planterester	Variert bunnfauna med flere forurensnings-ømfintlige arter: nemertiner, sipunculider, flerbørstemark (mest vanlig <i>Prionospio</i> , <i>Spiophanes</i> , <i>Apistobranthus</i> , <i>Chaetozone</i> , <i>Praxillella</i> , <i>Sosane</i> , <i>Polycirrus</i> , <i>Terebellides</i> ), bløtdyr ( <i>Nucula</i> , <i>Nuculoma</i> , <i>Corbula</i> , <i>Thyasira</i> ), krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder), pigghuder ( <i>Echinocardium</i> , <i>Labidplax</i> )

### 3.3 Analyse av bunnsedimenter

På alle stasjonene med unntak for G9 var det mudderblandet sand med forholdsvis lavt innhold av finstoff (Tabell 4). På G9 var sedimentet mer finkornet. Innholdet av organisk materiale var svært høyt på stasjon Øst1 ved utslippet og høyt på Øst2 innerst og G9 ytterst i Østerhavn. På stasjon G3 innenfor utslippet ble det målt et lavt og meget avvikende innhold av organisk materiale (Tabell 4). Denne verdien må betraktes som tvilsom sett i forhold til de andre målingene og de visuelle observasjonene fra lokaliteten (Tabell 2). Etter Klifs (SFTs) kriterier for miljøkvalitet faller det organiske innholdet i klasse V 'meget dårlig' på lokalitetene.

Bunnsedimentene inneholdt relativt sett lite nitrogen og fikk derfor høyt forholdstall mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) (Tabell 4). Dette gjenspeiler at det organiske materialet i stor grad er tilført fra land. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (f.eks. fra planktonorganismer) vil C/N-forholdet være 6-8, mens det i materiale fra land vil overstige 10-12.

Tidligere målinger i Østerhavn har vist moderate til høye verdier for organisk innhold (Tabell 4). Stasjon K6 i 1983 var lokalisert på samme sted som G9. Det var litt høyere organisk innhold i 1983, mens C/N-forholdet var så godt som det samme. Stasjon K31 er i ytterkant av Østerhavn på ganske dypt vann. Denne lokaliteten hadde høyt organisk innhold, men tydelig lavere C/N-forhold og må tolkes som mindre influert av plantemateriale fra land. K42 i 1993 var plassert nær ved Øst1. Stasjonen hadde vesenlig lavere organisk innhold enn det som ble funnet på Øst1. I 1993 var det bunnfauna tilstede på lokaliteten (Oug og Helland 1995). Det synes klart at lokaliteten hadde vesentlig bedre tilstand i 1993 enn hva tilfellet var ved foreliggende undersøkelse.

**Tabell 4.** Tørrstoff, finstoff (silt og leirpartikler) og organisk innhold i bunnsedimentene. Ved klassifisering etter Klifs miljøkvalitetskriterier er målte verdier for TOC normert til 100 % finstoff i sedimentet (Molvær m.fl. 1997). Resultatet for TOC og TN på stasjon G3 er unormalt. Prøven er etterkontrollert og reanalysert uten endring av resultatet.

<i>Stasjon</i>	<i>Repl</i>	<i>Dyp m</i>	<i>TTS %</i>	<i>Finstoff %</i>	<i>TOC mg/g</i>	<i>TN mg/g</i>	<i>C/N</i>	<i>Normert TOC</i>	<i>Klif klasse</i>
<b>Øst 1</b>	I	50	37	44	92,9	4,2	22,1	103,0	V
	II		33	38	88,1	3,7	23,8	99,3	V
<b>Øst 2</b>	I	20	55	36	35,8	1,9	18,8	47,3	V
	II		49	35	36,5	1,9	19,0	47,8	V
<b>G3</b>		40	-	42	8,3 (?)	<1,0	>8,3	18,7	I (?)
<b>G9</b>		130	-	73	36,4	2,3	15,8	41,3	V
<b>Tidligere prøvetaking i Østerhavn</b>									
<i>Stasjon</i>	<i>År</i>	<i>Dyp m</i>	<i>TTS %</i>	<i>Finstoff %</i>	<i>TOC mg/g</i>	<i>TN mg/g</i>	<i>C/N</i>	<i>Referanse</i>	
<b>K6</b>	1983	130	-	-	44,0	2,9	15,1	Næs (1985)	
<b>K31</b>	1993	162	-	96	28,6	2,9	9,9	Oug og Helland (1995)	
<b>K31</b>	2008	162	-	97	34,4	4,0	8,6	Oug og Kroglund (2008)	
<b>K42</b>	1993	55-62	-	65	17,1	1,2	14,3	Oug og Helland (1995)	

### 3.4 Miljøgifter

#### 3.4.1 Metaller

Generelt var det lave verdier av metaller i sedimentene (Tabell 5), med unntak for kobber og kvikksølv som hadde forhøyde verdier på begge stasjonene. De høyeste verdiene ble påvist på stasjon Øst2 i indre Østerhavn. Kobber klassifiseres til tilstandsklasse IV 'dårlig', mens den ene replikatprøven av kvikksølv på Øst2 klassifiseres til tilstandsklasse V 'svært dårlig'. Det var også noe forhøyde verdier for nikkel på Øst2 som tilsvarte tilstandsklasse III 'moderat forurenset'. Med unntak for kvikksølv var det godt samsvar mellom de replikate prøvene på stasjonene.

**Tabell 5.** Konsentrasjoner av metaller i overflatesedimenter (0-2 cm) i Østerhavn, 19. desember 2011. Tilstandsklasse etter Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystvann er vist ved fargekode for de metaller hvor det er utarbeidet klassifikasjon: blå – bakgrunn; grønn – god; gul – moderat; oransje – dårlig; rød – svært dårlig. Se Tabell 1 for grenseverdier.

