

# Undersøkelser av forekomst av metaller i blæretang fra Glommas munningsområde i 2011



Norsk institutt for vannforskning

# 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 Undersøkelser av forekomst av metaller i blæretang fra Glommas munningsområde i 2011	Løpenr. (for bestilling) 6325-2012	Dato 30.04.2012
	Prosjektnr. O-11377	Sider 53
Forfatter(e) John Arthur Berge Mats Walday	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

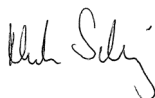
Oppdragsgiver(e) Kronos Titan AS	Oppdragsreferanse Øystein Ruud
-------------------------------------	-----------------------------------

**Sammendrag:** Totaltilførselene av metaller fra Glomma er betydelige, men domineres av det som tilføres før Sarpsborg. Nedstrøms Sarpsborg tilføres metaller fra Kronos Titan AS (KT), annen industri og renseanlegg. Her rapporteres forekomst av metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*) innsamlet i Glommas munningsområde i 2011. Det ble observert lave konsentrasjoner av Hg (Ubetydelig – lite forurenset) i blæretang fra alle 10 stasjoner. Lave konsentrasjoner ble også observert for Cd, Pb, V og Zn på 4-7 stasjoner, mens blæretang fra de øvrige 3-6 stasjoner var moderat forurenset med disse metallene. Konsentrasjonen av Cu viste et moderat forurensningsnivå på 8 av 10 stasjoner. Den høyeste konsentrasjonen av Cu ble observert i tang fra Kråkerøy (markert forurenset). Det høyeste forurensningsnivået ble observert for Cr, Fe og Ti. Tangen var markert til sterkt forurenset med Cr på alle stasjoner og nivået representerer en økning i forhold til tidligere år. Målinger av konsentrasjonen av Cr i skjell fra Kirkøy i 2010 støtter opp om at det har skjedd en økning i Cr-eksponeringen i resipienten fra 2009 til 2011. For Fe og Ti var konsentrasjonen svært forskjellig i alger fra Tisler (ubetydelig – lite forurenset) til en del av stasjonene nærmere Glommas munningsområdet hvor blant annet Belgen pekte seg ut som en stasjon med høy verdi (sterkt forurenset). En var ikke i stand til å knytte de observerte nivåene av metaller i blæretang til utslippene fra KT eller endringer i disse. Et mulig unntak var imidlertid Ti og muligens Fe. Tilførselene av disse har imidlertid ikke økt de senere årene. Likevel antydes en økning i konsentrasjonen av disse metallene i alger i 2011 i forhold til tidligere år.

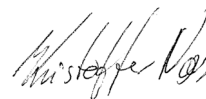
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Metaller	1. Metals
2. Blæretang	2. Bladderwrack
3. Prosessavløp	3. Effluents
4. Estuarie	4. Estuary



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Morten Schaanning  
Forskningsleder  
ISBN 978-82-577-6060-1



Kristoffer Næs  
Forskningsdirektør

Undersøkelser av forekomst av metaller i  
blæretang fra Glommas munningsområde i 2011

---

## Forord

På oppfordring fra Kronos Titan AS. (senere omtalt som KT) har NIVA utarbeidet et tilbud på undersøkelser i Glommas munningsområde datert 26.08. 2011 for å kartlegge forekomsten av metaller i blæretang fra stasjoner i Glommas munningsområde. Undersøkelsene var begrunnet i pålegg av Klif om overvåking i resipienten for å skaffe tilveie data om betydningen av bedriftens utslipp.

NIVA mottok en bestilling (bestilling nr. 114969 av 22. september 2011) på slike undersøkelser basert på NIVAs tilbud. Resultatene fra undersøkelsen skulle presenteres i en rapport der en også skulle gi en oversikt over resultater fra andre undersøkelser som NIVA har foretatt i området de siste år.

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt ansvar for hovedprosjektet. Kontaktperson hos KT har vært Øystein Ruud.

Innsamlingen av tang ble foretatt av John Arthur Berge og Sigurd Øxnevad fra NIVA.

Kapitlet om andre undersøkelser som NIVA har foretatt i området de siste år er sammenfattet av Mats Walday.

Homogenisering av algeprøver og alle kjemiske analyser er gjort ved Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss.

Oslo, 30.04.2012

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

	<b>1</b>
<b>Innhold</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Tilførsler av metaller</b>	<b>10</b>
<b>3. Metaller i blæretang</b>	<b>17</b>
3.1 Prøveinnsamling	17
3.2 Analyser	18
3.3 Resultater 2011	18
3.4 Historisk utvikling	23
3.4.1 Kvikksølv	23
3.4.2 Kadmium, bly, vanadium og sink	24
3.4.3 Kobber	27
3.4.4 Krom, jern og titan	28
<b>4. Oversikt over andre undersøkelser i området</b>	<b>31</b>
4.1 Mudring i Røssvikrenna	31
4.2 Miljøgifter i blåskjell	31
4.3 Biologiske forhold	32
4.3.1 Ålegress	32
4.3.2 Strandsonen- hardbunn	34
4.3.3 Bløtbunn - grabbprøver	35
4.3.4 Bløtbunn - sedimentprofilfotografering	37
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>39</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>41</b>
<b>7. Vedlegg 1: Analyserapport</b>	<b>43</b>

---



## Sammendrag

Kronos Titan AS (KT) har utslipp til Glomma av prosessavløpsvann (svovelsyre, titanoksid og jernsulfat) og metaller fra sitt anlegg på Øra. Utslippene ble kraftig redusert på slutten av 80-tallet. KT er ikke den eneste kilden til forekomst av metaller i Glomma og dens munningsområde og de største mengdene av de fleste metaller finnes allerede i vannet som passerer Sarpsborg. For tilførslene av titan (Ti) og jern (Fe) til Glommas munningsområde er imidlertid bidraget fra KT trolig betydelige.

KT er pålagt å gjennomføre overvåking i resipienten for å gi data om effekter av bedriftens utslipp. Undersøkelsene som her rapporteres er ment å gi et oppdatert bilde av forekomst av metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*) fra Glommas munningsområde. Følgende metaller ble analysert: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn), jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti). I rapporten gis også en oversikt over tilførsler av metaller via Glomma og noen hovedresultater fra andre overvåkingsundersøkelser som NIVA har foretatt i området de siste år.

### Tilførsler av metaller

Totaltilførselene av metaller til Glommas munningsområde er betydelige, men domineres av det som tilføres Glomma før Sarpsborg og i hovedsak ikke av det som kommer fra industri og kommunale rensanlegg nedstrøms Sarpsborg. Det er vanskelig å se klare tidstrender når det gjelder tilførslene av metaller oppstrøms Sarpsborg de siste ca. 20 år. Det er likevel en viss tendens til at tilførslene har vært noe mindre de siste 10 år enn i 10-årsperioden før. En slik nedgang ses også for de totale industriutslippene av Cd, Pb og Hg (for Hg kun for perioden 2008-2010) til Glomma nedstrøms Sarpsborg. Spesielt for metallene Cd, Pb, Zn og Cu utgjorde tilførslene fra Kronos Titan AS svært lite i forhold til totaltilførselene. Data for tilførslene av Cd og Zn fra KT antyder en viss utslippsreduksjon den siste 10-årsperiode, mens tilførslene av Hg fra KT er vanskelig å tolke i perioden før 2004, men har deretter blitt noe redusert.

### Metaller i blæretang

Det ble foretatt analyse av metaller i blæretang fra 10 lokaliteter (Kråkerøy, Rognholmen, Belgen, Kjøkø, Fugleskjær, N-Asmaløy, Flatskjærene, Singløykalkven, Kvernskjær og Tisler) som også tidligere er benyttet til samme formål. Det ble i 2011 observert lave konsentrasjoner av Hg i blæretang (klasse I. Ubetydelig – lite forurenset) fra alle stasjoner. Lave konsentrasjoner ble også observert for Cd, Pb, V og Zn på 4-7 stasjoner, mens blæretang fra de øvrige 3-6 stasjoner viste seg å være moderat forurenset med disse metallene. Konsentrasjonen av Cu viste et moderat forurensningsnivå på 8 av 10 stasjoner. Den høyeste konsentrasjonen av Cu ble imidlertid observert i blæretang fra Kråkerøy (markert forurenset) og den laveste konsentrasjonen i tang fra den mest fjerntliggende stasjonen på Tisler (ubetydelig til lite forurenset).

Det høyeste forurensningsnivået i blæretang ble observert for Cr, Fe og Ti. Blæretangen var markert til sterkt forurenset med Cr på alle stasjoner og konsentrasjonsnivået representerer en klar økning i forhold til tidligere registreringer. Konsentrasjonsøkningen kan imidlertid ikke knyttes til noen økning i utslippene fra KT. Heller ikke totaltransporten av Cr via Glomma kan forklare økningen av dette metallet i tangen. For Fe og Ti var konsentrasjonen svært forskjellig i alger fra Tisler (ubetydelig – lite forurenset) til en del av stasjonene nærmere Glommas munningsområde hvor blant annet Belgen pekte seg ut som en stasjon med svært høye verdier (sterkt forurenset).

Siden utslippene fra KT for de fleste metaller er relativt små i forhold til den totale transporten av metaller med Glomma har en ikke kunnet knytte de observerte nivåene av metaller i blæretang til utslippene fra KT eller endringer i disse. Et mulig unntak er imidlertid Fe og Ti der en har betydelig mengder i utslippene fra KT. Disse har imidlertid ikke økt de senere årene. Likevel antydes en økning

i konsentrasjonen av disse metallene i alger i 2011 i forhold til tidligere år uten at en har noen god forklaring på dette.

### **Andre undersøkelser**

Blåskjell innfanget fra Kirkøy i 2010 kunne karakteriseres som markert forurenset med krom, mens konsentrasjonsnivået for de øvrige metaller var ubetydelig til moderat forurenset. For de metallene der en har hatt nok data til å studere tidstrender (dvs. Cd, Cu, Hg, Pb) har en ikke kunnet observere noen signifikante tidstrender de siste 10 år. Konsentrasjonen av krom i skjell fra Kirkøy i 2010 (15,5 mg/kg t.v.) var imidlertid over fire ganger høyere enn det som ble observert i skjell fra samme sted ett år tidligere (3,36 mg/kg. t.v.) og støtter opp om at det har skjedd en økning av kromeksponeringen i resipienten fra 2009 til 2011 slik en også observerte i blæretang.

Organismesamfunn på hardbunn i strandsonen ble undersøkt på 4 stasjoner i Glommas munningsområde i 2011. På alle 4 stasjoner ble det registrert færre arter i 2011 enn ved de tidligere undersøkelsene. Resultatene tyder totalt sett på en betydelig endring i organismesamfunnene mellom 1992/94 og undersøkelsene utført i 2009-11. Det kunne ikke trekkes sikre konklusjoner fra undersøkelsene med hensyn til hva som er årsaken til endringene.

Ålegressenger er en type bløtbunnsområde på grunt vann. Ålegressenger finnes i ytterkanten av det området som kan tenkes å være påvirket av Kronos Titan, men har ikke samme utbredelse i utslippets nærområde som blæretang og er derfor ikke like godt egnet som indikator for metallpåvirkning som blæretang. En vet også lite om i hvilken grad og eventuelt hvordan metaller i de konsentrasjoner som opptrer i vannet i Hvalerområdet påvirker ålegress.

Grabbprøveundersøkelser på dypere vann i Hvalerområdet viser at tilstanden på to stasjoner stort sett er blitt tydelig bedre etter 1990 og står således i kontrast med det som ble observert i grunnområdene på hardbunn. I 2011 viste samtlige indekser enten *God* eller *Meget god tilstand*. Undersøkelser av bentiske habitater i dypområdene er også gjort ved sedimentprofilfotografering. Siste undersøkelse ble gjort i 2010 og viste *Mindre god tilstand* på 5 stasjoner, *God tilstand* på en stasjon samt *Meget god tilstand* på en stasjon. Undersøkelsene tyder på at forholdene i dypområdene nærmest Glommas munning er mindre god, mens den lenger ut blir bedre.

## Summary

Title: Investigations of the occurrence of metals in bladder wrack from the Glomma estuary area in 2011

Year: 2012

Authors: John Arthur Berge and Mats Walday

Source: Norwegian Institute for Water Research

ISBN No.: 978-82-577-6060-1

---

Kronos Titan AS (KT) discharge process wastewater to the river Glomma. The main components in the discharges are sulfuric acid, titanium oxide and iron sulfate and metals. The emissions were greatly reduced in the late 80's. KT is not the only source to discharges of metals to Glomma and its estuary and the bulk of most metals are already present in the water upstream KT. For the occurrence of titanium (Ti) and iron (Fe), however, the contribution of KT is probably significant.

KT is required to conduct monitoring in the recipient to provide data on the effects of their discharges. The investigations reported here are intended to provide an updated picture of the presence of metals in bladder wrack (*Fucus vesiculosus*) from 10 stations in the river mouth of Glomma. The following metals were analyzed: cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), lead (Pb), zinc (Zn), iron (Fe), vanadium (V) and titanium (Ti). The report also provides a general overview of the inputs of metals via Glomma and some key results from other monitoring studies that NIVA has been made in recent years.

It was observed low concentrations of Hg in bladder wrack from all stations sampled in 2011. Low concentrations were also observed for Cd, Pb, V and Zn on 4-7 stations, while the bladder wrack from the other 3-6 remaining stations proved to be moderately contaminated with these metals. The concentration of Cu showed a moderate pollution level in 8 of 10 stations. The highest concentration of Cu, however, was observed in bladder wrack from Kråkerøy (marked contaminated) and the lowest concentrations in seaweed from the most remote station near the island Tisler (negligible to low contamination).

The highest pollution levels in bladder wrack were observed for Cr, Fe and Ti. Bladder wrack was marked to heavily contaminated with Cr at all stations and concentration level represents a significant increase compared to previous records. The concentration increase could, however, not be linked to any increase in emissions from KT. Neither the total transport of Cr via the river Glomma can explain the increase of this metal in the bladder wrack.

The concentrations of Fe and Ti in algae from Tisler (negligible - low polluted) was very different from the concentrations observed at some of the stations closer to the river mouth of Glomma, where the station Belgen stood out as a station with very high values (highly polluted).

