

FMC BioPolymer, Haugesund. Undersøkelse av metaller i sedimenter og blåskjell i 2009.



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
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

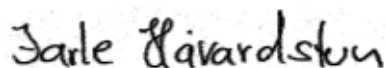
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel FMC BioPolymer, Haugesund. Undersøkelse av metaller i sedimenter og blåskjell i 2009.	Løpenr. (for bestilling) 5906-2010	Dato 09/02/10
	Prosjektnr. Udemnr. O-29413	Sider Pris 19
Forfatter(e) Jarle Håvardstun	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) FMC BioPolymer, Haugesund. Vormedalsveien 301, 5545 Vormedal, Norway	Oppdragsreferanse Joseph Lala Tore Førland
--	--

<p>Sammendrag</p> <p>Det var generelt lavt metallinnhold i sedimentene. Resultatet for sedimentene fra Vormedalsbukta viser at totalkonsentrasjonene av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr), ligger under grenseverdiene for en Trinn 1 risikovurdering. Det vil si at sedimentene ikke utgjør noen risiko for økologisk skade på bunndyrsamfunn. Analysene av organisk og uorganiske arsenforbindelser viste også lave konsentrasjoner.</p> <p>Metallinnholdet i blåskjell ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-Lite forurenset" for metallene kadmium (Cd) og krom (Cr). Innholdet av arsen er noe høyere, og blir klassifisert til "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset" for to av stasjonene, og til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset" på en stasjon. Det generelle strømbildet i Karmsundet tilsier at man ikke kan knytte den forhøyede verdien av arsen direkte til påvirkning fra bedriften.</p>
--


<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Sedimenter Blåskjell Metaller Uorganisk arsen 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Sediments Blue mussels Metals Inorganic arsenic
---	---



Jarle Håvardstun
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

O-29413

FMC BioPolymer, Haugesund.

Undersøkelse av metaller i sedimenter og blåskjell i
2009

Forord

Denne rapporten er laget på oppdrag fra FMC BioPolymer, Haugesund. Kontaktpersoner ved bedriften har vært Joseph Lala og Tore Førland.

Feltarbeid og prøvetaking ble gjennomført av Jarle Håvardstun fra NIVA. Sedimentene ble prøvetatt fra båten "Risøygutt" med Erik Bakkevig som skipper. Erik Bakkevig bistod også ved innsamlingen av blåskjell og takkes for innsatsen.

Jarle Håvardstun har skrevet rapporten som er kvalitetssikret av Kristoffer Næs.

Grimstad, 09/02/10

Jarle Håvardstun

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	8
2. Materiale og metoder	9
2.1 Innsamling	9
2.2 Analyser	10
2.2.1 Sedimenter	10
2.2.2 Blåskjell	11
3. Resultater	12
3.1 Sedimenter	12
3.2 Blåskjell	14
4. Konklusjoner	17
4.1 Sedimenter	17
4.2 Blåskjell	17
4.2.1 Oppfølging av metallinnhold i blåskjell	18
5. Referanser	19
Vedlegg 1. Analyseresultater og metodebeskrivelser	20

Sammendrag

FMC BioPolymer, Haugesund engasjerte NIVA til å undersøke innholdet av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr) i overflatesedimenter og blåskjell fra sjøresipienten utenfor bedriftens område på Vormedal ved Haugesund. Bukten utenfor bedriftsområdet blir tilført tærester fra produksjonsprosessene ved produksjon av alginat. Prøvetakingen av sedimenter og innsamling av blåskjell ble gjennomført 24. november 2009.

Sedimenter

Sedimentene ble analysert for totalverdi av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr). For arsen ble det også bestemt innholdet av de uorganiske arsenforbindelsene, treverdig arsen, As(III), femverdig arsen, As(V) og de organiske formene, Dimethylarsic acid (DMA) og Monomethylarsenic acid (MMA).

Det var generelt lavt metallinnhold i sedimentene. Sedimentene er klassifisert etter Klima og forurensningsdirektoratets (Klifs) veileder "Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter". Resultatene viser at for arsen (As) er alle stasjoner i "Tilstandsklasse I, Bakgrunn", unntatt en stasjon som blir klassifisert til "Tilstandsklasse II, God". For kadmium (Cd) blir alle stasjoner klassifisert til "Tilstandsklasse II, God" og for krom (Cr) blir alle stasjoner klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn".

Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) har også utarbeidet en Risikoveileder som benyttes for å bedømme risiko fra sedimentene på basis av kvantitativ analyse av miljøgiftinnhold og toksisitet. Den benyttes fortrinnsvis i forbindelse med beslutning om miljøtiltak i sedimentene i fjord- og kystområder, inkludert havner. Trinn 1 i denne veilederen er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Resultatet for sedimentene fra Vormedalsbukta viser at totalkonsentrasjonene av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr), ligger under grenseverdiene for en Trinn 1 risikovurdering. Det vil si at sedimentene ikke utgjør noen risiko for økologisk skade på bunndyrsamfunn.

Innholdet av uorganisk arsen, As(III) og As(V) var også lavt. As(V) var hovedkomponenten ettersom det kun var på en stasjon det ble målt As(III) over deteksjonsgrensen på 0,01mg/kg. For den organiske arsenforbindelsen Monomethylarsenic acid (MMA) var alle analysene under deteksjonsgrensen på 0,02mg/kg. For Dimethylarsic acid (DMA) ble det på to stasjoner funnet konsentrasjoner noe over deteksjonsgrensen. Bidraget fra disse organiske forbindelsene til totalkonsentrasjonen av arsen (As) er derfor også lite.

NIVA gjennomførte i 2008 en sedimentundersøkelse i Karmsundet på oppdrag fra Hydro Aluminium Karmøy. Sammenlignet med denne undersøkelsen var konsentrasjonene av metaller i sedimentene fra Vormedalsbukta tilsvarende, men noe høyere.

Blåskjell

Blåskjellene ble analysert for tørrstoff og totalinnhold av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr). Resultatene er klassifisert etter Klifs veileder "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann". Innholdet av kadmium (Cd) og krom (Cr) var lavt på alle stasjonene og blir klassifisert til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-Lite forurenset". Innholdet av arsen er noe høyere, og blir klassifisert til "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset" for to av stasjonene, og til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset" på en stasjon. Det generelle strømbildet i Karmsundet tilsier at man ikke kan knytte denne verdien direkte til påvirkning fra bedriften. Metallinnholdet i skjellene var på samme nivå som i en

undersøkelse utført av Rogalandforskning i 2003. For å følge opp metallinnhold i blåskjell er det foreslått å ta ut prøver på 4 tidspunkt fordelt over ett år.

Summary

Title: FMC BioPolymer Haugesund. Investigations of metals in sediments and blue mussels in 2009.

Year: 2010

Author: Jarle Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5641-3

FMC BioPolymer, Haugesund has initiated investigations of metal levels in sediments and blue mussels (*Mytilus edulis*) in the bay outside the production plant at Vormedal in Haugesund. The sediments are affected by discharges of kelp fragments from the production plant, resulting in high organic content.

Sediments

The chemical analyses included total values of arsenic (As), and inorganic forms As(III) and As(V) and the organic forms Monomethylarsenic acid (MMA) and Dimethylarsic acid (DMA). Chromium (Cr), was analysed for total and Cr(VI). Cadmium (Cd) was analysed for total amount.

Generally there were low concentrations of metals in the sediments. The sediments were classified for total metal concentrations of As, Cd and Cr according to the guidelines from The Norwegian Climate and Pollution Agency, (Klifs) guidelines. The sediment quality status is based on measured concentrations and classified to "Class-II, Good" or "Class-I, Background" levels for these metals.

The Norwegian Climate and Pollution Agency (Klif) also has guidelines for performing Risk assessment analyses for polluted sediments. The result from the Tier 1 Risk assessment conducted for the sediments from Vormedal, showed that the metal concentrations were below the "acceptable limit" and the sediments are not regarded to constitute a risk regarding ecological damage to bottom fauna.

The analyses of inorganic forms of arsenic As(III), As(V) and the organic forms MMA and DMA all showed low concentrations. For Chromium Cr(VI), all stations had lower concentrations than the detection limit for the analytical method.

Compared with the results from an investigation of metal content in sediments in Karmsundet in 2008 (Næs m.fl. 2009) the concentrations of metals at Vormedal were higher than at two stations north and south of Vormedal.

Blue mussels

The total amount of the metals arsenic (As), chromium (Cr) and cadmium (Cd) were analysed in blue mussels from three stations near the plant at Vormedal. The metal content has been classified using the environmental quality guidelines from Klif Molvær m.fl.1997).