		Klifs system: Grenseverdi god/moderat	ØST 1, repl I	ØST 1, repl II	ØST 2, repl I	ØST 2, repl II
Dyp	m		50	50	20	20
Total tørrstoff	%		37	33	55	49
Aluminium (Al)	mg/kg TS		9 700	10 000	5 700	6 200
Arsen (As)	mg/kg TS	52	20	11	9	10
Bly (Pb)	mg/kg TS	83	50	52	44	51
Jern (Fe)	mg/kg TS		20 000	21 000	13 000	14 000
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	2,6	1	1	0,26	0,28
Kobber (Cu)	mg/kg TS	51	57	58	59	74
Kobolt (Co)	mg/kg TS		10	11	6,5	7,2
Krom (Cr)	mg/kg TS	560	30	30	18	21
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	0,63	0,366	1,01	1,1	2,9
Mangan (Mn)	mg/kg TS		160	180	120	130
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	46	40	42	59	68
Sink (Zn)	mg/kg TS	360	170	180	110	130
Sølv (Ag)	mg/kg TS		0,46	0,42	0,43	0,54

### 3.4.2 Organiske miljøgifter og pesticider

Hovedresultatene for organiske miljøgifter og plantevernmidler er vist i Tabell 6. PAH, NPD og PCB er alle grupper av forbindelser som omfatter flere enkeltkomponenter. I tabellene er sumverdi for de viktigste komponentene gitt (PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub>), samt verdier for benzo-a-pyren (B(a)P) som er en av komponentene i PAH. Fullstendige resultater for analysene er gitt i Vedlegg 6.2.2.

PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og PCB (polyklorete bifenyler) hadde forhøyde verdier på begge stasjonene. For PAH tilsvarte verdiene tilstandsklasse III 'moderat' på stasjon Øst1 ved utslippet, mens det på stasjon Øst2 i indre Østerhavn var ca tre ganger høyere konsentrasjoner som falt i tilstandsklasse IV 'dårlig'. For PCB<sub>7</sub> ble begge stasjonene klassifisert til tilstandsklasse III. For NPD er det ikke utarbeidet tilstandsklasser, men det samme forholdet gjelder som for PAH med ca tre ganger høyere innhold på stasjon Øst2. Konsentrasjonene av de andre forbindelsene var lave og ble klassifisert til tilstandsklasse II eller lavere.

Forholdet mellom NPD og PAH<sub>16</sub> kan gi indikasjoner på om PAH-forurensningen stammer fra oljerester. Resultatene viser at forholdstallet var lavt, noe som tyder på at det ikke er olje. Mest trolig er forurensningen av PAH knyttet til forbrenningsprosesser.



**Tabell 6.** Konsentrasjoner av organiske miljøgifter; PAH, B(a)p, NPD, PCB, HCB, QCB, og plantevernmidlene Lindan og DDT (DDE). Tilstandsklasser etter Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystvann er vist ved fargekode og romertall (Se Tabell 1). Både enkeltprøvene og gjennomsnittsverdiene av de to parallellene fra hver stasjon er klassifisert. Det er ikke utarbeidet tilstandsklasser for NPD.

Stasjon	PAH 16 µg/kg t.v	B(a)p µg/kg t.v	NPD µg/kg t.v	NPD/ PAH16	PCB7 µg/kg t.v	HCB µg/kg t.v	QCB* mg/kg t.v	Lindan** µg/kg t.v	DDE µg/kg t.v
Øst1 I	5308 III	430 III	434	0,08	23,32 III	3,70 II	1,50 II	i.p I	1,2 II
Øst1 II	5021 III	420 III	351	0,07	17,00 III	3,20 II	1,20 II	i.p I	1,2 II
middel	5165 III	425 III	393	0,08	20,16 III	3,45 II	1,35 II	i.p I	1,2 II
Øst2 I	17762 IV	1600 IV	1440	0,08	22,00 III	2,30 II	0,70 II	i.p I	1,0 II
Øst2 II	16450 IV	1600 IV	1225	0,07	24,00 III	11,00 II	0,65 II	i.p I	1,1 II
middel	17106 IV	1600 IV	1333	0,08	23,00 III	6,65 II	0,68 II	i.p I	1,1 II

\* for QCB er det ikke oppgitt tilstandsklasse I, tilstandsklasse II er laveste.

\*\* Lindan i.p (ikke påvist), for lindan lå alle verdier under deteksjonsgrensen for analysemetoden.

### 3.4.3 Tinnorganiske forbindelser

Konsentrasjonene av TBT er vist i Tabell 7.

**Tabell 7.** Konsentrasjoner av TBT i overflatesedimenter (0-2 cm) i Østerhavn 19. desember 2011.

		ØST 1, repl I	ØST 1, repl II	ØST 2, repl I	ØST 2, repl II
Dyp	m	50	50	20	20
Tributyltinn (TBT)	µg/kg TS	30 IV	46 IV	25 IV	29 IV

Resultatene viser at begge stasjonene ble klassifisert til tilstandsklasse IV 'dårlig'. Det var ingen stor forskjell i TBT-innhold mellom stasjonene, men stasjon Øst 2 hadde litt lavere verdier.

## 4. Vurdering av resultatene

### 4.1 Bunnforhold

Undersøkelsen viste at det var svært høyt organisk innhold i bunnsedimentene i Østerhavn like utenfor Otras munning. Det er ikke uvanlig å finne høy avsetning av terrestrisk plantemateriale ved utløpet av elver. I slike tilfeller kan dette påvirke forholdene for bunnfauna i en slik grad at effekter fra andre mulige kilder ikke vil kunne avdekkes. I Østerhavn var påvirkning tydelig i en sektor over mot ytre del av Odderøya som tilsvarer det området hvor elvestrømmen løper utover i fjorden.

Da Otraledningen ble etablert var tilstanden ved utslippsstedet god. Ved prøvetakingen i 1993 (stasjon K42) ble det funnet en artsrik fauna med høyt artsmangfold, tilsvarende tilstandsklasse 'meget god' etter dagens kriterier, men det var et markert innslag av arter som ofte opptrer i organisk belastede miljøer (Oug og Helland 1995). Lokaliteten ble betraktet som påvirket av tilførsler av plantemateriale fra land, men egnet for senere overvåking. Ved prøvetakingen i 2008 var imidlertid lokaliteten sterkt påvirket av dødt krypsiv og uegnet for analyser av bunnfauna. I 2008 ble det også observert krypsiv i prøver fra en lokalitet (162 m) i ytre Østerhavn (Oug og Kroglund 2008). Det ble da antatt at det kunne være avsatt krypsiv over større områder av Østerhavn.