Since emissions from KT for most metals is relatively small compared to the total transport of metals in the river Glomma, it was not possible to link the observed levels of metals in bladder wrack to emissions from KT or changes in these. A possible exception is, however, Fe and Ti. The discharges of these two metals have however not increased in recent years. Nevertheless, an increase in the concentration of these metals was observed in algae in 2011 compared to previous years



# 1. Innledning

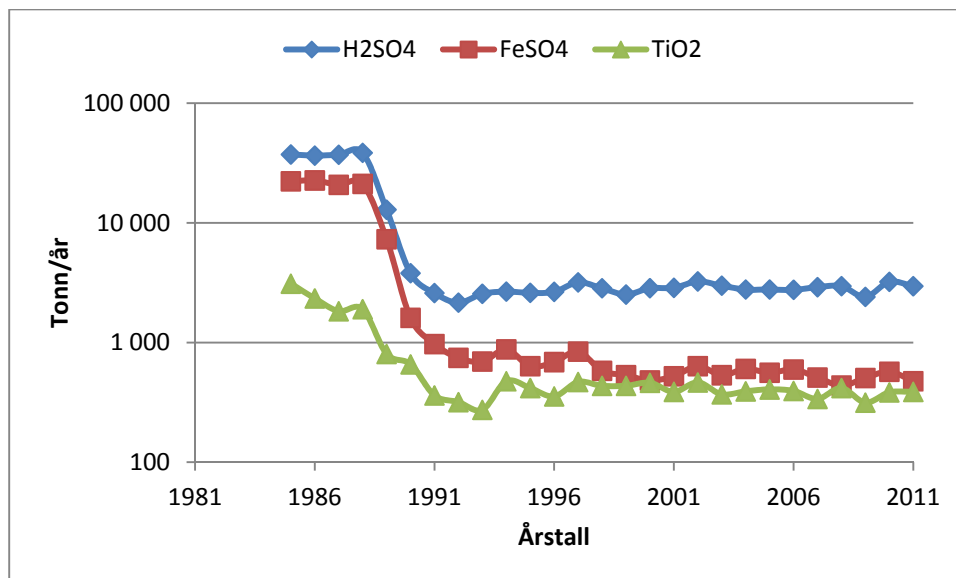
Kronos Titan AS (KT) har gjennom mange år hatt utslipp av prosessavløpsvann (svovelsyre, titanoksid og jernsulfat, se **Figur 1**) og en del metaller fra anlegget på Øra. Hovedutslippet til KT går ut på 6 m dyp i Glomma. En mer utfyllende beskrivelse av utslippene finnes i Berge et al. 2008.

Utslippene av prosessavløpsvann ble kraftig redusert på slutten av 80-tallet (**Figur 1**). KT er ikke den eneste kilden til forekomst av metaller til Glomma og de største mengdene av de fleste metaller finnes allerede i vannet som passerer Sarpsborg (se kapittel 2). For tilførselene av Ti til Glommas munningsområde er imidlertid bidraget fra KT betydelig, men er likevel ansett å ha liten miljømessig betydning (Berge et al. 2008).

Undersøkelser av forekomst av metaller i vann utenfor for KT (Berge et al., 2008) har vist at det generelt er vanskelig å spore forhøyede konsentrasjoner av metaller i vann i resipienten som kan tilskrives utslipp fra KT. For enkelte metaller er imidlertid konsentrasjonen i Glommavann relativt høy (Berge et al., 2008).

KT er pålagt av Klif å gjennomføre overvåking i resipienten for å få data om effekter av bedriftens utslipp i Glomma. Undersøkelsene som her rapporteres er ment å sikre slike data.

Resultatene vil bidra til å gi et oppdatert bilde av forekomst av metaller i blæretang i forhold til de undersøkelsene NIVA gjennomførte for KT i 2008 (Berge et al 2009) og for annen industri i området (Berge et al., 2009). I rapporten gis også en oversikt over hovedresultater fra andre undersøkelser som NIVA har foretatt i området de siste år.



**Figur 1.** Utslipp av svovelsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), jernsulfat (FeSO<sub>4</sub>) og titandioksid (TiO<sub>2</sub>) til Glomma ved Øra i perioden 1985-2010 (Kilde: data oppgitt av Kronos Titan AS)

## 2. Tilførsler av metaller

I **Figur 2** til **Figur 7** vises tilførslene av metaller via Glomma ved Solbergfoss (Sarpsborg) og tilførsler fra industri og renseanlegg nedstrøms Solbergfoss (inkludert KT), samt tilførslene fra KT alene.

Totaltilførselene av metaller er betydelige, men domineres av det som tilføres med Glomma og i hovedsak ikke av det som tilføres fra industri og kommunale renseanlegg nedstrøms Sarpsborg (**Tabell 1**). For kvikksølv utgjorde imidlertid tilførslene fra industri og renseanlegg ca. 30 % av totaltilførselene i 2010 (**Tabell 1**).

Det er vanskelig å se klare tidstrender når det gjelder tilførslene av metaller via Glomma ved Solbergfoss (Sarpsborg) de siste ca 20 år (se **Figur 2** til **Figur 7**). Det er likevel en viss tendens til at tilførslene har vært noe mindre de siste 10 år enn i 10-årsperioden før. En slik nedgang ses også for de totale industriutslippene av Cd (**Figur 3**), Pb (**Figur 5**) og for Hg for perioden 2008-2010 (**Figur 4**). Spesielt for metallene Cd, Pb, Zn og Cu utgjorde tilførslene fra KT lite (<1 %) i forhold til totaltilførselene (**Tabell 2**, **Tabell 3**), mens utslippene fra KT for krom utgjorde ca. 3-5 % og for kvikksølv ca. 10 % (**Tabell 3**). Tilførslene av Cd og Zn fra KT antyder en viss utslippsreduksjon den siste 10-årsperioden, mens tilførslene av Hg fra KT er vanskelig å tolke i perioden før 2004, men har deretter blitt noe redusert (**Figur 4**).

**Tabell 1.** Total mengde metaller (tonn) transportert via Glommavann forbi Solbergfoss og totale tilførsler fra industri og renseanlegg nedstrøms Solbergfoss i 2010.

	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
Tilførsler fra Glomma ved Solbergfoss	0,50	11,13	0,02	5,34	141,07	37,99
Tilførsler fra industri og renseanlegg til Glomma nedstrøms Solbergfoss	0,02	0,99	0,006	0,25	4,33	6,06

**Tabell 2.** Forholdet mellom totale tilførsler av metaller til Glommas munningsområde og tilførslene fra Kronos Titan.

	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
Middel (1990-2010) <sup>1</sup>	3064	15	377	992	436	4125
2010 <sup>2</sup>	2105	24	19	643	748	353
2011 <sup>3</sup>	1437	31	22	787	1055	745

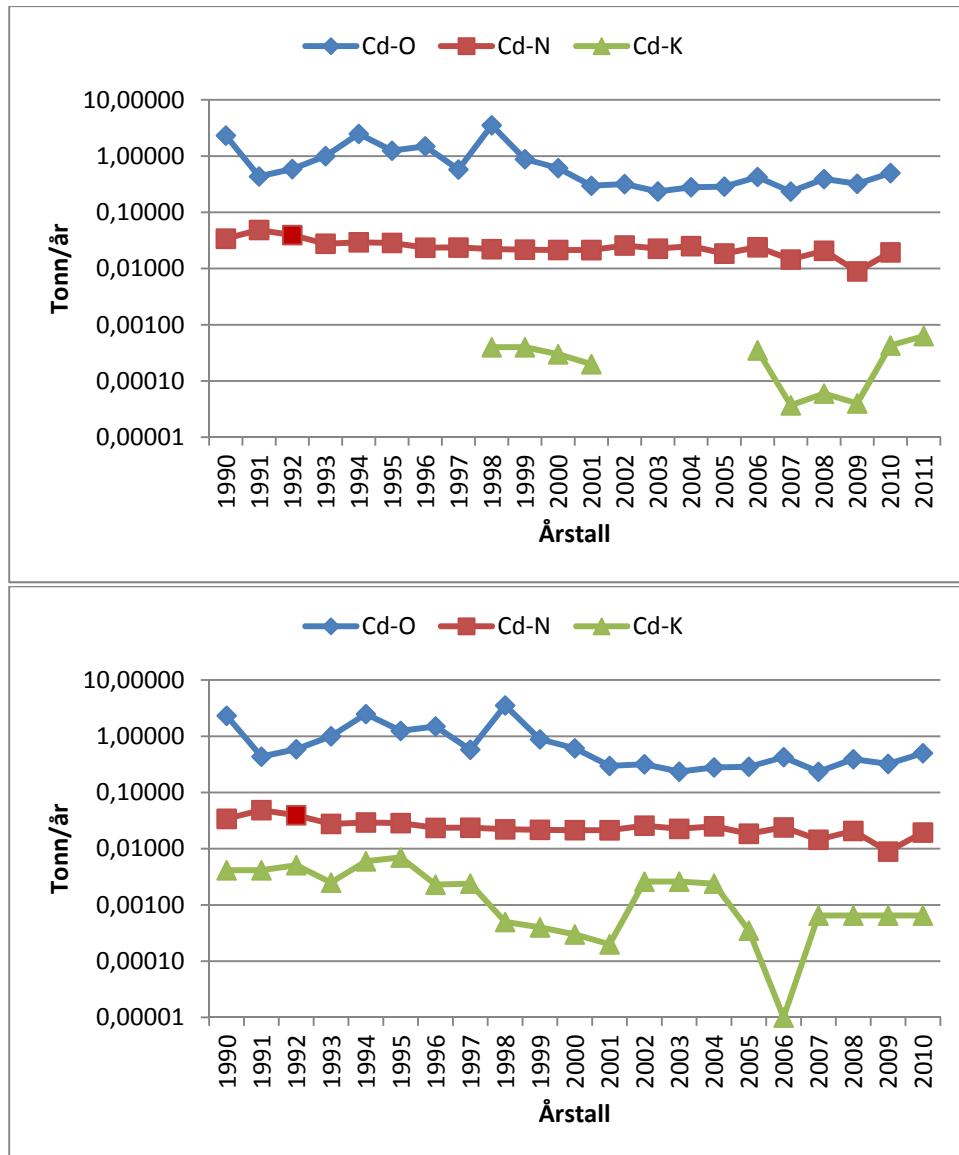
<sup>1</sup>)Data fra Klif

<sup>2</sup>)Totaltilførsler beregnet på data fra Klif (middel 1990-2010)/tilførsler i 2010 (data fra Kronos Titan)

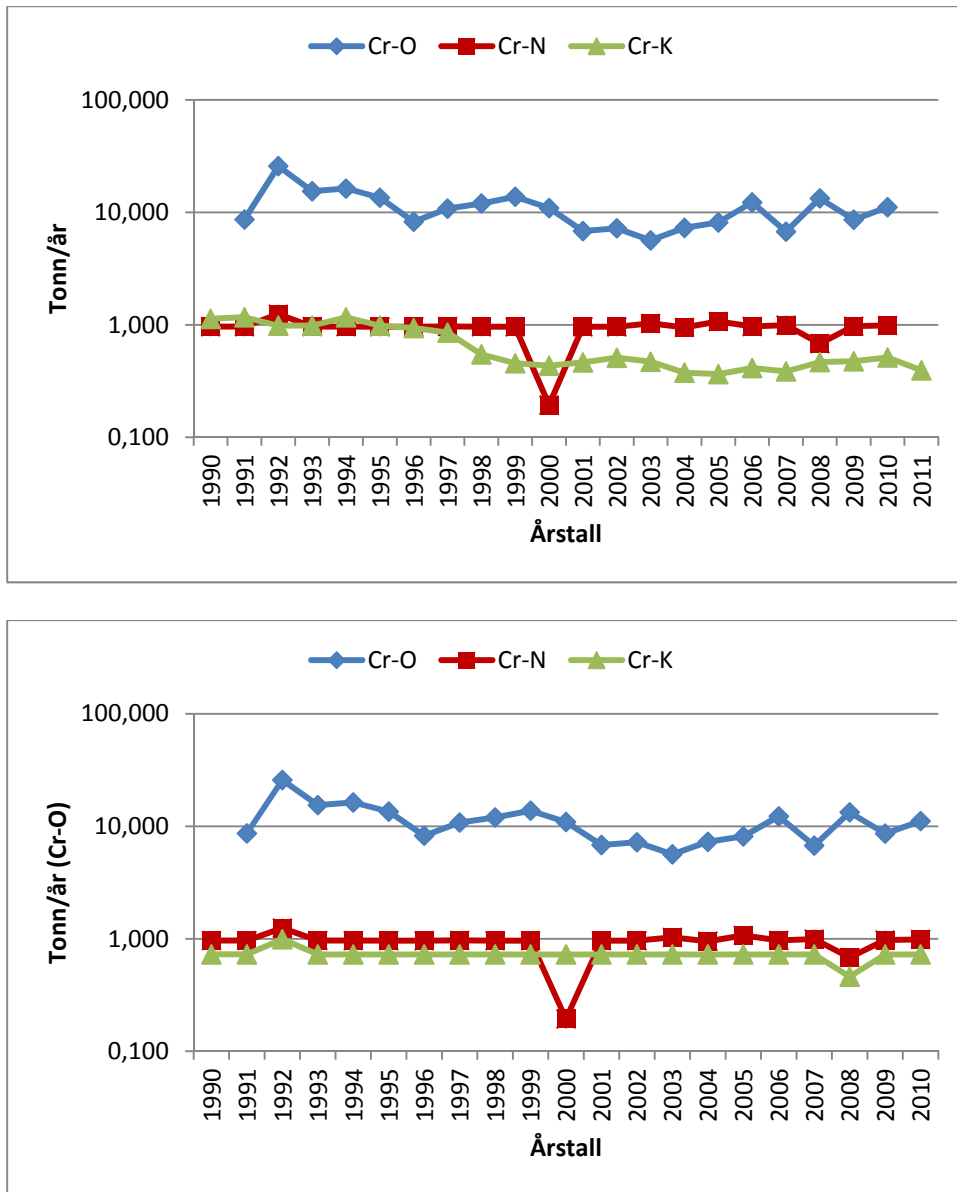
<sup>3</sup>)Totaltilførsler beregnet på data fra Klif (middel 1990-2010)/tilførsler i 2011 (data fra Kronos Titan)

**Tabell 3.** Utslippene av metaller fra Kronos Titan AS til Glommas munningsområde i prosent av den øvrige transporten av metaller i Glomma for perioden 2009-2011. Merk at for 2011 er tallene fra 2010 brukt for øvrige tilførsler..