The blue mussels were classified to "Class I-insignificantly polluted" for cadmium (Cd) and chromium (Cr). For arsenic (As) the mussels were classified to "Class II-moderately polluted" and to "Class III-markedly polluted" for one station. These results are compared with an investigation conducted in 2003 by Rogalandsforskning. The metal content in the mussels from Vormedal are at the same levels as found in this investigation. Due to variability in metal content during the four seasons we suggest that a new surveillance of blue mussels during one year is conducted.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Bedriften FMC BioPolymer ble etablert på Vormedal i 1959, og den produserer alginat med brun stortare som råstoff. Sjøresipienten utenfor bedriftsområdet blir tilført tarerester og prosessvann etter produksjonen av alginat.

NIVA har på oppdrag fra FMC BioPolymer utført undersøkelser av innholdet av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr) i sedimenter og blåskjell i sjøen utenfor bedriftens område på Vormedal ved Haugesund. Det finnes to hovedformer for arsen, organisk og uorganisk arsen. Vanligvis analyseres bare totalinnholdet av arsen. Sedimentene i denne undersøkelsen ble også analysert for uorganisk arsen, treverdige arsen, As(III), femverdige arsen, As(V) og de organiske formene, Dimethylarsic acid (DMA) og Monomethylarsenic acid (MMA), i tillegg til totalverdien. Det er først og fremst de uorganiske formene av arsen som har vist seg å kunne være helseskadelige. Det ble også analysert på seksverdige krom, Cr(VI) i tillegg til totalinnholdet av krom på sedimentprøvene. I miljøet kan enkelte kromforbindelser, spesielt forbindelser som inneholder Cr(VI) være giftige for vannlevende organismer. For kadmium (Cd) ble det bare analysert på totalinnhold. Blåskjellprøvene ble analysert for totalinnholdet av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr).

Til å vurdere sedimentresultatene er blant annet Klifs risikoveileder for forurenset sediment (Bakke mfl. 2007a) benyttet.

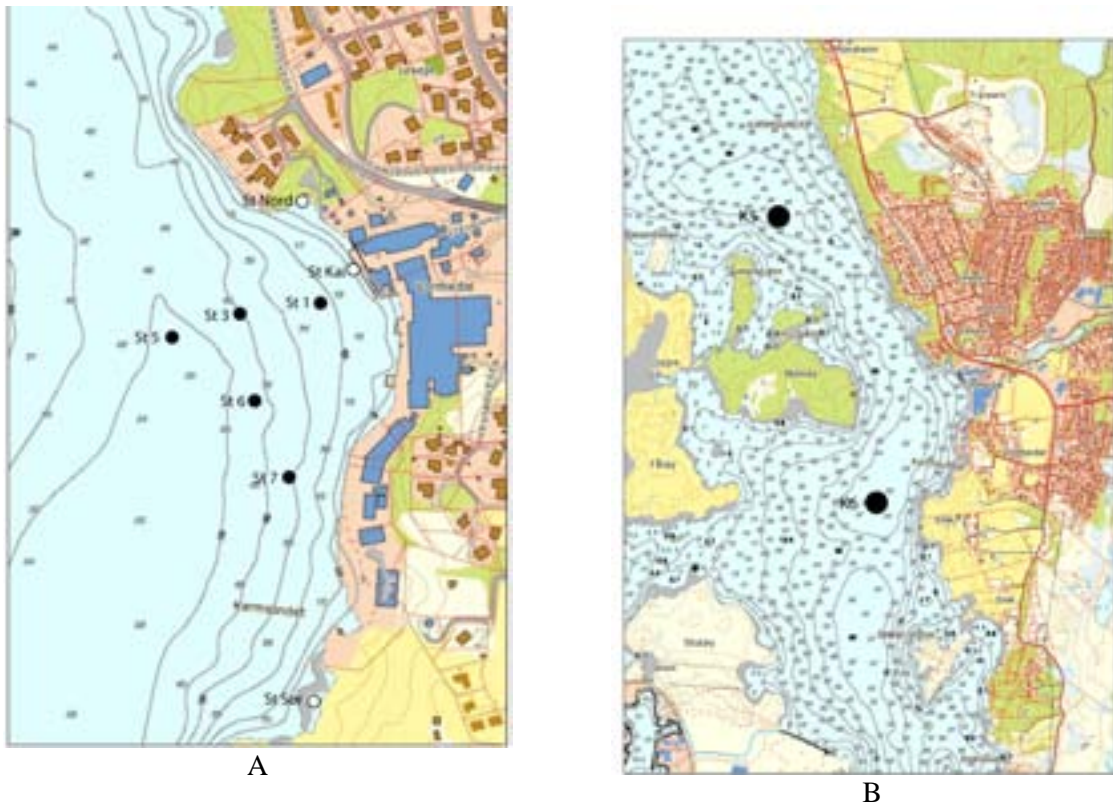
2. Materiale og metoder

2.1 Innsamling

Sedimenter og blåskjell ble innsamlet 24. november 2009. Det ble prøvetatt 7 sedimentstasjoner med en 0,1m² van-Veen bunngrabb. 5 stasjoner ble siden valgt ut for analyser. Fra hver av stasjonene ble det tatt 4 parallelle grabber. Det ble tatt ut en delprøve fra overflatelaget på ca 0-5 cm fra hver av grabbene, slik at materialet fra hver stasjon består av en representativ blandprøve.