Krypsiv er en naturlig forekommende vannplante i vassdrag og innsjøer. I vassdrag på Sørlandet har planten mange steder utviklet masseforekomster i stilleflytende områder som endrer strandbiotopene og skaper problemer for fiske, bading og andre fritidsvirksomheter. Problemene har vært økende over de siste 20-30 årene. Årsakene til den sterke veksten er mangelfullt kjent. I Otra finnes krypsiv i hele vassdraget fra Kristiansand til Hovden. I nedre del av Otra på strekningen fra Kristiansand til Vennesla er mengdene karakterisert som forholdsvis store (Haraldstad 2007). Fra 1990-tallet og utover har det vært gjort tiltak med fysisk fjerning av krypsiv fra områder med sterk vekst. Etter 2002 har det vært foretatt fysisk opprensning på strandflater i nedre del av Otra (diverse nyhetsmeldinger, Fylkesmannen i Vest-Agder, vassdragsforvaltning: [www.fylkesmannen.no](http://www.fylkesmannen.no)).

Ved foreliggende prøvetaking ble det bare observert mindre mengder krypsiv på bunnen av Østerhavn. Det er imidlertid trolig at krypsiv har bidratt til det høye organiske innholdet i bunnsedimentene. En indikator på dette kan være C/N-forholdet på stasjon Øst1 utenfor Otra som var som var svært høyt (22-24) og på nivå med C/N-forholdet i friske planter av krypsiv (20-25) (Kaste mfl. 2007). Også mikroskopundersøkelsen av planterester i sedimentet indikerte at mye av materialet var rester av krypsiv.

Det er all grunn til å regne med at transport av løsevev og dødt krypsiv med elvevannet i Otra vil variere sesongmessig og fra år til år og at det derfor også vil være variasjoner i avsetningen på bunnen i Østerhavn. Det er imidlertid trolig at transporten har økt etter 1990-tallet ved tiltagende vekst i vassdraget og ved gjennomføring av opprensningstiltak. Dette kan ha ført til at bunnforholdene har blitt dårligere over tid, som denne undersøkelsen gir inntrykk av.

### 4.2 Metaller

Undersøkelsen viste at det var forhøyde verdier for kobber, kvikksølv og nikkel i bunnsedimentet i Østerhavn. For alle forbindelsene var det høyest verdier på stasjon Øst2 på 20 m i indre Østerhavn. Ved undersøkelsen etter mudring i Christianholm småbåthavn ble alle metallene med unntak for kvikksølv funnet å ha lave konsentrasjoner i bunnsedimentet i ytre del av båthavnen (Sivertsen 2007). Ved kartleggingen av miljøgifter på grunt vann i 2001 ble bare nikkel målt av metaller. På tre av fire målestasjoner var konsentrasjonene på bakgrunnsnivå, mens konsentrasjonen var litt høyere, men i tilstandsklasse II 'god', på en stasjon (Næs og Rygg 2001). Foreliggende undersøkelse viste høyere

verdier enn disse målingene fra grunne områder, men det hefter en del usikkerhet til sammenligninger mellom svært grunt vann og dypere områder på grunn av forskjeller i bunnforhold og sedimenter.

Det er ingen klar sammenheng mellom de forhøyde verdiene og tilførslene av metaller i Otraledningen. Tilførslene av kobber var forholdsvis høye og i tilstandsklasse V 'svært dårlig' i avløpsvannet fra Støleheia (Vatland 2010), mens tilførslene av kvikksølv var i tilstandsklasse II-III 'god – moderat'. At det var høyere verdier på 20 m i indre Østerhavn enn ved utslippet, tyder imidlertid på at det også var andre kilder til metaller i området. Muligens kan forurensningene, spesielt av kobber og kvikksølv, stamme fra tidligere tiders industri i området som omfattet trelasthandel og gassverk. Det er også mulig at metaller kan stamme fra småbåthavnene i området. Undersøkelsene i Christianholm småbåthavn viste at det var høye verdier for kvikksølv og forholdsvis høye for kobber i indre del av båthavnen både før og etter mudring (Sivertsen 2007). Det er også verd å notere at krom og kadmium som hadde dårlig tilstandsklasse i avløpsvannet, hadde lave verdier i Østerhavn.

For flere av metallene med dårlig tilstandsklasse i avløpsvannet (arsen, bly, kobber) ble tilførslene i Otraledningen karakterisert som ubetydelige i forhold til andre tilførsler til Kristiansandsfjorden (Vatland 2010). Grunnlaget for sammenligningen er utslippene til Vesterhavn, spesielt fra Xstrata Nikkelverk. For Kristiansandsfjorden som helhet setter dette tilførslene i Otraledningen i perspektiv, men lokalt i Østerhavn er Otraledningen uansett en mulig kilde til forurensning. Tilførslene av krom og kvikksølv er ikke vurdert på grunn av mangelfulle utslippstall fra andre mulige kilder.

Det kan ikke utelukkes at utslippet kan bidra til økte konsentrasjoner i Østerhavnområdet selv om det er større utslipp til andre deler av Kristiansandsfjorden.

### 4.3 Organiske miljøgifter, pesticider og TBT

Det var forhøyde konsentrasjoner av PAH (polyaromatiske hydrokarboner – tjærestoffer) og PCB (polyklorerte bifenyler) i bunnsedimentene i Østerhavn, mens det var generelt lave konsentrasjoner av andre organiske forbindelser og pesticider. For PAH var det høyere konsentrasjoner på stasjon Øst2 i indre Østerhavn enn på stasjon Øst1 ved utslippsstedet for Otraledningen. Dette var også tilfelle for oljerelaterte forbindelser – NPD og HCB. For PCB, lindan og DDE var det ganske like verdier på begge stasjonene.

Ved undersøkelsene i Christianholm småbåthavn ble det funnet svært høye konsentrasjoner av PAH og PCB både før og etter mudring i indre områder, mens det i utløpet av båthavnen ble funnet lave konsentrasjoner etter mudring (Sivertsen 2007). Ved kartleggingen av miljøgifter i 2001 ble det funnet forhøyd innhold av PAH på en lokalitet inne i båthavnen ved Nodeviga i Østerhavn, mens det var lavt innhold av PCB (Næs og Rygg 2001). På tre lokaliteter med svært sandig bunnsediment var det lavt innhold av både PAH og PCB. Verdiene som ble påvist ved foreliggende undersøkelse var på nivå med eller høyere enn i Nodeviga og i utløpet av Christianholm etter mudring. Forskjellen mellom de to stasjonene tyder imidlertid på at lokale kilder har betydning for forurensningen i Østerhavn. Det er sannsynlig at PAH på stasjon Øst2 i stor grad representerer forurensning fra grunt vann som har blitt utvasket og avsatt i mer strømstille områder på dypere vann. PAH-forbindelser er i hovedsak bundet til finpartikulært materiale som vaskes ut fra strømpåvirkede områder.