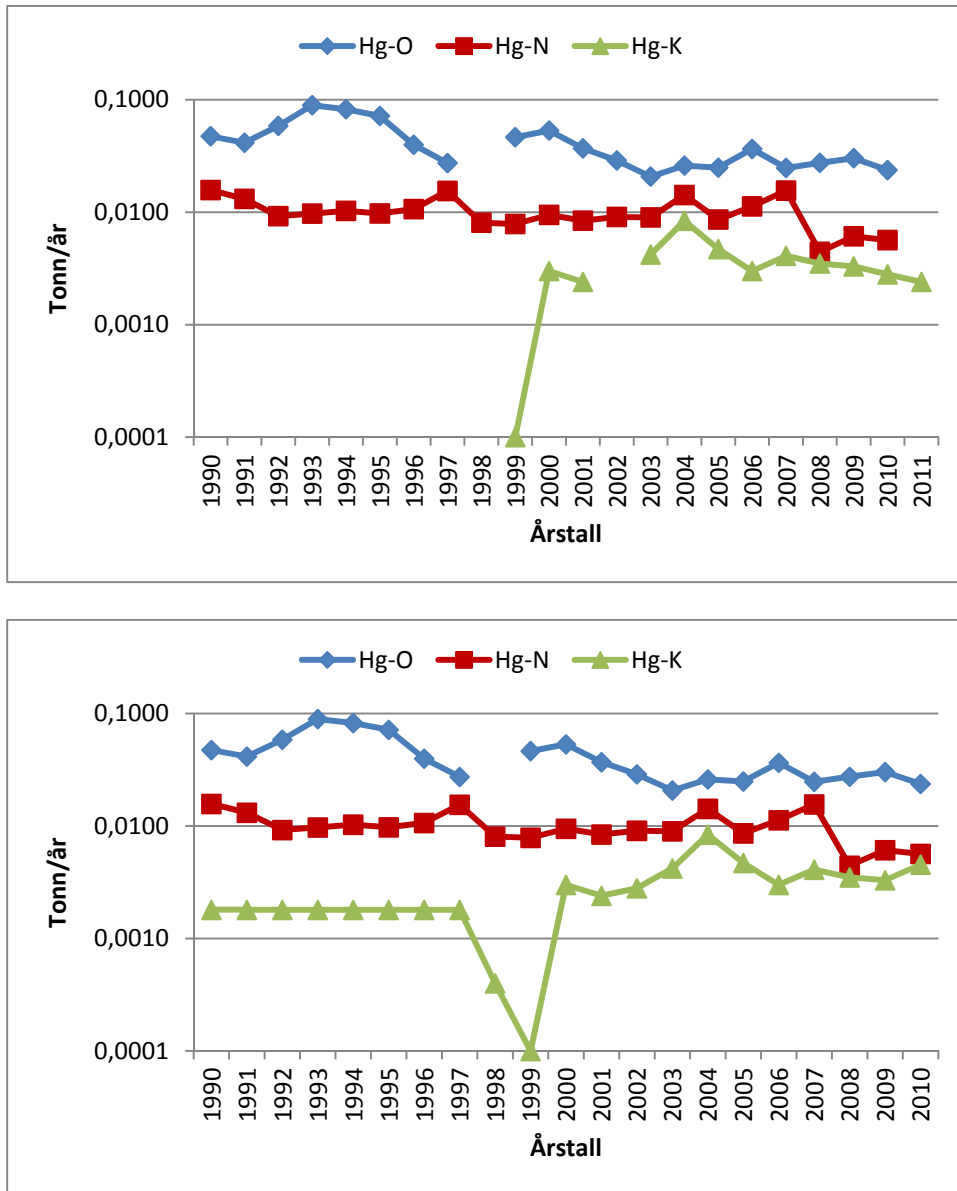
År	Cd	Cr	Hg	Pb	Zn	Cu
2009	0,01	5,21	9,98	0,37	0,11	0,19
2010	0,08	4,42	10,55	0,46	0,12	0,37
2011	0,12	3,40	9,04	0,37	0,09	0,17



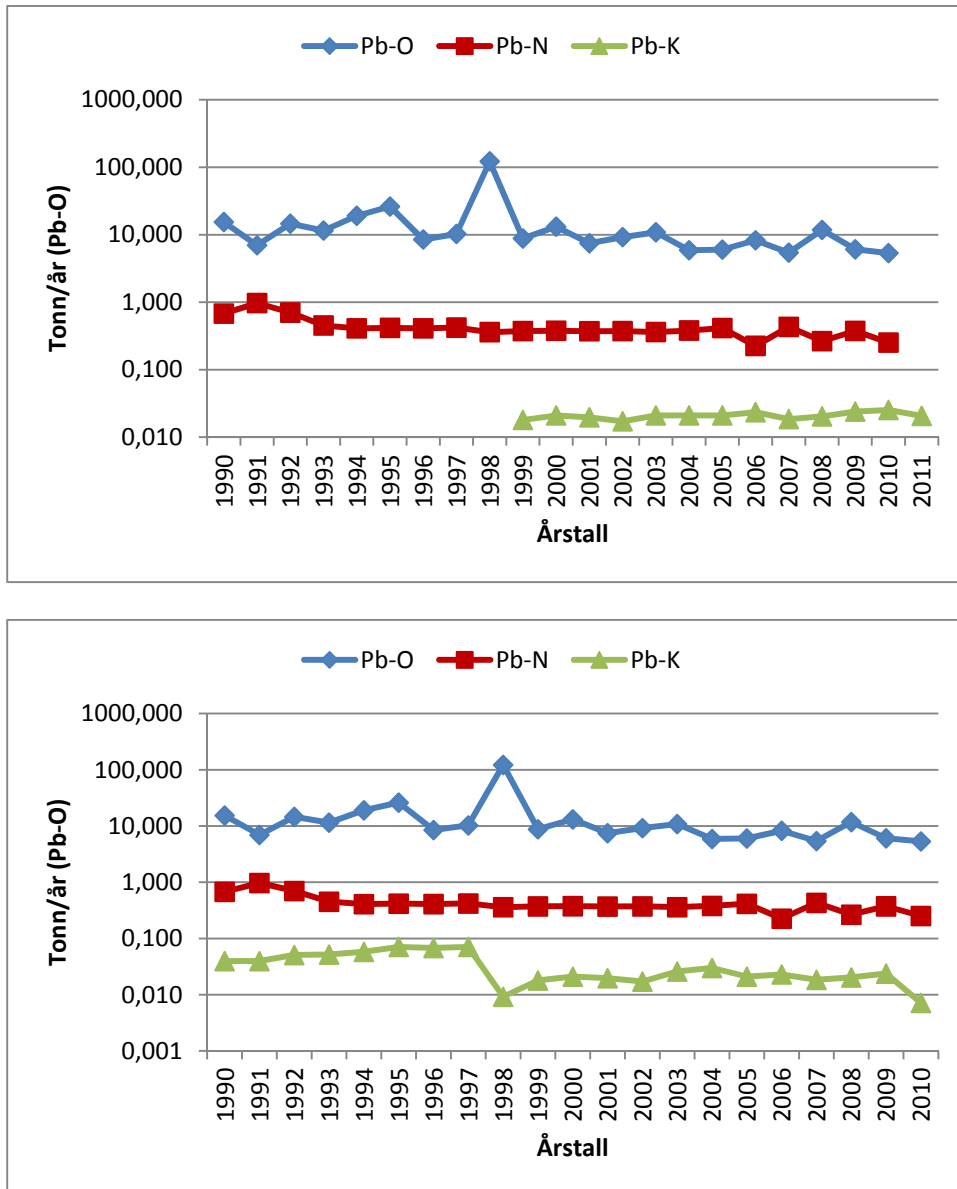
**Figur 2.** Tilførsler av kadmium (Cd) via Glomma. Cd-O= tilførsler ved Solbergfoss (data fra RID-program), Cd-N=tilførsler fra industri og renseanlegg nedstrøms Solbergfoss (tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og renseanlegg fra SSBs KOSTRA database), Cd-K=tilførslene fra Kronos titan (*Øverst:* Data oppgitt av bedriften. *Data på formen <X er utelatt, Nederst:* Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Cd-O og Cd-N er identisk i de to figurene.



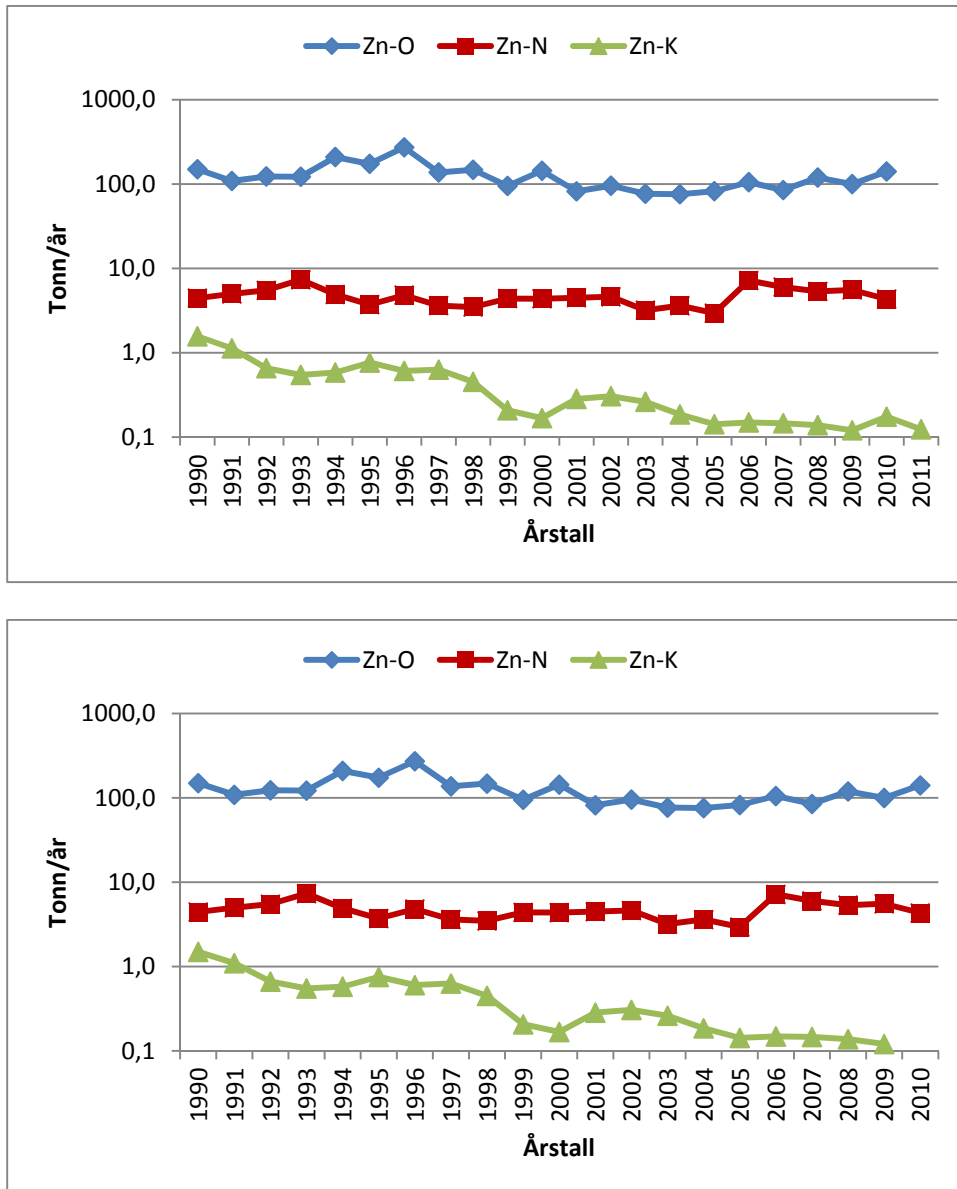
**Figur 3.** Tilførsler av krom (Cr) via Glomma. Cr-O= tilførsler ved Solbergfoss (data fra RID-program), Cr-N=tilførsler fra industri og renseanlegg nedstrøms Solbergfoss (tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og renseanlegg fra SSBs KOSTRA database), Cr-K=tilførslene fra Kronos titan (Øverst: Data oppgitt av bedriften. Data på formen <X er utelatt, Nederst: Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Cr-O og Cr-N er identisk i de to figurene.



**Figur 4.** Tilførsler av kvikksølv (Hg) via Glomma. Hg-O= tilførsler ved Solbergfoss (data fra RID-program), Hg-N=tilførsler fra industri og rensanlegg nedstrøms Solbergfoss (tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og rensanlegg fra SSBs KOSTRA database), Hg-K=tilførslene fra Kronos titan (*Øverst:* Data oppgitt av bedriften. *Nederst:* Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Hg-O og Hg-N er identisk i de to figurene.

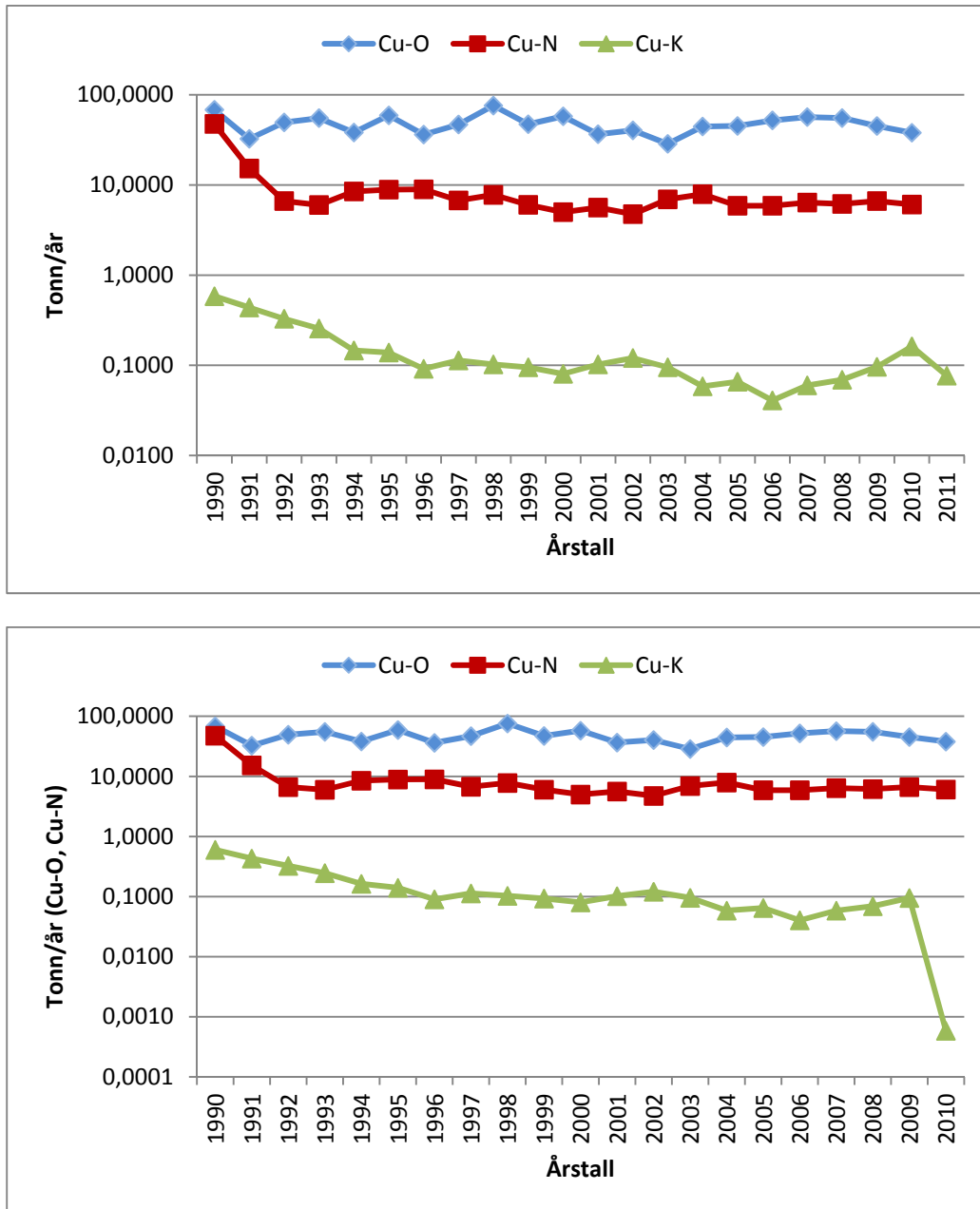


**Figur 5.** Tilførsler av bly (Pb) via Glomma. Pb-O= tilførsler ved Solbergfoss (data fra RID-program), Pb-N=tilførsler fra industri og renselanlegg nedstrøms Solbergfoss (tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og renselanlegg fra SSBs KOSTRA database), Pb-K=tilførslene fra Kronos titan (*Øverst:* Data oppgitt av bedriften. Data på formen <X er utelatt, *Nederst:* Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Pb-O og Pb-N er identisk i de to figurene.