Sammenlignet med andre undersøkelser i Kristiansandsfjorden var PAH-innholdet i Østerhavn mye lavere enn i områdene ved Fiskåbukta og Hannevika. Disse områdene ligger nær til industribedriftene Elkem og Xstrata Nikkelverk AS. Her ble det i 2010 målt konsentrasjoner av PAH (PAH<sub>16</sub>) på 174.000 til 590.000 µg/kg (Næs mfl. 2011) som er 10-30 ganger høyere enn stasjon Øst2 i Østerhavn. For PCB er forskjellene mindre. I 2006 ble det på en lokalitet i Fiskåbukta målt en konsentrasjon av PCB (PCB<sub>7</sub>) på 24 µg/kg (Berge mfl. 2007). Dette er samme nivå som på stasjonene i Østerhavn. Berge mfl. (2007) betegnet bunnsedimentene i Fiskåbukta som moderat til markert forurenset av PCB.

Konsentrasjoner av PAH i avløpsvannet fra Støleheia var generelt lave og ble vurdert som ubetydelige i forhold til andre tilførsler til Kristiansandsfjorden (Vatland 2010). For PCB-forbindelser ble utslippet funnet å være på 0,6 g årlig. Det er ikke oppgitt tilstandsklasser for PCB i kystvann og utslippet kunne derfor ikke klassifiseres.

Konsentrasjonene av HCB, QCB og pesticidene lindan og DDE i Østerhavn var generelt lave. Lindan ble ikke påvist i sedimentene. Ved kartlegging i 2001 ble det analysert for HCB, men alle verdiene i Østerhavn var lave. I hele Vesterhavnområdet var det høye konsentrasjoner av HCB (Næs og Rygg 2001). Det er ikke registrert utslipp av HCB i avløpsvannet fra Støleheia (Vatland 2010). Også oljerelaterte forbindelser (NPD) ble analysert i 2001. Konsentrasjonene i Østerhavn var på nivå med det meste av Vesterhavn, med unntak for Fiskåbukta hvor konsentrasjonene var høyere. På lokaliteten i Nodeviga var det nær samme verdi som på Øst1 ved utslippet fra Otraledningen. For de andre forbindelsene er det lite sammenligningsgrunnlag. DDE ble klassifisert til tilstandsklasse II 'god'. Dette indikerer lave verdier for plantevernmidlet DDT.

Tinnorganiske forbindelser (TBT) ble klassifisert til tilstandsklasse IV 'dårlig'. Nivåene av TBT var på linje med nivåene i mange andre havneområder på Agder (Næs m.fl. 2000). I Christianholm småbåthavn var det omtrent tilsvarende nivåer med unntak for aller innerst hvor nivåene var høyere (Sivertsen 2007). I Fiskåbukta er det imidlertid påvist opptil 10 ganger høyere nivåer (Berge mfl. 2007). TBT tilføres i avløpsvannet fra Støleheia. Konsentrasjonene ble vurdert til å være i tilstandsklasse V 'svært dårlig' (Vatland 2010). Dette er vurdert etter en effektbasert grenseverdi som ligger svært lavt. For sedimenter er det også utarbeidet forvaltningsmessige grenseverdier som ligger betydelig høyere. Trolig bidrar TBT i avløpsvannet fra Støleheia i liten grad til forurensningen i Østerhavn, men det kan være et signal om påvirkning at nivåene var litt høyere på stasjon Øst1 ved utslippet enn på Øst2 lenger inn i Østerhavn.

## 5. Referanser

- Bakke T, Breeveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Veileder, Statens forurensningstilsyn (nå Klif), TA-2229/2007. 10 s.
- Berge JA, Bjerkeng B, Næs K, Oug E, Ruus A. 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA rapport 5506-2007. 179 s.
- Haraldstad M. 2007. Krypsiv i Otra. Tilstanden i 2005 og forslag til videre overvaking. Rapport, krypsivprosjektet på Sørlandet. 18 s.
- Hindar A, Grung M, Heiaas H, Källqvist T. 2010. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Huntonit AS i Vennesla. NIVA rapport 5957-2010.
- Kaste Ø, Johansen SW, Mjelde M, Andersen T, Hessen D, Holm TM, Rangberg A. 2007. Kan næringsubalanse i vann føre til problemvekst av krypsiv? Resultater fra forprosjekt i 2006. NIVA rapport 5341-2007. 26 s.
- Kroglund T. 2010. Overvåking av Korsvikfjorden, Kristiansand kommune. Supplerende undersøkelser 2009 og vurdering av resipienten for kommunalt avløpsvann. NIVA notat. NIVA Sørlandsavdelingen, Grimstad. 10 s.
- Kroglund T, Oug E. 2011. Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Marine undersøkelser ved Odderøya og Bredalsholmen 2008-2009. NIVA rapport 6200-2011. 69 s.
- Molvær J. 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-84. Delrapport 6. Konklusjoner. Statlig program for forurensningsovervåking 237/86. NIVA rapport 1884. 36 s.
- Molvær J. 1994. Utslipp fra treforedlingsindustri til Kristiansandsfjorden. Rapport 1, utslippssted og fortykning. NIVA rapport 3028. 29 s.
- Molvær J. 1996. Avløpsvann fra treforedlingsindustri. Innvirkning på oksygenforhold i Kristiansandsfjorden. NIVA rapport 3413. 15 s.
- Molvær J, Solheim HI, Källqvist T. 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V. Vannutskiftning og vannkvalitet. Statlig program for forurensningsovervåking 260/86. NIVA rapport 1993. 78 s.
- Molvær J, Källqvist ST, Traaen TS. 1989. Resipientvurderinger av Otra og Kristiansandsfjorden for utslipp fra treforedlingsindustri. NIVA rapport 2218. 42 s.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. Statens forurensningstilsyn (nå Klif). 35 s.
- Næs K. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Statlig program for forurensningsovervåking 193/85. NIVA rapport 1754. 62 s.
- Næs K, Rygg B. 2001. Tiltaksplan for oppryddning i forurensete sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. NIVA rapport 4371-2001. 43 s.
- Næs K, Knutzen J, Håvardstun J, Kroglund T, Lie MC, Knutzen JA, Wiborg ML. 2000. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i

- sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA rapport 4232. 139 s.
- Næs K, Håvardstun J, Oug E, Allan I. 2011. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand 2010. Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av dyrelivet på bløtbunn. NIVA rapport 6145-2011. 35 s.
- Oug E, Kroglund T. 2008. Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Korsvikfjorden 2008 – strandsone og bløtbunnsfauna. NIVA rapport 5711-2008. 29 s.
- Oug E, Moy F. 1991. Overvåking av Kristiansandsfjorden 1990. Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved Bredalsholmen og i Fiskåbukta. NIVA rapport 2651. 40 s.
- Oug E, Helland A. 1995. Utslipp fra treforedlingsindustri til Kristiansandsfjorden. Rapport 2. Sedimentering av partikler og undersøkelser av bunnfauna. NIVA rapport 3255. 37 s.
- Schøyen M, Håvardstun J, Øxnevad S, Allan I, Næs K. 2010. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2010. Undersøkelse av blåskjell, taskekrabber og passive prøvetakere i vann. NIVA rapport 6089-2010. 167 s.
- Sivertsen Ø. 2007. Mudring av tre småbåthavner Auglandsbukta, Christianholm og Justvik i Kristiansand kommune. Rapport Multiconsult 311030-01. 43 s.
- Vatland A. 2010. Støleheia avfallsanlegg - utslipp av prioriterte stoffer – notat. COWI AS, Kristiansand. 12 s.

## 6. Vedlegg

### 6.1 Prøvetaking og bunnforhold

**Vedleggstabell 1.** Koordinater for stasjoner i Østerhavn 19. desember 2011: visuell inspeksjon og prøvetaking for analyse av miljøgifter og bunnsedimenter.

<i>Stasjon</i>	<i>Prøver</i>	<i>Dyp</i>	<i>Koordinater</i>	
<b>ØST1</b>	Miljøgifter, sedimenter	50 m	58° 08,380 N	8° 00,682 E
<b>ØST2</b>	Miljøgifter, sedimenter	20 m	58° 08,607 N	8° 00,408 E
<b>G2</b>	-	20 m	58° 08,445 N	8° 00,500 E
<b>G3</b>	sedimenter	40 m	58° 08,460 N	8° 00,582 E
<b>G4</b>	-	20 m	58° 08,505 N	8° 00,691 E
<b>G5</b>	-	30 m	58° 08,188 N	8° 00,790 E
<b>G6</b>	-	55 m	58° 08,280 N	8° 01,125 E
<b>G7</b>	-	30 m	58° 08,441 N	8° 01,168 E
<b>G8</b>	-	50 m	58° 07,987 N	8° 00,990 E
<b>G9</b>	sedimenter	130 m	58° 08,174 N	8° 01,146 E
<b>G10</b>	-	50 m	58° 08,399 N	8° 01,440 E

**Vedleggstabell 2.** Program og visuelle observasjoner ved prøvetaking for bunnforhold i Østerhavn 19. desember 2011. Munsell fargeangivelse er noe usikker på grunn av varierende lysforhold (avtagende lys) under prøvetakingen.

<i>Stasjon</i>	<i>Dyp</i>	<i>Visuelle observasjoner</i>	<i>Munsell farge / lukt av hydrogen-sulfid</i>	<i>Delprøver</i>
<b>ØST1</b>	50 m	Sandblandet mudder. Okergrå 2 cm topplag, mørk grå til gråsvart nedover med enkelte lysere vertikale striper. Sikterest med mye fibre, omkring 2 liter, ingen dyr observert.	2.5Y 3/1 Markert lukt, sterkere nedover	Miljøgifter, Korn /TOC Foto (9-12) Sikteprøve fauna
<b>ØST2</b>	20 m	Sandblandet mudder med noe skjellrester. Okerbrunt ca. 2 cm topplag med litt mørkere grått sediment under. Sikterest med små sjømus, skjellrester, litt treflis og plantefibre.	5Y 3/2 Ingen lukt	Miljøgifter Korn /TOC
<b>G2</b>	20 m	Fint mudder med jevn overflate. Okerbrunt ca. 2 cm topplag med litt mørkere grått sediment under. Sikterest med små sjømus, skjellrester (Thyasira), børstemark, rør av børstemark, litt koksbitar og plantefibre.	5Y 3/2 Svak lukt dypere enn 10 cm	Foto (1-3)
<b>G3</b>	40 m	Bløtt mudder med jevn overflate. Mørk okerbrunt ca. 3 mm topplag, lysere under, deretter grå. Litt tetting av sikt ved vasking. Sikterest med små sjømus, børstemark og skjellrester (Thyasira). En god del plantefibre, dannet 'matter' i sikten.	2.5Y 3/2 Litt lukt	Korn / TOC sikteprøve fauna
<b>G4</b>	20 m	Bløtt mudder med innslag av sprengstein. Mørk grått sediment, lett å vaske. Sikterest med mange små sjømus, en del planterester (myrrose, gress) og krypsiv. Ett stort korstroll ( <i>Asterias rubens</i> )	GLEY1 2.5/ 5GY Moderat luikt	Foto (4-8)
<b>G5</b>	30 m	Bløtt mudder med jevn overflate. Mørk grått sediment. Litt tetting av sikt ved vasking. Sikterest med mange små sjømus, noen muslinger og børstemark ( <i>Glycera</i> , <i>Phyllodoce</i> ). Ganske mye plantefibre, dannet 'matter' i sikten, litt blad, mose og lange krypsiv (5-10 cm)	GLEY1 3/ 5GY Moderat til sterk lukt	-
<b>G6</b>	55 m	Sandblandet okergrå mudder. Litt klebrig ved vasking. Sikterest med noen få små sjømus, børstemark ( <i>Goniada</i> , <i>Pectinaria auricoma</i> ), mudderrør og rester av skjell. Virker artsrik. Litt tynne plantefibre.	5Y 4/3 Ingen lukt	-
<b>G7</b>	30 m	Sandblandet litt mørk okergrå mudder. Litt klebrig ved vasking. Sikterest med litt grus, skjellrester, biter av større rør av børstemark. Virker artsrik.	5Y 3/2 Ingen lukt	Sikteprøve fauna
<b>G8</b>	50 m	Sandblandet mørk okergrå mudder, noen sorte flekker nedover i sedimentet. Sikterest med en god del plantefibre og litt rester av krypsiv, noen børstemark ( <i>Glycera</i> ) og slangestjerner ( <i>Amphiura</i> ), en stor sjømus ( <i>E. cordatum</i> ), rester av mudderrør og skjell.	5Y 3/1 Ingen lukt	-
<b>G9</b>	130 m	Siltig bløtt mudder. Lys okergrå overflate, litt mørkere grå nedover. Sikterest med børstemark, noen slangestjerner ( <i>Amphiura</i> ), en del store mudderrør, litt treflis.	5Y 4/1 Ingen lukt	Korn /TOC Foto (13-14)
<b>G10</b>	50 m	Sandblandet mudder med jevn overflate, litt oppstikkende rør. Litt mørk okergrå overflate, mørkere grå nedover. Siktereste med litt grus, noen mudderrør, børstemark og muslinger.	2.5Y 3/2 Ingen lukt	sikteprøve fauna



Vedleggstabell 3. Arter av bunnfauna observert i bunnmateriale etter sikting på 1 mm sikt

<i>Stasjon</i>	<i>Siktemateriale</i>	<i>Bunndyr</i>
<b>Øst1</b>	Store mengder tynne plantefibre, mest trolig fra krypsiv (ikke blad eller mose). Litt skarpkantet grus (sprengstein). Noen rør av spunnet materiale med glatt innside – trolig fra amfipoder (krepsdyr). Noen tomme rør av <i>Pectinaria</i> (børstemark)	Sterk dominans av fåbørstemark <i>Tubificoides benedii</i> . Spredte individer av flerbørstemark ( <i>Eteone cf longa</i> , <i>Galathowenia oculata</i> , <i>Scoloplos armiger</i> , <i>Glycera alba</i> ), noen krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder)
<b>G3</b>	Store mengder tynne plantefibre som på Øst1. Litt skarpkantet grus (sprengstein). Mange rør av spunnet materiale med glatt innside, avflatet – trolig fra amfipoder (krepsdyr). Mye rester av rør av <i>Pectinaria</i> (børstemark)	Dominans av fåbørstemark <i>Tubificoides benedii</i> . Ca 15 arter av flerbørstemark (mest vanlig <i>Glycera alba</i> , <i>Scoloplos armiger</i> , <i>Eteone cf longa</i> , <i>Protodorvillea kefersteini</i> , <i>Galathowenia oculata</i> , <i>Prionospio fallax</i> ). Noen nemertiner, krepsdyr, små sjømus ( <i>Echinocardium</i> ), Phoronida
<b>G7</b>	Litt grus og småstein. Rester av skjell. Rør av børstemark	Ganske variert bunnfauna: nesledyr ( <i>Edwardsia</i> ), nemertiner, Sipunculida, >15 arter av flerbørstemark (mest vanlig <i>Levinsenia gracilis</i> , <i>Prionospio fallax</i> , <i>Magelona minuta</i> , <i>Chaetozone</i> sp, <i>Galathowenia oculata</i> , <i>Sosane sulcata</i> , <i>Sabellides octocirrata</i> , <i>Trichobranchus roseus</i> , <i>Pista lornensis</i> ), bløtdyr ( <i>Corbula gibba</i> , <i>Cuspidaria</i> , <i>Thyasira</i> , <i>Cylichna</i> , <i>Caudofoveata</i> ), krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder), pigghuder ( <i>Amphiura filiformis</i> , <i>Echinocardium</i> (små), <i>Labidplax buski</i> )
<b>G10</b>	Litt grus og småstein. Rester av skjell. Rør av børstemark. Litt planterester	Variert bunnfauna med flere forurensningsømfintlige arter: nemertiner, Sipunculida, >15 arter av flerbørstemark (mest vanlig <i>Prionospio fallax</i> , <i>Spiophanes kroeyri</i> , <i>Apistobranchus tenuis</i> , <i>Paradoneis lyra</i> , <i>Chaetozone</i> sp, <i>Praxillella</i> sp, <i>Sosane sulcata</i> , <i>Polycirrus plumosus</i> , <i>Terebellides stroemi</i> ), bløtdyr ( <i>Nucula</i> , <i>Nuculoma tenuis</i> , <i>Corbula gibba</i> , <i>Thyasira</i> ), krepsdyr ( <i>Diastylis</i> , amfipoder), pigghuder ( <i>Echinocardium</i> (små), <i>Labidplax buski</i> )

## 6.2 Kjemiske analyser

### 6.2.1 Tilstandsklasser for metaller og organiske miljøgifter i sedimenter

**Vedleggstabell 4.** Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (Bakke mfl 2007). Kun øvre grenseverdi i de ulike klassene er vist.