**Figur 6.** Tilførsler av Sink (Zn) via Glomma. Zn-O= tilførsler ved Solbergfoss (data fra RID-program), Zn-N=tilførsler fra industri og rensesanlegg nedstrøms Solbergfoss (tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og rensesanlegg fra SSBs KOSTRA database), Zn-K=tilførslene fra Kronos titan (*Øverst:* Data oppgitt av bedriften. Data på formen <X er utelatt, *Nederst:* Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Zn-O og Zn-N er identisk i de to figurene.





**Figur 7.** Tilførsler av kobber (Cu) via Glomma. Cu-O= tilførsler ved Solbergfoss (Ø), Cu-N= tilførsler fra industri og renseanlegg nedstrøms Solbergfoss (Tall fra industri er fra KLIFs FORURENSNING og renseanlegg er fra SSBs KOSTRA database), Cu-K=tilførslene fra Kronos titan (fra KLIFs FORURENSNING database). (Øverst: Data oppgitt av bedriften. Data på formen <X er utelatt, Nederst: Data fra KLIFs FORURENSNING database). Merk at data for Cu-O og Cu-N er identisk i de to figurene.

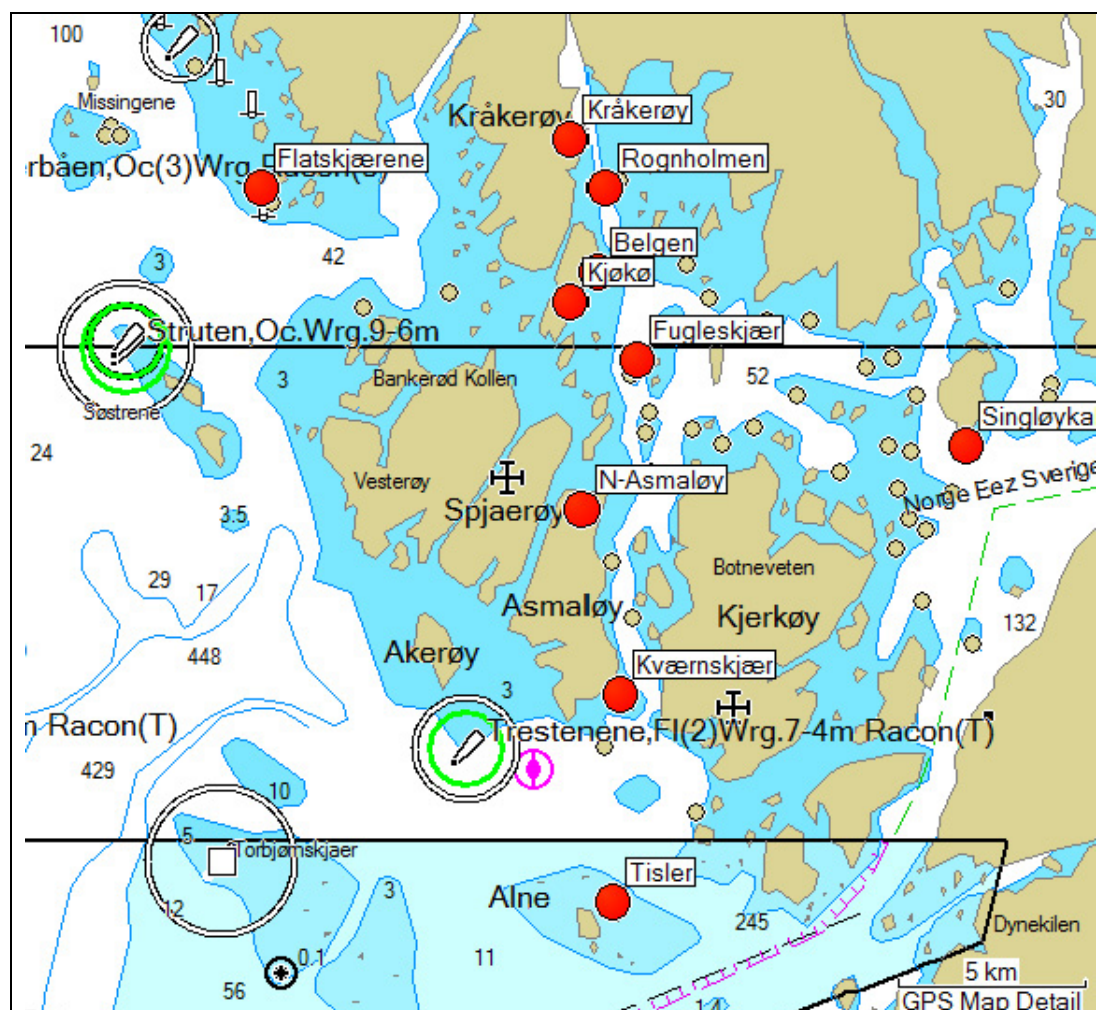
### 3. Metaller i blæretang

#### 3.1 Prøveinnsamling

NIVA har gjennom flere prosjekter (i hovedsak for Kronos Titan AS og Borregard Industries Ltd) foretatt en overvåking av forekomsten av metaller i alger (blæretang) fra Glommas munningsområde. Rapporterte data foreligger for årene 1989, 1994, 1995 og 2003, 2008 og 2009. I undersøkelsene som her presenteres har en foretatt analyse av metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*) fra de samme 10 lokalitetene som tidligere er benyttet. (Kråkerøy, Rognholmen, Belgen, Kjøkø, Fugleskjær, N-Asmaløy, Flatskjærene, Singløykalven, Kvernskjær og Tisler (se Figur 8). Stasjonsposisjoner er gitt i **Tabell 4**.

Fra hver stasjon ble det innsamlet ca. 20 individer av blæretang. En blandprøve bestående av den øvre delen (5-10 cm) av hvert individ ble analysert.

Blæretangen ble innsamlet ved å vasse eller ved svømmedykking.



**Figur 8.** Stasjoner foreslått for innsamling av blæretang (kartgrunnlag: Bluechart).

**Tabell 4.** *Beliggenhet av stasjoner for innsamling*

Stasjon	Posisjon
Kråkerøy	N59 10.108 E10 57.117
Rognholmen	N59 09.430 E10 58.051
Belgen	N59 08.199 E10 57.829
Kjøkkø	N59 07.767 E10 57.099
Fugleskjær	N59 06.946 E10 58.975
N-Asmaløy	N59 04.785 E10 57.404
Flatskjærene	N59 09.405 E10 48.474
Singløykalven	N59 05.693 E11 08.195
Kværnskjær	N59 02.102 E10 58.490
Tisler (Møren)	N58 59.125 E10 58.245

### 3.2 Analyser

Prøvene ble analysert for følgende metaller: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn), jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti). Analysene ble gjort av et eksternt laboratorium.







### 3.3 Resultater 2011

Resultatene er vist i **Tabell 5**. Det generelle bildet er lave konsentrasjoner av kvikksølv (klasse I. Ubetydelig – lite forurenset). Lave konsentrasjoner ble også observert for kadmium, bly, vanadium og sink på 4-7 stasjoner, mens de øvrige 3-6 stasjoner var moderat forurenset med disse 3 metallene. For bly og vanadium var det svært stor forskjell mellom laveste og høyeste konsentrasjon (faktor på henholdsvis >63 og >317) uten at dette hadde noen klar sammenheng med avstand fra Glommas munningsområdet (Kaldera). For sink avtok imidlertid konsentrasjonen med avstand fra Glommas munningsområde (**Figur 9**).

**Tabell 5.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g}$  t.v.) av metaller i blæretang innsamlet i Hvalerområdet i 2011. Stasjonene er på bakgrunn av observerte konsentrasjoner klassifisert i tilstandsklasser ifølge Klifs miljøkvalitetskriterier for kadmium (Cd), krom (Cr), Kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn) og i følge Knutzen og Skei, 1990 for jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti).

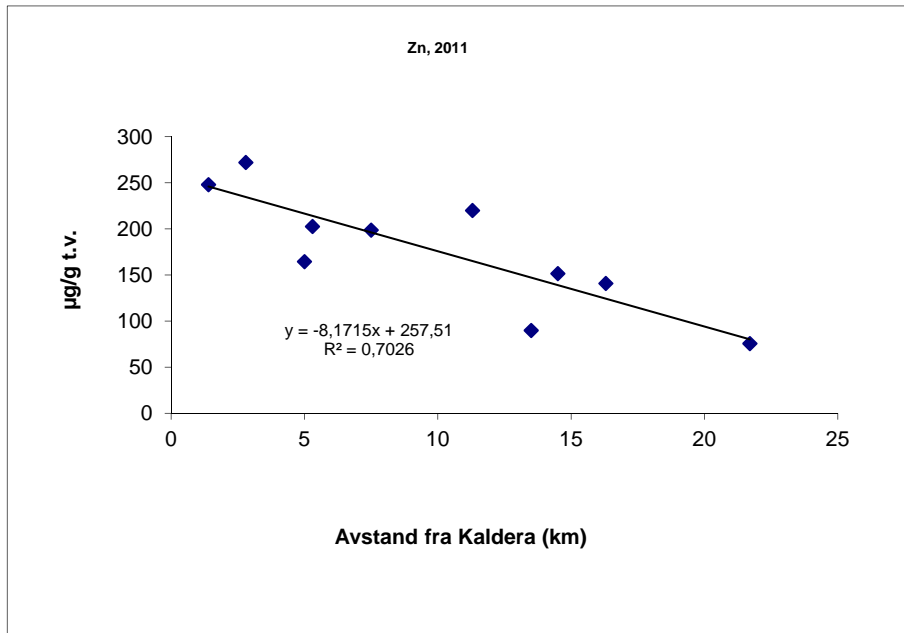
Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres				

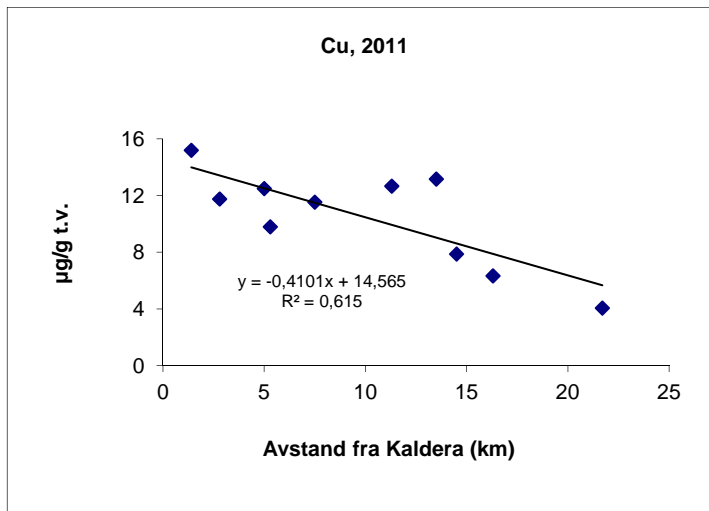
Stasjon	Avstand (km)	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Fe <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	V <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$	Ti <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$
Kråkerøy	1,4	1,92	11,20	15,20	1600	<0,04	2,08	<0,04	248,00	49,60
Rognholmen	2,8	1,91	11,76	11,76	1397	<0,04	1,62	<0,04	272,06	30,15
Belgen	5,0	1,38	25,00	12,50	4211	0,04	<0,03	9,21	164,47	151,32
Kjøkkø	5,3	1,70	9,80	9,80	1111	<0,03	0,92	<0,03	202,61	26,80
Fugleskjær	7,5	1,67	11,54	11,54	2436	<0,03	1,86	5,13	198,72	70,51
N-Asmaløy	11,3	1,93	14,00	12,67	2467	<0,03	1,93	6,00	220,00	73,33
Flatskjærene	13,5	1,56	21,56	13,17	719	<0,03	0,54	<0,03	89,82	17,37
Singløykvalven	14,5	1,58	7,27	7,88	1697	0,03	1,33	3,64	151,52	49,70
Kvernskjær	16,3	1,41	19,01	6,34	563	<0,04	0,42	<0,04	140,85	11,27
Tisler	21,7	1,16	11,63	4,07	262	<0,04	0,47	<0,03	75,58	4,07
<b>Øvre grense for klasse I</b>		1,5	1	5	300 <sup>1)</sup>	0,05	1	2 <sup>1)</sup>	150	5 <sup>1)</sup>
<b>Max kons.</b>		1,93	25,00	15,20	4210,53	0,04	2,08	9,21	272,06	151,32
<b>Min kons.</b>		1,16	7,27	4,07	261,63	0,03	0,03	0,03	75,58	4,07
<b>Max/Min</b>		1,7	3,4	3,7	16,1	>1,4	>63,2	>316,8	3,6	37,2

<sup>1)</sup>Fe, Ti og V inngår ikke i Klifs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.