			I	II	III	IV	V
			Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen	mg/kg	20	52	76	580	>580
	Bly	mg/kg	30	83	100	720	>720
	Kadmium	mg/kg	0,25	2,6	15	140	>140
	Kobber	mg/kg	35	51	55	220	>220
	Krom	mg/kg	70	560	5900	59000	>59000
	Kvikksølv	mg/kg	0,15	0,63	0,86	1,6	>1,6
	Nikkel	mg/kg	30	46	120	840	>840
	Sink	mg/kg	150	360	590	4500	>4500
PAH	Naftalen	µg/kg	2	290	1000	2000	>2000
	Acenaftylen	µg/kg	1,6	33	85	850	>850
	Acenaften	µg/kg	4,8	160	360	3600	>3600
	Fluoren	µg/kg	6,8	260	510	5100	>5100
	Fenantren	µg/kg	6,8	500	1200	2300	>2300
	Antracen	µg/kg	1,2	31	100	1000	>1000
	Fluoranthen	µg/kg	8	170	1300	2600	>2600
	Pyren	µg/kg	5,2	280	2800	5600	>5600
	Benzo[a]antracen	µg/kg	3,6	60	90	900	>900
	Chrysen	µg/kg	4,4	280	280	560	>560
	Benzo[b]fluoranten	µg/kg	46	240	490	4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten	µg/kg		210	480	4800	>4800
	Benzo(a)pyren	µg/kg	6	420	830	4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren	µg/kg	20	47	70	700	>700
	Dibenzo[ah]antracen	µg/kg	12	590	1200	12000	>12000
	Benzo[ghi]perylen	µg/kg	18	21	31	310	>310
PAH16 (1)	µg/kg	300	2000	6000	20000	> 20000	
Andre organiske	PCB7 (2)	µg/kg	5	17	190	1900	>1900
	PCDD/F (TEQ) (3)	µg/kg	0,01	0,03	0,1	0,5	>0,5
	ΣDDT (4)	µg/kg	0,5	20	490	4900	>4900
	Lindan	µg/kg		1,1	2,2	11	>11
	Heksaklorbenzen (HCB)	µg/kg	0,5	17	61	610	>610
	Pentaklorbenzen	µg/kg		400	800	4000	>4000
	Triklorbenzen	µg/kg		56	700	1400	>1400
	Hexaklorbutadien	µg/kg		49	66	660	>660
	SCCP (6)	µg/kg		1000	2800	5600	>5600
	MCCP (7)	µg/kg		4600	27000	54000	>54000
	Pentaklorfenol	µg/kg		12	34	68	>68
	Oktylfenol	µg/kg		3,3	7,3	36	>36
	Nonylfenol	µg/kg		18	110	220	>220
	Bisfenol A	µg/kg		11	79	790	>790
	TBBPA (8)	µg/kg		63	1100	11000	>11000
	PBDE (9)	µg/kg		62	7800	16000	>16000
	HBCDD (10)	µg/kg	0,3	86	310	610	>610
	PFOS (11)	µg/kg	0,17	220	630	3100	>3100
Diuron	µg/kg		0,71	6,4	13	>13	
Irgarol	µg/kg		0,08	0,5	2,5	>2,5	
TBT	TBT (12) Effektbasert	µg/kg	1,0	0,002	0,016	0,032	>0,032
	TBT (12) Forvaltningsbasert	µg/kg	1,0	5	20	100	>100

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioksiner/furaner

4) DDT : Diklordifenyiltrikloreten. ΣDDT betenger sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD

5) HCB : Heksaklorbenzen

6) SCCP : Kortkjededede (C10-13) polyklorerte paraffiner

7) MCCP : Middelkjededede (C14-17) polyklorerte paraffiner

8) TBBPA : Tetrabrombisfenol A

9) PBDE : Pentabromdifenyleter

10) HBCDD : Heksabromsyklododekan

11) PFOS : Perfluorert oktylsulfonat

12) TBT : Tributyltinn

## 6.2.2 Analyserapporter

Side nr. 1/4

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE  
RAPPORT

Navn  
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-502 O.nr. O 28209	13.09.2012

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St.Øst1, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
2	St.Øst1, 2av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
3	St.Øst2, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
4	St.Øst2, 2av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
5	St.G 6, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
6	St.G 9, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5	6
Tørrestoff	%	B 3	34,6	33,1	50	48,1	u	u
Kornfordeling <63µm	% t.v.		44	38	36	35	42	73
Intern*								
Nitrogen, total	µg N/mg TS	G 6	4,2	3,7	1,9	1,9	<1,0	2,3
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	92,9	88,1	35,8	36,5	8,3	36,4
Kvikksilv	µg/g t.v.		u	u	u	u		
EksternEF								
ICP analyser			u	u	u	u		
EksternEF								
PCB-28	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	1,2	1,2		
PCB-52	µg/kg t.v.	H 3-3	0,62	<0,5	1,6	1,6		
PCB-101	µg/kg t.v.	H 3-3	2,3	1,6	2,4	2,8		
PCB-118	µg/kg t.v.	H 3-3	12	11	11	11		
PCB-105	µg/kg t.v.	H 3-3	1,3	0,91	1,2	1,3		
PCB-153	µg/kg t.v.	H 3-3	i	i	i	i		
PCB-138	µg/kg t.v.	H 3-3	4,6	2,8	4,2	5,0		
PCB-156	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
PCB-180	µg/kg t.v.	H 3-3	2,8	1,6	1,6	2,4		
PCB-209	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Sum PCB	µg/kg t.v.		i<25,12	i<19,91	i<24,2	i<26,3		
Beregnet								
Seven Dutch	µg/kg t.v.		i<22,82	i<18	i22	i24		
Beregnet								
Pentaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	1,5	1,2	0,70	0,65		
Alfa-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Hexaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	3,7	3,2	2,3	11		
Gamma-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Oktaklorstyren	µg/kg t.v.	H 3-3	<2	<2	<2	<2		
4,4-DDE	µg/kg t.v.	H 3-3	1,2	1,2	1,0	1,1		
4,4-DDD	µg/kg t.v.	H 3-3	<1	<1	2,4	2,6		

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Naftalen i sediment	µg/kg t.v. H 2-3	68	67	270	220		
Acenaftylen	µg/kg t.v. H 2-3	40	43	130	130		
Acenaften	µg/kg t.v. H 2-3	20	23	52	50		
Fluoren	µg/kg t.v. H 2-3	50	50	110	100		
Dibenzotiofen	µg/kg t.v. H 2-3	36	34	74	65		

u: Analyseresultat er vedlagt i egen analyserapport.

i: Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

\*: Metoden er ikke akkreditert.

### ***Kommentarer***

- 1 Pesticider ligger i PCB pakken.  
Prøver står i eksikator  
Metaller og tinnorg. sendes Euro fins.  
OUG har fått res. fra Eurofins.