**Figur 9.** Konsentrasjonen av sink (Zn) i blæretang i ulik avstand fra Kaldera (fyrlykt på Kråkerøy Østerelva) i 2011.

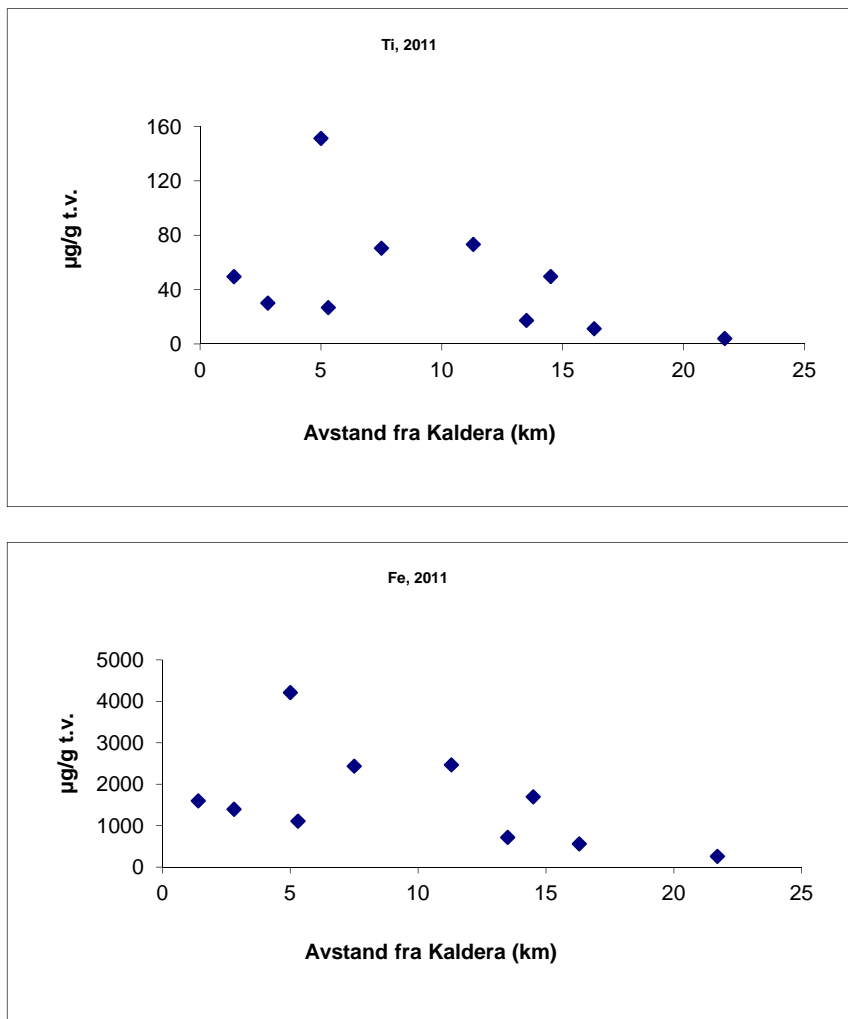
Konsentrasjonen av kobber viste et moderat forurensningsnivå på 8 av 10 stasjoner. Den høyeste konsentrasjonen av kobber ble imidlertid observert på stasjonen på Kråkerøy (markert forurenset) og den laveste konsentrasjonen på den mest fjerntliggende stasjonen på Tisler (ubetydelig til lite forurenset) og det var en viss sammenheng mellom konsentrasjon og avstand fra Glommas munningsområde (Kaldera) (**Figur 10**).



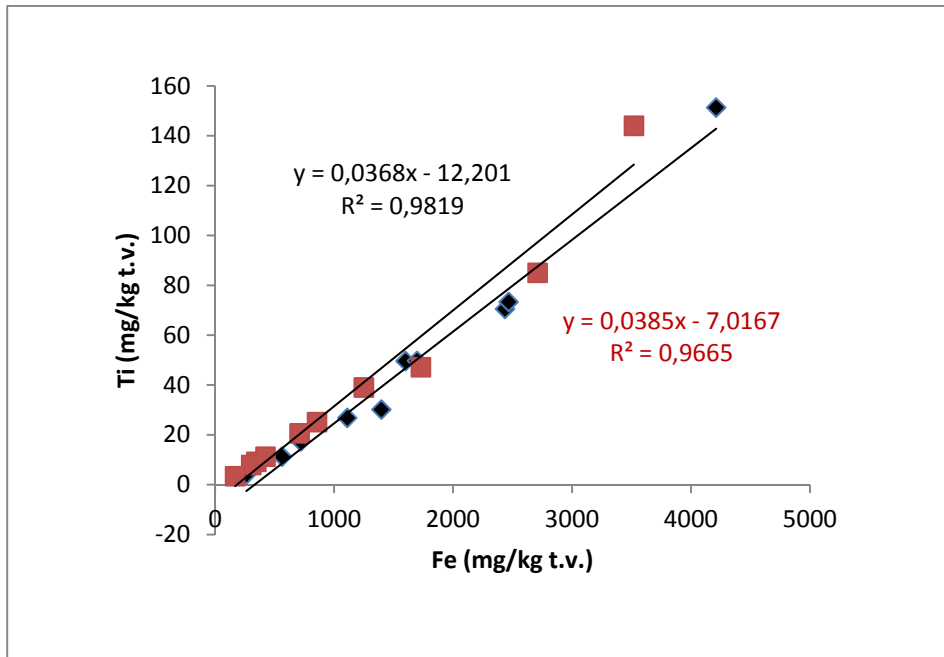
**Figur 10.** Konsentrasjonen av kobber i blæretang i ulik avstand fra Kaldera (fyrlykt på Kråkerøy Østerelva) i 2011.

Det høyeste forurensningsnivået i blæretang ble imidlertid observert for krom, jern og titan (**Tabell 5**). Blæretangen var markert til sterkt forurenset med krom på alle stasjoner og det var relativt liten forskjell mellom høyeste og laveste konsentrasjon. Fe, Ti og V inngår ikke i SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al., 1997). Vi har derfor benyttet Knutzen og Skei (1990) sitt forslag til

klassifisering for disse metallene. Denne klassifiseringen opererer med 4 tilstandsklasser. I omtalen av disse resultatene har vi brukt samme begrepsapparat som brukes for klasse I-IV i SFTs klassifisering. For jern og titan var konsentrasjonen svært forskjellig i blæretang fra Tisler (ubetydelig – lite forurenset) sammenlignet med en del av stasjonene nærmere Glommas munningsområde hvor blant annet Belgen pekte seg ut som en stasjon med svært høye verdier (sterkt forurenset). For både jern og titan synes de høyeste konsentrasjonene å ligge på stasjoner 5 til 15 km fra Kaldera (**Figur 11**). Det var en bemerkelsesverdig korrelasjon mellom konsentrasjonen av Ti og Fe (**Figur 12**). Dette kan tyde på at begge metaller knytter seg til samme eksponeringskilde (trolig partikler) og at det er mengden av disse på eller i blæretangen som bestemmer konsentrasjonen.



**Figur 11.** Konsentrasjonen av titan (Ti) og jern (Fe) i blæretang i ulik avstand fra Kaldera (fyrlykt på Kråkerøy Østerelva) i 2011.



**Figur 12.** Konsentrasjonen av titan (Ti) som funksjon av konsentrasjonen av jern (Fe) i blæretang fra prøver tatt i 2009 (sort) og 2011(rød).



### 3.4 Historisk utvikling

#### 3.4.1 Kvikksølv

Konsentrasjonen av kvikksølv i blæretang innsamlet i Glommas munningsområde i perioden 1989-2011 er vist i **Tabell 6**. Resultatene viser at konsentrasjonene av kvikksølv i blæretang har vært lave på alle stasjoner i hele observasjonsperioden.

**Tabell 6.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av kvikksølv (Hg) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

Stasjoner-	Avstand (km)	Kvikksølv i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,015	0,023	<0,04
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,017	0,017	<0,04
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	0,017	0,037	0,030	0,04
Kjøkkø	5,3	0,04	i.a.	i.a.	0,013	0,016	0,022	<0,03
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,012	0,017	0,016	<0,03
N-Asmaløy	11,3	0,02	i.a.	i.a.	0,014	0,025	0,031	<0,03
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,005	0,014	0,018	<0,03
Singløykalven	14,5	0,03	i.a.	i.a.	0,019	0,016	0,018	0,03
Kvernskjær	16,3	0,02	i.a.	i.a.	0,011	0,013	0,018	<0,04
Missingen	18,5	0,01	i.a.	i.a.	i.a.			
Tisler	21,7	<0,01	i.a.	i.a.	0,005	0,011	0,010	<0,04
Øvre grense for klasse I		0,05						

### 3.4.2 Kadmium, bly, vanadium og sink

Konsentrasjonen av kadmium, bly, vanadium og sink i blæretang innsamlet på 10 stasjoner i Glommas munningsområde, Hvaler og noen nærliggende områder i perioden 1989 til 2011 er vist i **Tabell 7** og **Tabell 8**.

Generelt var konsentrasjonene av kadmium, bly og sink som ble observert i 2011 noe høyere enn observasjonene på 2000-tallet. Et klart unntak var imidlertid konsentrasjonen av bly fra Belgen og Kjøkø hvor konsentrasjonen var klart lavere i 2011 enn i 2009 (**Tabell 7B**). For vanadium var det vanskelig å spore noen klar tidstrend utover at det for flertallet av stasjonene ble observert lavere konsentrasjoner i 2011 enn tidligere år (**Tabell 8B**) og det var bare to stasjoner (Fugleskjær og Singløykvalven) som viste klart høyere konsentrasjoner i 2011 enn tidligere år.

**Tabell 7.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av kadmium og bly (Pb) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

A:Kadmium

Stasjoner-	Avstand (km)	Kadmium i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,15	1,31	1,92
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,99	0,94	1,91
Belgen	5,0	i.a.	1,16	i.a.	0,709	0,75	1,08	1,38
Kjøkkø	5,3	1,7	1,94	i.a.	0,948	1,06	1,28	1,70
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,968	1,03	1,08	1,67
N-Asmaløy	11,3	1,3	2,16	i.a.	1,21	1,08	1,58	1,93
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,07	1,07	1,27	1,56
Singløykcalven	14,5	0,87	1,20	i.a.	0,954	0,69	1,03	1,58
Kvernskjær	16,3	1,08	1,37	i.a.	0,718	0,84	1,10	1,41
Missingen	18,5	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	1,1	1,41	i.a.	0,721	1,12	0,99	1,16
Øvre grense for klasse I		1,5						

B: Bly

Stasjoner-	Avstand (km)	Bly i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,49	1,05	2,08
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,55	0,49	1,62
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	12,6	1,55	1,07	2,76	<0,03
Kjøkkø	5,3	0,6	i.a.	6,3	0,82	0,62	3,26	0,92
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,91	0,91	0,81	1,86
N-Asmaløy	11,3	1,1	i.a.	25,8	2,04	1,96	2,20	1,93
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,92	0,51	0,88	0,54
Singløykcalven	14,5	0,8	i.a.	1,2	1,79	0,66	0,60	1,33
Kvernskjær	16,3	0,6	i.a.	3,6	1,27	0,19	0,33	0,42
Missingen	18,5	0,9	i.a.	0,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	0,6	i.a.	4,4	0,37	0,21	0,17	0,47
Øvre grense for klasse I		1						

**Tabell 8.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av sink og vanadium (V) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a. = ikke analysert/ingen prøve.

Stasjoner-	Avstand (km)	Sink i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	123,00	158,00	248,00
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	110,00	130,00	272,06
Belgen	5,0	i.a.	150	i.a.	59,4	83,50	143,00	164,47
Kjøkkø	5,3	275	54	i.a.	60,4	74,50	122,00	202,61
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	64	86,20	110,00	198,72
N-Asmaløy	11,3	184	193	i.a.	86,6	94,80	139,00	220,00
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	55,9	76,70	75,00	89,82
Singløykcalven	14,5	99	90	i.a.	63,8	47,40	89,10	151,52
Kvernskjær	16,3	226	113	i.a.	35,8	46,70	79,50	140,85
Missingen	18,5	86	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	
Tisler	21,7	111	80	i.a.	37	47	47	76
Øvre grense for klasse I		150						

Stasjoner-	Avstand (km)	Vanadium <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy		i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,50	2,50	<0,04
Rognholmen		i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	2,60	0,95	<0,04
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	4,56	4,10	9,00	9,21
Kjøkkø	5,3	i.a.	i.a.	i.a.	2,18	2,30	4,20	<0,03
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,56	2,60	2,00	5,13
N-Asmaløy	11,3	i.a.	i.a.	i.a.	4,23	7,76	6,50	6,00
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,03	2,60	4,10	<0,03
Singløykcalven	14,5	i.a.	i.a.	i.a.	2,28	2,50	1,40	3,64
Kvernskjær	16,3	i.a.	i.a.	i.a.	1,04	0,99	1,50	<0,04
Tisler	21,7	i.a.	i.a.	i.a.	0,9	1,00	1,40	<0,03
Øvre grense for klasse I		2 <sup>1</sup>						

<sup>1)</sup> Vanadium inngår ikke i SFTs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.

### 3.4.3 Kobber

Konsentrasjonen av kobber i blæretang innsamlet på 10 stasjoner i Glommas munningsområde, Hvaler og noen nærliggende områder i perioden 1989 til 2011 er vist i **Tabell 9**.

Generelt var konsentrasjonene av kobber som ble observert i 2011 noe høyere enn observasjonene på 2000-tallet. Et klart unntak var imidlertid Kjøkkø og Fugleskjær hvor konsentrasjonen var omtrent lik i 2011 og 2009.

**Tabell 9.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) kobber (Cu) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004, Berge et al. 2003), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier. Merk at det for kobber i 2003 er oppgitt 2 konsentrasjoner hvorav den ene representerer analysene gjennomført ifm. undersøkelser for Borregaard (Berge et al. 2003) og den andre analysen er gjennomført ifm. en undersøkelse for Kronos Titan (Källqvist og Berge, 2004). Begge analyser er imidlertid foretatt på materiale fra samme innsamling.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

Stasjoner-	Avstand (km)	Kobber i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	7,50	8,60	15,20
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	6,49	4,70	11,76
Belgen	5,0	i.a.	13	15,9	6,4/7,0	7,34	10,00	12,50
Kjøkkø	5,3	33	14	16,9	4,5   5,7	9,70	9,80	9,80
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	4,9   5,8	6,3	11,54	11,54
N-Asmaløy	11,3	21	15	14	6,8/7,8	10,20	11,80	12,67
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	3,6/4,5	5,50	6,90	13,17
Singløykalven	14,5	9	4	i.a.	5,6/6,0	3,60	3,70	7,88
Kvernskjær	16,3	15	6	11	3,7/4,5	3,70	5,10	6,34
Missingen	18,5	5,9	i.a.	4,5	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	6	3	6,8	6,2/7,5	3,30	3,10	4,07
Øvre grense for klasse I		5 $\mu\text{g/g}$						

### 3.4.4 Krom, jern og titan

Konsentrasjonen av krom i blæretang innsamlet på 10 stasjoner i Glommas munningsområdet, Hvaler og noen nærliggende områder i perioden 1989 til 2011 er vist i **Tabell 10A**. Alle observasjoner av krom som ble gjort i 2011 viste et konsentrasjonsnivå som lå vesentlig høyere enn alle tidligere år (**Tabell 10**). Utslippstallene (**Figur 3**) indikerer imidlertid ikke at det har vært økede utslipp av krom siden forrige undersøkelse.

**Tabell 10.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av krom i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier. Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning). Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

A: Krom

Stasjoner-	Avstand (km)	Krom i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,60	1,20	11,20
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,10	0,40	11,76
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	4,1	1,90	4,70	25,00
Kjøkkø	5,3	1,6	i.a.	i.a.	2,1	0,80	2,00	9,80
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,3	1,20	0,80	11,54
N-Asmaløy	11,3	1,6	i.a.	i.a.	4,2	3,80	3,40	14,00
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,58	0,70	1,70	21,56
Singløykalven	14,5	0,31	i.a.	i.a.	1,8	0,60	0,40	7,27
Kvernskjær	16,3	0,69	i.a.	i.a.	1,4	0,40	0,60	19,01
Missingen	18,5	<0,2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	
Tisler	21,7	0,5	i.a.	i.a.	0,82	<0,3	<0,3	11,63
Øvre grense for klasse I		1						

Den høyeste konsentrasjonen av både jern og titan ble som tidligere år observert i blæretang fra Belgen (**Tabell 11**). På de tre nærmeste stasjonene økte konsentrasjonen av begge metaller i 2011 i forhold til alle tidligere år. Også i prøvene fra Fugleskjær, Singløykalven, Kvernskjær var konsentrasjonene av både jern og titan i 2011 høyere enn tidligere år. Selv om enkelte stasjoner også viste en nedgang i konsentrasjon fra 2009-2011 (Kjøkkø, N-Asmaløy, Flatskjærene og Tisler (kun titan), så er det generelle bildet at det antydes en økning i konsentrasjonen av jern og titan i blæretangen.

**Tabell 11.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av titan (Ti) og jern (Fe) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 7 ulike tidspunkt, 2011 (denne undersøkelse), 2009 (Berge et al. 2009), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004, Berge et al. 2003), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i følge Knutzen og Skei, 1990. Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning). Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 5**. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

## A: Titan

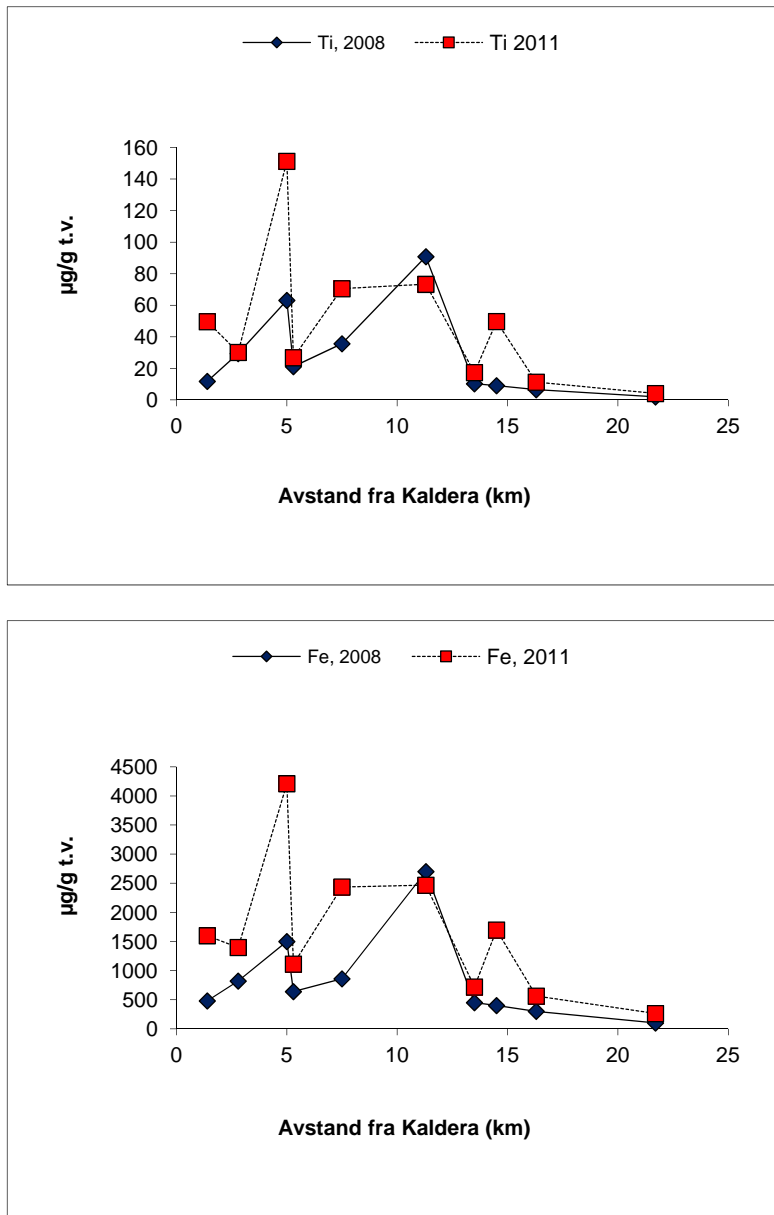
Stasjoner-	Avstand (km)	Titan <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	11,80	25,10	49,60
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	29,40	9,19	30,15
Belgen	5,0	i.a.	141	43	73,9	63,10	144,00	151,32
Kjøkkø	5,3	24,8	54,7	48	31,8	21,10	47,10	26,80
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	15,4	35,60	20,60	70,51
N-Asmaløy	11,3	41,5	56,7	62	52,9	90,80	85,00	73,33
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,93	10,30	39,00	17,37
Singløykalven	14,5	<5	<5	21	8,85	9,05	7,87	49,70
Kvernskjær	16,3	7,2	<5	18	8,32	6,53	11,20	11,27
Missingen	18,5	<5	i.a.	15	i.a.	i.a.		
Tisler	21,7	<5	<5	15	1,77	1,91	25,10	4,07
Øvre grense for klasse I		5 <sup>1</sup>						

## B: Jern

Stasjoner-	Avstand (km)	Jern <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )						
		1989	1994	1995	2003	2008	2009	2011
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	480	857	1600
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	820	347	1397
Belgen	5,0		2520	588	1730	1500	3520	4211
Kjøkkø	5,3	483	943	746	726	640	1730	1111
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	424	860	710	2436
N-Asmaløy	11,3	1010	1754	1041	1620	2700	2710	2467
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	90 <sup>1)</sup>	450	1250	719
Singløykalven	14,5	180	193	316	379	400	303	1697
Kvernskjær	16,3	327	217	290	295	300	423	563
Missingen	18,5	40	i.a.	138	i.a.	i.a.		
Tisler	21,7	197	154	88	<80 <sup>1)</sup>	100	168	262
Øvre grense for klasse I		300 <sup>1</sup>						



<sup>1)</sup>Fe og Ti inngår ikke i SFTs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.



**Figur 13.** Konsentrasjonen av titan (øverst) og jern (nederst) i blåretang innsamlet i 2008 og 2011 på stasjoner i ulik avstand fra Glommas munning ved Kaldera.

## 4. Oversikt over andre undersøkelser i området

### 4.1 Mudring i Røssvikrenna

Kystverket planlegger en utvidelse og utdyping i Røssvikrenna i innseilingen til Borg havn. Bredden på seilingsleden skal utvides til 150 m og dybden til 13 m. I forbindelse med arbeidene er det planlagt at anslagsvis 1,7 mill. m<sup>3</sup> må mudres og plasseres i landdeponi hos Frevar på Øra (forurensede masser) og i sjødeponi (rene masser). Noen aktuelle deponiområder i sjø er Svaleskjær, Møkkalasset, Belgen og Gurikraket. I forbindelse med planleggingen av arbeidene er det gjort en del sedimentundersøkelser (i hovedsak av NGI) for blant annet å avklare i hvilken grad massene som skal mudres er forurenset. Det er også gjort undersøkelser av forekomst av fauna i en del potensielle deponeringsområder. Eventuelle konsekvenser av mudring- og deponeringsarbeid i Hvalerområdet er under utredning. Undersøkelser som er iverksatt ifm. planleggingen av mudringsarbeidene refereres ikke i denne rapporten.

### 4.2 Miljøgifter i blåskjell

Det gjennomføres i regi av Statlig program for forurensningsovervåking årlige undersøkelser av forekomst av miljøgifter i blåskjell fra tre stasjoner i Hvalerområdet. To av disse (Damholmene og spesielt Kirkøy) har direkte relevans for påvirkning av vann fra Glomma, mens den siste (Singløykalven) ligger i et område som er klart mindre påvirket av Glommavann. De siste data som er rapportert fra området er fra 2010 (Green et al. 2011). Det foreligger imidlertid ikke nyere data for jern og titan i blåskjell.

En oppsummering av resultatene er gitt i **Tabell 12**. Skjellene fra alle 3 stasjoner var ubetydelig til lite forurenset med organiske miljøgifter. Kirkøy er trolig den stasjonen som er mest direkte påvirket av overflatevann som transporteres med Glomma. Denne stasjonen hadde også noe høyere konsentrasjoner av krom, kobber og nikkel enn de øvrige to stasjonene. Skjellene fra Kirkøy kunne karakteriseres som markert forurenset med krom, mens konsentrasjonsnivået for de øvrige metaller var ubetydelig til moderat forurenset (dvs. i tilstandsklasse I–II). For de metaller der en har hatt nok data til å studere tidstrender (dvs. Cd, Cu, Hg, Pb) har en ikke kunnet observere noen signifikante tidstrender de siste 10 år. Konsentrasjonen av krom som ble observert i skjell fra Kirkøy i 2010 (15,5 mg/kg t.v.) var imidlertid over fire ganger høyere enn det som ble observert i skjell fra samme sted ett år tidligere (3,36 mg/kg. t.v.) og støtter opp om resultatene for blæretang (**Tabell 10**) som indikerte at det har skjedd en markert økning av krom-eksponeringen i resipienten fra 2009 til 2011 uten at dette støttes i tilførselstallene.

**Tabell 12.** Konsentrasjonen av metaller(A) og organiske miljøgifter (B) i blåskjell innfanget på 3 stasjoner i Hvalerområdet høsten 2010. (Kilde: Green et al., 2011). Fargekoden angir klassifisering i henhold til Klifs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann(TA-1467/1997). Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset	
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres					

Polyklorerte bifenyler (sum av 7 kongenerer)

A: Metaller 2010 (konsentrasjoner er oppgitt som mg/kg t.v.). Sølv (Ag), arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), kobolt (Co).

Stasjon	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Co
Singløykvalven	0,03	15,4	1,95	3,53	8,07	0,21	2,25	1	0,62
Kirkøy	0,05	14	1,9	15,5	10,2	0,29	5,2	1,46	1,16
Damholmene	0,05	13	2,06	5,83	9,64	0,24	2,5	1,5	1,08

B: Organiske forbindelser 2010 (konsentrasjoner er oppgitt som µg/kg). Polyklorerte bifenyler (sum av 7 kongenerer) (PCB-7), nedbrytningsprodukt av DDT (ppDDE), gamma-heksaklorsykloheksan (HCHG), oktaklorstyren (OCS), heksaklorbensen (HCB).

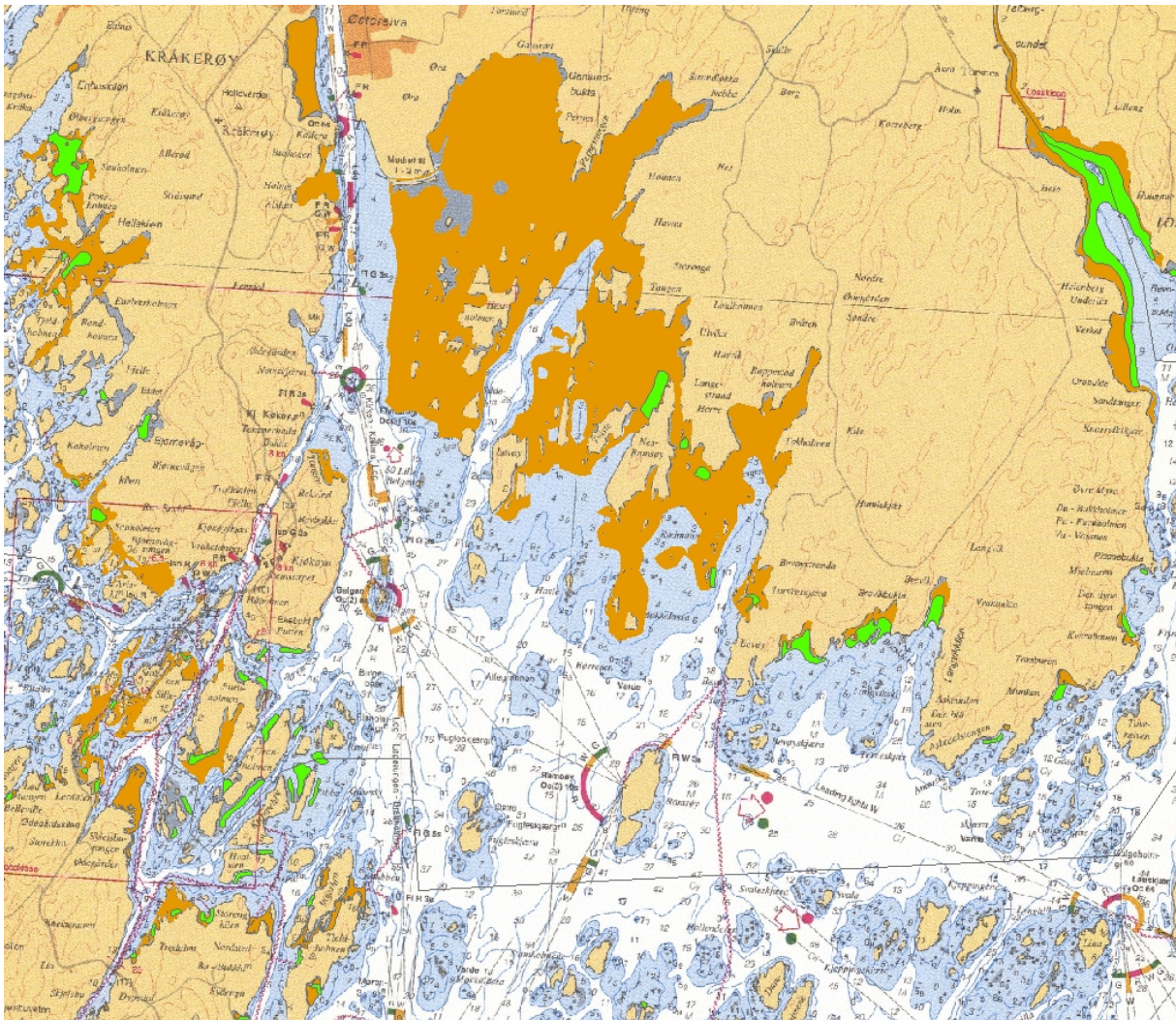
Stasjon	PCB-7	ppDDE	HCHG	OCS	HCB
Singløykvalven	7,14	1,81	0,33	0,33	0,29
Kirkøy	6,55	1,36	0,46	0,46	0,27
Damholmene	8,25	1,58	0,46	0,46	0,36

## 4.3 Biologiske forhold

### 4.3.1 Ålegress

Grunne bløtbunnsområder kan være dominert av ålegress. Store grunne bløtbunnsområder gir robuste og stabile (motstandsdyktige) økosystemer og utgjør viktige beiteområder for fugl og fisk.

Bløtbunnsarter er i hovedsak stasjonære og påvirkes av faktorer direkte på de stedene hvor de befinner seg. Bentiske samfunn kan dermed brukes som et miljøarkiv for status og endringer i det marine miljø. Endringer i artsmangfold kan brukes til å påvise forurensningseffekter av punktkilder og i forbindelse med klimatiske endringer. **Figur 14** viser en oversikt over strender med bløtbunn i Glommas munningsområde. Figuren viser at det opptrer bløtbunnsstrender også i nærområdet til KT.