---

Derne analyserapporten får kunkopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE  
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-502

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St.Øst1, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
2	St.Øst1, 2av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
3	St.Øst2, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
4	St.Øst2, 2av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
5	St.G 6, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18
6	St.G 9, 1av2, 0-2cm	2011.12.19	2012.03.07	2012.04.16-2012.06.18

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr					
			1	2	3	4	5	6
Fenantren	µg/kg t.v.	H 2-3	330	250	1100	940		
Antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	160	130	450	430		
Fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	970	920	3000	2700		
Pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	780	750	2700	2400		
Benzo(a)antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	440	450	1500	1500		
Chrysen	µg/kg t.v.	H 2-3	340	350	1200	1200		
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	650	600	2100	2000		
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	230	230	780	730		
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	340	320	1100	1100		
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	430	420	1600	1600		
Perylen	µg/kg t.v.	H 2-3	140	140	460	430		
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	350	320	1200	1100		
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg t.v.	H 2-3	80	78	270	250		
Benzo(ghi)perylene	µg/kg t.v.	H 2-3	370	340	1300	1100		
Sum PAH	µg/kg t.v.	Beregnet	5824	5515	19396	18045		
Sum PAH16	µg/kg t.v.	Beregnet	5308	5021	17762	16450		
Sum KPAH	µg/kg t.v.	Beregnet	2588	2515	8920	8600		
Tinnorg. forb. i sed	µg/kg t.v.	Ekstern		u				
Tinnorg. forb. i sed	µg/kg t.v.		u		u	u		
EksternEF								

u: Analyseresultat er vedlagt i egen analyserapport.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Villø  
Tekniker

---

Derne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE  
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-502

(fortsettelse av tabellen):

**VEDLEGG**

SUM PCB er summen av polyklorerte bifenyler som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polyklorerte bifenyler 28,52,101,118,138,153 og 180.

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

---

<sup>1</sup> Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

---

Denne analyserapporten får kun kjøpes i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Prøve nr. 12-502-1 tilsvarende: St Øst 1, 1 av 2, 0-2 cm

Prøve nr. 12-502-2 tilsvarende: St Øst 1, 2 av 2, 0-2 cm

Prøve nr. 12-502-3 tilsvarende: St Øst 2, 1 av 2, 0-2 cm

Prøve nr. 12-502-4 tilsvarende: St Øst 2, 2 av 2 0-2 cm



NIVA  
Gautstadalleen 21  
0349 OSLO  
Attn: NIVA lab



Eurofins Environment Testing Norway AS  
(Moss)  
F. reg. 985 141 618 MVA  
Møllebakken 50  
NO-1506 Moss  
Tlf: +47 69 00 62 00

AR-12-MM-004946-01



EUNOMO-00050589

Prøvetak: 21.03.2012  
Temperatur:  
Analyseperiode: 21.03.2012-04.04.2012  
Referanse: 12-502 Sedimentprøver

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2012-03210453	Prøvetaksdato:	21.03.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	12-502-1 502	Analysedato:	21.03.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
Arsen (As)	20	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,5
Bly (Pb)	50	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,3
Sink (Zn)	170	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,05
Jern (Fe)	20000	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Kobolt (Co)	10,0	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0,05
Mangan (Mn)	160	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0,05
Silv (Ag)	0,46	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0,05
Kadmium (Cd)	1,0	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 17294.2	0,01
Total tørrstoff	37	%	15%	NS 4764	0,02
Kobber (Cu)	57	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,05
Krom (Cr)	30	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0,05
Kvikksilv (Hg)	0,366	mg/kg TS	20%	NS 4768	0,001
Nikkel (Ni)	40	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,2
Aluminium (Al)	9700	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Tributyltinn (TBT)	30	µg/kg TS	40%	Intern metode	1

### Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< Mindre enn, > Større enn, nd: Ikke påvist, MPN: Most Probable Number, cfu: Colony Forming Units, MU: Uncertainty of Measurement, LOQ: Kvantiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 3



AR-12-MM-004946-01



EUNOMO-00050589

Prøvenr.:	438-2012-03210454	Prøvetakingsdato:	21.03.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	12-502-2 502	Analysedato:	21.03.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet	MU	Metode:	LOQ:
Arsen (As)	11	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	52	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Sink (Zn)	180	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Jern (Fe)	21000	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Kobolt (Co)	11	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0.05
Mangan (Mn)	180	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Sølv (Ag)	0.42	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0.05
Kadmium (Cd)	1.00	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 17294-2	0.01
Total tungstoff	33	%	15%	NS 4764	0.02
Kobber (Cu)	58	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	30	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	1.01	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	42	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Aluminium (Al)	10000	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Tributyltinn (TBT)	46	µg/kg TS	40%	Intern metode	1

Prøvenr.:	438-2012-03210455	Prøvetakingsdato:	21.03.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	12-502-3 502	Analysedato:	21.03.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet	MU	Metode:	LOQ:
Arsen (As)	9.0	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	44	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Sink (Zn)	110	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Jern (Fe)	13000	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Kobolt (Co)	6.5	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0.05
Mangan (Mn)	120	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Sølv (Ag)	0.43	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0.05
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 17294-2	0.01
Total tungstoff	55	%	15%	NS 4764	0.02
Kobber (Cu)	59	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	18	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	1.10	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	59	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Aluminium (Al)	5700	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Tributyltinn (TBT)	25	µg/kg TS	40%	Intern metode	1

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; Mindre enn, &gt; Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 3



AR-12-MM-004946-01



EUNOMO-00050589



Prøventid:	439-2012-03210456	Prøvetakingsdato:	21.03.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	12-502-4	Analysedato:	21.03.2012		
	502				
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
Arsen (As)	10	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,5
Bly (Pb)	51	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,3
Sink (Zn)	130	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,05
Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Kobolt (Co)	7,2	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0,05
Mangan (Mn)	130	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0,05
Sølv (Ag)	0,54	mg/kg TS		NS EN ISO 11885	0,05
Kadmium (Cd)	0,28	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 17294-2	0,01
Total tungstoff	49	%	15%	NS 4764	0,02
Kobber (Cu)	74	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,05
Krom (Cr)	21	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0,05
Kvikksølv (Hg)	2,90	mg/kg TS	20%	NS 4768	0,001
Nikkel (Ni)	68	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0,2
Aluminium (Al)	6200	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	1
Tributyltinn (TBT)	29	µg/kg TS	40%	Intern metode	1

## Kopitil:

Kine Bæk (kine.baek@niva.no)

Moss 04.04.2012

  
 -----  
 Inger Marie Johansen  
 Laboratorie Ingeniør

## Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; Mindre enn, &gt; Større enn, nd : Ikke påvist, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Uncertainty of Measurement, LOQ : Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 3 av 3

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)