**Figur 14.** Grunne bløtbunnsområder i Hvalerområdet (brunt). Verdsetting av disse områdene er ikke foretatt. Åleggessforekomster er også vist (grønt). Data fra det nasjonale programmet for kartlegging av marine naturtyper.

I det nasjonale programmet for kartlegging av naturtyper er utbredelsen av åleggess i Hvalerområdet blitt undersøkt (**Figur 14**). Åleggess vokser normalt i grunne områder, ned til ca. 10 m dyp (trolig ikke så dypt i Glømmas munningsområde), og på flat bunn. Større forekomster av undervannsenger er uvanlige og dels sjeldne. Naturtypen inneholder flere spesialiserte arter og samfunn, og rødlistearter og sjeldne utforminger forekommer. Åleggessenger og andre sjøgrasområder er svært produktive og regnes som viktige marine økosystemer på verdensbasis. Undervannsenger er ofte viktige områder for næringssøk for sjeldne fuglearter. Åleggess er et av de biologiske kvalitetselementer som skal undersøkes under Vannforskriften og som dermed er med på å bestemme en vannforekomsts økologiske kvalitet (EQS). Metodikk og klassegrenser for vurdering av økologisk kvalitet hos åleggess er under utarbeidelse. Åleggess finnes kun i ytterkanten av det området som kan tenkes å være påvirket av Kronos Titan og har ikke samme utbredelse i utslippets nærområde som blæretang og er derfor ikke like godt egnet som indikator for metallpåvirkning som blæretang. En vet imidlertid lite om i hvilken grad og eventuelt hvordan metaller i de konsentrasjoner som opptrer i vannet i Hvalerområdet påvirker åleggess. Fysiske inngrep slik som utfyllinger i strandsonen, mudring og drenering er trolig i tillegg til eutrofiering og tiltak som hindrer vanngjennomstrømming de viktigste truslene mot åleggess og vil endre produktiviteten. Ved eutrofiering øker mengden påvekststalger og kan blant annet gi reduserte lysforhold for åleggesset.

### 4.3.2 Strandsonen- hardbunn

I 2009 ble noen få utvalgte stasjoner i Hvalerområdet (stasjon 35, 72 og 74) undersøkt med spesiell tanke på mulige effekter av at Borregaard Industries Ltd var nødt til å stenge rensetrinn II i bedriftens biologiske rensesanlegg pga. fare for spredning av legionella. Beregninger tyder imidlertid på at interne tiltak medførte at utslippene av kjemisk oksygenforbrukende stoff, suspendert materiale, total mengde organisk karbon og kobber likevel i hovedsak lå innenfor eller nær det som hadde vært sluppet ut tidligere (Berge et al. 2009). På samtlige stasjoner ble det registrert færre arter av både alger og dyr i 2009 enn på 90-tallet. Det ble også observert en markant reduksjon av antall rødalger på både stasjon 35 og 72. Undersøkelsene ble gjentatt i 2010 (Walday et al 2011) og 2011. I 2011 ble det foretatt strandsoneundersøkelser på en ekstra stasjon, stasjon 52. Undersøkelsene fra 2011 er under rapportering (Walday et al. under utarbeidelse). Resultatene kan imidlertid oppsummeres på følgende måte:

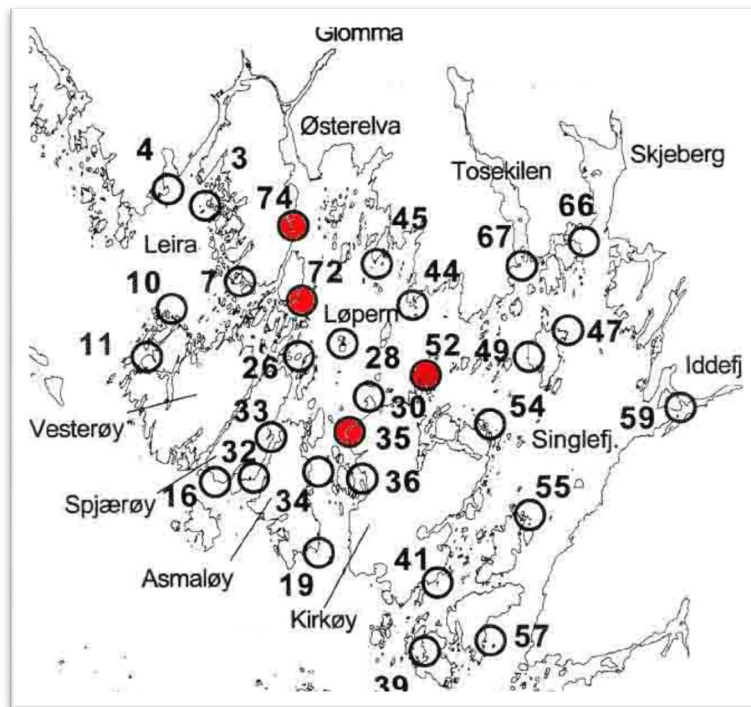
2011: På alle 4 stasjoner ble det registrert færre arter i 2011 enn ved de tidligere undersøkelser. Resultatene tyder totalt sett på en betydelig endring i organismsamfunnene mellom 1992/94 og undersøkelsene utført i perioden 2009-11. Det kan ikke trekkes sikre konklusjoner fra undersøkelsene med hensyn til hva som er årsaken, men det er stor sannsynlighet for at de endringene som er observert skyldes andre forhold enn stopp av rensenanlegget hos Borregaard.

2010: Den dominerende forekomsten av kisel- og blågrønnalger på stasjon 72 og 74 kan tyde på en påvirkning forårsaket av forhøyede tilførsler av næringssalter. Store mengder kiselalger kan hemme veksten av andre alger og kan også gjøre substratet mindre tilgjengelig for andre arter.

**Tabell 13.** Stasjonsnavn og beskrivelse av strandstasjonene.

St.	Stasjonsnavn	Sted	GPS posisjoner (WGS84)		Beskrivelse
35	Alkesten	Kirkøy NV	59.08170	10.98662	Svaberg nord for liten bukt, nord for kabel. NV vendt stasjon
72	Kjøkkø	Løperen	59.13003	10.95178	Holme i SØ ende av Kjøkkø, med sprengstein på toppen. Østvendt st.
74	Nøteskjær	Kråkerøy	59.15807	10.94849	Østvendt svaberg utenfor bukt. Gammelt rør i bukta.
52	V. Damhlm	Kirkøy N	59.10240	11.04525	Liten bukt nord på øya





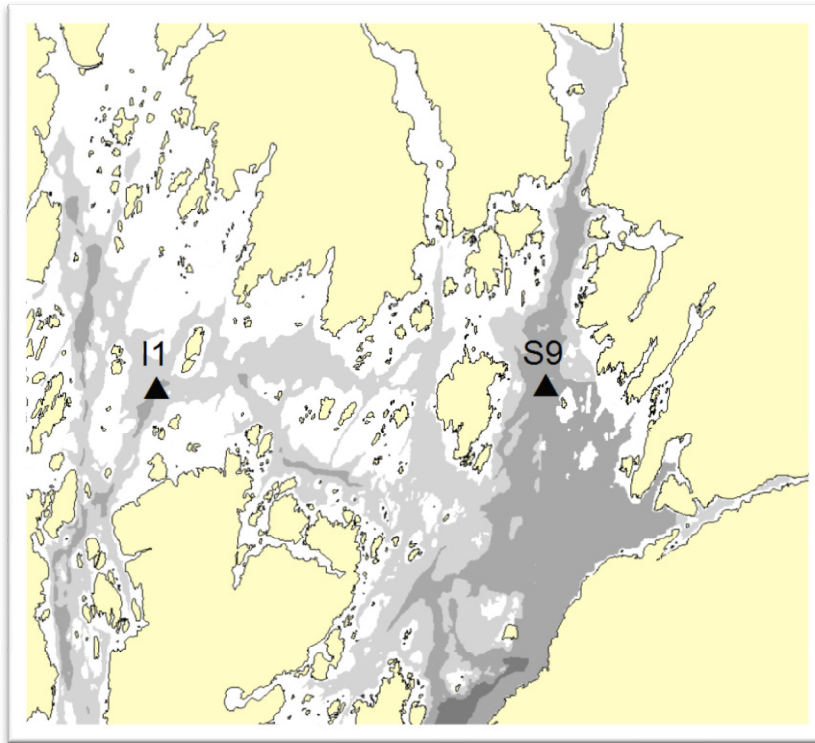
**Figur 15.** Strandsoneundersøkelser ble gjennomført på de fire stasjonene merket med rødt (Stasjon 35, 52, 72 og 74) i september 2011.

#### 4.3.3 Bløtbunn - grabbprøver

NIVA har gjennom flere ulike prosjekter undersøkt tilstanden på bløtbunn i 2 utvalgte dypområder innenfor Hvalerøyene (**Figur 16**). På grunnlag av artslistene og individtall fra sedimentprøver tatt med grabb er det blitt regnet ut indekser for artsmangfold og ømfintlighet for disse to stasjonene. Indeksverdiene regnes ut for hver grabb, og gjennomsnittet av grabbverdiene brukes til å klassifisere den økologiske tilstanden på stasjonen. Følgende parametere ble benyttet:

- Artsmangfold ved indeksene  $H'$  (Shannon diversitetsindeks) og  $ES_{100}$  (Hurlberts diversitetsindeks),
- ømfintlighet ved indeksen ISI (Indicator Species Index) og
- sammensatte indekser NQI1 og NQI2 (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet.

Resultatene fra undersøkelsene er vist i **Tabell 14**. Merk at undersøkelsene fra 2011 er under rapportering og resultatene er derfor ikke endelig kvalitetssikret.



**Figur 16.** Stasjonsplassering for innsamling av bløtbunnsfauna i Hvalerestuaret.

**Tabell 14.** Bløtbunnsfauna - klassifisering av miljøtilstand i hht. 5 ulike indekser. Indeksene er regnet ut for hver grabb, og gjennomsnittsverdien brukes for å klassifisere stasjonene. Blå=Svært god (I), grønn=God (II), gul=Moderat (III) og oransje=Dårlig (IV). De 2 stasjonene som ble undersøkt i 2008 (NFR-prosjekt, ikke publisert) ligger like i nærheten av II.

Stasjon	STA_Navn	År	Dyp	Areal	H	ES100	ISI	NQ11	NQ12
I1	813	1980	51	0,2	2,200421	12,66925	5,639368	0,496816	0,358933
I1	908	1982	50	0,1	3,415459	27,16305	7,683226	0,681086	0,569607
I1	215	1982	63	0,1	2,366792	11,40575	6,112308	0,562428	0,466216
I1	908	1990	45	0,2	3,743372	21,68612	8,598722	0,666869	0,613071
I1	908	1994	48	0,2	4,180523	26,7645	7,976093	0,778204	0,730804
I1	IH45	2008	44	0,4	4,375782	29,05258	7,575158	0,714609	0,683773
I1	IH60	2008	61	0,4	4,556208	28,30761	7,72074	0,70152	0,694595
I1	I1	2011	51	0,3	4,004536	23,11978	7,57616	0,669585	0,637235
S9	917	1980	95	0,2	3,593474	21,52906	9,006625	0,631494	0,547355
S9	917	1990	90	0,2	1,753602	14,68346	8,983846	0,552	0,365019
S9	917	1994	94	0,2	3,534928	21,38552	8,863143	0,659972	0,565136
S9	S9	2011	95	0,3	4,328337	27,89217	8,098919	0,742695	0,705576

Tilstanden for faunaen i de to undersøkte dypområdene i Hvalerestuaret er stort sett blitt tydelig bedre etter 1990 (flere arter, høyere indeksverdier). I 2011 viste samtlige indekser enten God eller Meget god tilstand.



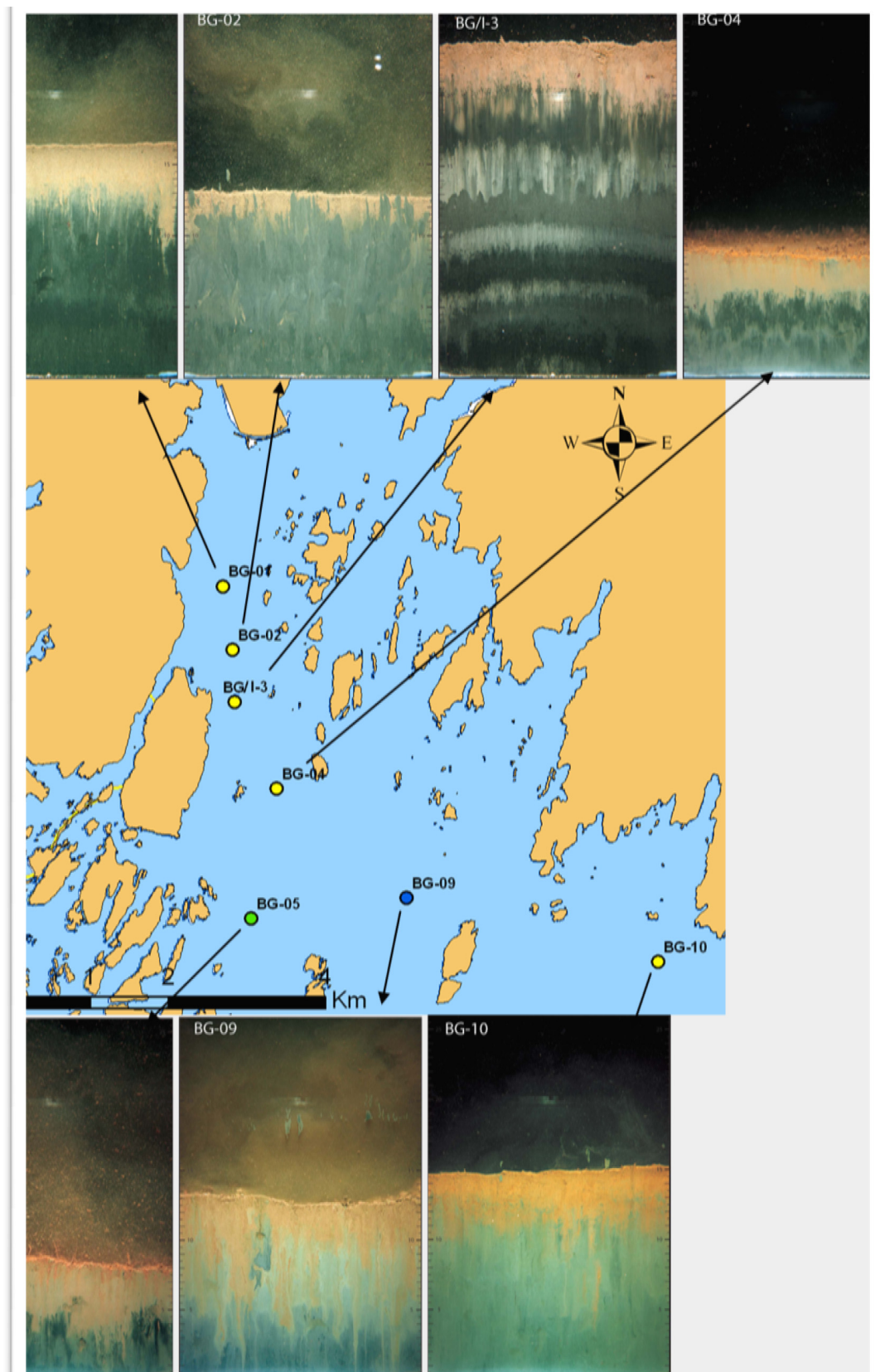
#### 4.3.4 Bløtbunn - sedimentprofilfotografering

Det er siden 2007 gjennomført sedimentprofilfotografering (SPI) i Hvalerestuaret (se Berge et al. 2009 for resultater fra 2007-2009). Siste undersøkelse ble gjort i 2010 (Walday et al. 2011).

Resultatene fra 2010 viste Mindre god tilstand på 5 stasjoner, God tilstand på en stasjon samt Meget god tilstand på en stasjon (se **Tabell 15** og **Figur 17**).

**Tabell 15.** *Sedimentstasjoner (SPI) undersøkt for Borregaard AS i mai 2010. Tilstandsklasse 1 = meget god tilstand, 2 = god tilstand, 3 = mindre god tilstand (Walday et al. 2011).*

Stasjon	Latitude	Longitude	Dyp	Antall bilder analysert	Tilstandsklasse	BHQ-indeks
BG-01	59,159016	10,958217	30	4	3	6,5
BG-02	59,151798	10,961233	40	2	3	6
BG3/l-3	59,145882	10,962283	55	3	3	7
BG-04	59,136234	10,972767	53	4	3	6,75
BG-05	59,121216	10,9689	60,5	4	2	7,75
BG-09	59,124649	11,003183	15	3	1	8,33
BG-10	59,119019	11,0601	34	2	3	6



**Figur 17.** Sedimentprofiler fra 7 stasjoner i Hvalerestualet i 2010. Gul farge indikerer Mindre god tilstand, grønn farge God tilstand, blå farge Meget god tilstand (Walday et al. 2011).

## 5. Samlet vurdering

Metallinnholdet i blæretang er antatt å gi et tilnærmet tidsintegrert bilde av tilgjengeligheten av metaller i vannet der algene vokser (Phillips og Segar, 1986). Det er imidlertid mange prosesser som styrer forekomst og tilgjengelighet av metaller for algene i resipienten. For blæretang antas at opptaket hovedsakelig er via løst metall (Luoma et al. 1982), men en må også forvente at metallholdige partikler legger seg på algene og dermed fører til at partikler også kan ha en viss betydning for den konsentrasjonen som registreres i tangen. Dette betyr at episodisk oppvirling av partikler som ikke har noe med de direkte utslippene å gjøre kan ha en viss betydning. Vi mener likevel at analysene av metaller i tang gir et representativt bilde av metalleksposeringen i overflatevannet i resipienten.

Totaltilførselene av metaller til Glommas munningsområde er betydelige, men domineres av det som tilføres før Sarpsborg og i hovedsak ikke av det som kommer fra industri og kommunale renseanlegg nedstrøms Sarpsborg.

Det var vanskelig å se klare tidstrender når det gjelder tilførselene av metaller oppstrøms Sarpsborg de siste ca. 20 år. Det er likevel en viss tendens til at tilførselene har vært noe mindre de siste 10 år enn i 10-årsperioden før. En slik nedgang ses også nedstrøms Sarpsborg for de totale industriutslippene av Cd, Pb og også for Hg for perioden 2008-2010. Nedgangen er trolig et resultat av de generelle bestrebelsene i samfunnet med å redusere utslipp av forurensing.

Spesielt for metallene Cd, Pb, Zn og Cu utgjorde tilførselene fra KT svært lite i forhold til totaltilførselene til Glommas munningsområde. Tilførselene av Cd og Zn fra KT antyder en viss utslippsreduksjon den siste 10-årsperioden. Tilførselene av Hg fra KT er vanskelig å tolke i perioden før 2004, men har deretter blitt noe redusert. Det ble i 2011 som ved all tidligere år observert lave konsentrasjoner av kvikksølv i blæretang (klasse I. Ubetydelig – lite forurenset) fra alle stasjoner.

Glommas munningsområde og organismene der påvirkes imidlertid av mange faktorer både av antropogen (eksempelvis miljøgifter/metaller, båttrafikk, mudring) og naturlig karakter (eksempelvis: saltholdighet, temperatur og eksponeringsgrad, isskuring, predasjon og konkurranse) og metalltilførselene har en naturlig komponent som i forhold til utslippene fra KT er betydelige for de fleste metaller. Det er derfor ikke overraskende at en i hovedsak og med et mulig unntak for Ti og Fe ikke kan knytte metallnivåene i blæretang til utslippene fra KT.

Analysene av blæretang fra 2011 tyder ikke på noen generell nedgang i metallkonsentrasjonene og en observerer snarere en semistabil situasjon med relativt små endringer fra år til år, men for enkelte metaller også en tydelig økning i 2011. Dette gjaldt spesielt for krom, jern og titan på stasjoner nærmest Glommas munning.

Blæretangen var markert til sterkt forurenset med krom på alle stasjoner og konsentrasjonsnivået representerer en klar økning i forhold til tidligere registreringer. Konsentrasjonsøkningen kan imidlertid ikke knyttes til noen økning i utslippene fra KT som faktisk ble redusert noe i 2011 i forhold til årene 2008-10. Heller ikke totaltransporten av krom via Glomma kan forklare økningen i konsentrasjonen av dette metallet i tangen. Analyser av blåskjell antyder likevel at det har vært en økning av kromeksponeringen i resipienten.

Siden utslippene fra KT for de fleste metaller er relativt små i forhold til den totale transporten av metaller med Glomma har en ikke kunnet knytte de observerte nivåene av metaller i blæretang til utslippene fra KT eller endringer i disse. Et unntak kan imidlertid være jern og titan der en ikke har

data for hva som fraktes totalt via Glomma. Det er også betydelig mengder av jern og titan i utslippene fra KT. Disse har imidlertid ikke økt de senere årene. Likevel antydes en økning i konsentrasjonen av disse metallene i alger i 2011 i forhold til tidligere år uten at en har noen god forklaring på dette. Det høyeste forurensningsnivået i blæretang ble også observert for jern, titan (og krom). Nivåene av jern og titan kan imidlertid pga. metallenes lave giftighet, antas å ha liten miljømessig betydning. Den sterke korrelasjon mellom konsentrasjonen av Ti og Fe tyder på at begge metaller knytter seg til samme type kilde (mest sannsynlig partikler fra KT) og at eksponeringen på hver stasjon, relativt sett, er den samme for begge metaller. Dette ville være tilfelle dersom både jern og titan er knyttet til de samme partiklene.

Vi antar at analyser av metaller i blæretang også i fremtiden vil være et nyttig overvåkningsselement i Glommas munningsområde og særlig i forbindelse med de mudringsarbeidene som planlegges i forbindelse med utdypingen av Røssvikrenna.

## 6. Referanser

- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler-/Kosterområdet. NIVA-rapport nr. 2669 (feilaktig påført rapport nr. 2560), 192s.
- Berge, J.A., Brevik, E.M., Godal, A. og Berglind, L., 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Miljøgifter i organismer. NIVA-rapport nr. 3443, 146s.
- Berge, J.A., 1997. Undersøkelser av miljøgifter i blæretang, blåskjell og torsk fra Hvalerområdet i forbindelse med storflommen i Glomma i 1995. NIVA-rapport nr. 3659, 45s.
- Berge, J.A., Källqvist, T., Romstad, R., Tobiesen, A., 2003. Utslipp fra Borregaard Industries Ltd til Glomma - økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra cellulosefabrikken og innhold av kobber og organiske halogenforbindelser i Glomma og Hvalerområdet. Niva- rapport nr. 4751, 79s.
- Berge, J.A. 2009. Metaller i blæretang fra Glommas munningsområde 2008. NIVA-rapport nr. 5781, 22 s.
- Berge, J.A., Magnusson, J., Tjomsland, T., 2008. Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS – 2007. NIVA-rapport nr. 5519, 42s.
- Berge, J.A., Walday, M., Nilsson, H.C., Gitmark, J., 2009. Overvåking av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg. NIVA-rapport nr. 5892, 45s.
- Green, N., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å., Tveiten, L., 2011. Hazardous substances in fjords and coastal waters - 2010. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. NIVA-rapport 6239 (TA2862/2011), 252s.
- Källqvist, T., Berge, J.A. (2004). Økotoksikologisk undersøkelse av avløpsvann fra Kronos Titan AS samt analyse av metaller i tang fra Glommas munningsområde og Hvaler. NIVA rapport nr. 4840, 25s
- Luoma, S.N., Bryan, G.W. og Langstone, W. J., 1982. Scavenging of heavy metals from particulates by brown seaweed. *Mar. Pollut. Bull.* 13, 394-296.
- Phillips, D.J. og Segar, A.D., 1986. Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: Program Design Imperatives. *Mar. Pollut. Bull.*, 17, 10-17.
- Walday, Mats, Gitmark, Janne, Naustvoll, Lars (HI), Norling, Karl, Selvik, John Rune, Sørensen Kai. 2011. Overvåking av Ytre Oslofjord 2010. Årsrapport. NIVA-rapport 6184-2011. 77s.
- Walday, M., Gitmark, J., Norling, K., 2011. Overvåking av Ytre Oslofjord – Bentosundersøkelser 2010. Fagrapport. NIVA-rapport 6120. 64 s.



## **7. Vedlegg 1: Analyserapport**

NIVA

Gaustadalleen 21

0349 OSLO

Attn: Karin Lang-Ree

**AR-11-MM-018955-01**

**EUNOMO-00043216**

Prøvemottak: 03.11.2011

Temperatur:

Analyseperiode: 07.11.2011-28.11.2011

Referanse: O 11377 JAB

(Blæretang)

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: <b>439-2011-11030208</b>	Prøvetakingsdato: 28.09.2011
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: 2230-1 Kråkerøy	Analysestartdato: 07.11.2011
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>	
Kadmium (Cd)	0.24 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/3 0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>	
Krom (Cr)	1.4 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>	
Jern (Fe)	200 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.1
* Kobber (Cu)	1.9 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/4 0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>	
Lead	0.26 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/3 0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>	
Titan (Ti)	6.2 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5
a) Tørrstoff	12.5 % §64 LFGB L 06.00-3, 0.5 mod.
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>	
Vanadium (V)	<0.5 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>	
Sink (Zn)	31 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5

**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).





Prøvenr.:	<b>439-2011-11030209</b>	Prøvetakingsdato:	28.09.2011		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	2230-2 Rognholmen	Analysestartdato:	07.11.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	1.6	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	190	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.6	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.22	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	4.1	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	13.6	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	<0.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	37	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.: <b>439-2011-11030210</b>	Prøvetakingsdato: 27.09.2011				
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: 2230-3 Belgen	Analysestartdato: 07.11.2011				
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.21	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	3.8	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	640	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.9	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	0.006	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (ICP-OES, food)</b>					
Lead	<0.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	23	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	15.2	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	1.4	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	25	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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).



Prøvenr.: <b>439-2011-11030211</b>	Prøvetakingsdato: 27.09.2011				
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerking: 2230-4 Kjøkkø	Analysestartdato: 07.11.2011				
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	1.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	170	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.14	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	4.1	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	15.3	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	<0.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	31	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.: <b>439-2011-11030212</b>	Prøvetakingsdato: 27.09.2011				
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerking: 2230-5 Fugleskjær	Analysestartdato: 07.11.2011				
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	1.8	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	380	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.8	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.29	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	11	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	15.6	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	0.8	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	31	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.: <b>439-2011-11030213</b>	Prøvetakingsdato: 27.09.2011				
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerking: 2230-6 N-Asmalø	Analysestartdato: 07.11.2011				
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.29	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	2.1	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	370	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.9	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.29	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	11	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	15.0	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	0.9	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	33	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.:	<b>439-2011-11030214</b>	Prøvetakingsdato:	10.09.2011		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	2230-7 Flatskjærene	Analysestartdato:	07.11.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	3.6	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	120	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	2.2	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.09	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	2.9	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	16.7	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	<0.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	15	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.:	<b>439-2011-11030215</b>	Prøvetakingsdato:	27.09.2011		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	2230-8 Singløykcalven	Analysestartdato:	07.11.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.26	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	1.2	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	280	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kobber (Cu)	1.3	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.22	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	8.2	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	16.5	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	0.6	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	25	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**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 :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).



Prøvenr.: <b>439-2011-11030216</b>	Prøvetakingsdato: 27.09.2011
Prøvetype: Biologisk materiale	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerking: 2230-9 Kvernskjær	Analysestartdato: 07.11.2011
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b> Kadmium (Cd)	0.2 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/3 0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b> Krom (Cr)	2.7 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b> Jern (Fe)	80 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.1
* Kobber (Cu)	0.9 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/4 0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b> Lead	0.06 mg/kg §64 LFGB L00.00-19/3 0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b> Titan (Ti)	1.6 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5
a) Tørrstoff	14.2 % §64 LFGB L 06.00-3, 0.5 mod.
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b> Vanadium (V)	<0.5 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b> Sink (Zn)	20 mg/kg EN ISO 11885, mod. 0.5

**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 :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).





Prøvenr.:	<b>439-2011-11030217</b>	Prøvetakingsdato:	27.09.2011		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	2230-10 Tisler	Analysestartdato:	07.11.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* <b>Cadmium (AAS-graphite, food)</b>					
Kadmium (Cd)	0.2	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.01
* <b>Chromium (ICP-OES, food)</b>					
Krom (Cr)	2	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.2
* <b>Iron (ICP-OES, food)</b>					
Jern (Fe)	45	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kopper (Cu)	0.7	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.1
* Kvikksølv (Hg)	<0.005	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/4	0.005
* <b>Lead (AAS-graphite, food)</b>					
Lead	0.08	mg/kg		§64 LFGB L00.00-19/3	0.05
* <b>Titanium (ICP-OES, food)</b>					
Titan (Ti)	0.7	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
a) Tørrstoff	17.2	%		§64 LFGB L 06.00-3, mod.	0.5
* <b>Vanadium (ICP-OES, food)</b>					
Vanadium (V)	<0.5	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5
* <b>Zinc (ICP-OES, food)</b>					
Sink (Zn)	13	mg/kg		EN ISO 11885, mod.	0.5

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14251-01-00 - Eurofins Analytik GmbH, Wiertz-Eggert-Jörissen

**Kopi til:**

Bente Lauritzen (bente.lauritzen@niva.no)

**Moss 28.11.2011**


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).

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)