Tre blåskjellstasjoner ble innsamlet ved å snorkle langs land ved bedriftens område. Det var generelt lite blåskjell, men det ble funnet nok materiale til å gjennomføre analysene. Hver av de tre blåskjellprøvene består av en blandprøve av 10-15 individer.

Kart med oversikt over prøvetakingsstasjonene er gitt i **Figur 1**. Tabell med koordinater, vanddyb og en visuell beskrivelse av sedimentet er vist i **Tabell 1**.



Figur 1. A. Kart over sedimentstasjoner (svarte sirkler) og blåskjellstasjoner (hvite sirkler) i denne undersøkelsen (2009). B. Kart over stasjonsplassering av sedimentstasjoner fra 2008 (Næs mfl. 2009).

Tabell 1. Stasjonsnavn, posisjon, vanddyb og beskrivelse av sedimentprøvene fra Vormedalsbukta.

Stasjon	Lengde	Bredde	Vanddyb	Beskrivelse
St 1	59,35428	5,31671	20m	Mye tarerester og lukt av råtnende organisk materiale. Noen levende børstemark observert.
St 3	59,35412	5,31495	40m	Som stasjon 1, men ett mørkere lag av mer nedbrutt materiale under tarerestene.
St 5	59,35360	5,31346	53m	2-3cm topplag med tarerester. Sandig sediment under taren.
St 6	59,35347	5,31615	32m	Ca. 3cm topplag med tarerester. H ₂ S-lukt av overflaten. Sandig sediment med noe grus under tarerestene.
St 7	59,35273	5,31652	31m	Ca. 3-4cm med tarerester på toppen. Sandig grått sediment under.

2.2 Analyser

Alle analysene er utført av ALS Scandinavia. Fullstendig analyserapport er gitt i vedlegg 1.

2.2.1 Sedimenter

Sedimentprøvene ble analysert for innholdet av totalt organisk karbon (TOC), tørrstoff og finfraksjon (andel partikler <63µm). Følgende metallanalyser ble gjennomført; totalinnhold av arsen (As) i tillegg til analyser av uorganisk arsen (As(V), As(III)) og de organiske formene, Dimethylarsic acid (DMA) og Monomethylarsenic acid (MMA). Totalinnhold av krom (Cr) og Cr(VI), og totalinnhold av kadmium (Cd).

For totalinnholdet av metaller er resultatene klassifisert etter Klifs veileder ”Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter” (Bakke mfl. 2007b). I denne reviderte veilederen er klassifiseringssystemet endret fra å være ett system basert på overkonsentrasjoner i forhold til ett bakgrunnsnivå til å være ett system basert på biologiske effekter. Klassegrensene fra ”Tilstandsklasse I, Bakgrunn” til ”Tilstandsklasse V, Svært dårlig” representerer en forventet økende grad av skade på organismsamfunn.

Ett utdrag av klassifiseringssystemet med hensyn på metaller som er analysert i denne undersøkelsen, er gitt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Utdrag fra Klifs klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller i sedimenter (Bakke mfl. 2007b).

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000

2.2.2 Blåskjell

Blåskjellene ble analysert for tørrstoff og totalinnhold av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr).

Resultatene er klassifisert etter Klifs veileder "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (Molvær mfl. 1997). Ett utdrag av klassifiseringssystemet med hensyn på metaller som er analysert i denne undersøkelsen er gitt i **Tabell 3**.

Tabell 3. Utdrag fra Klifs klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller i blåskjell (Molvær mfl. 1997).

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig - lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Blåskjell	Arsen (mg As/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
bløtdeler minus	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
lukkemuskler (tørrvektbasis)	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-3	30-60	>60
(tørrvekt)						

3. Resultater

3.1 Sedimenter

Analyseresultatene for sedimentene fra denne undersøkelsen er vist i **Tabell 4**, den inneholder også metallresultatene fra 2 sedimentstasjoner i Karmsundet prøvetatt i 2008 (Næs mfl. 2009). Gjennomsnittet av metallinnholdet på disse to stasjonene er sammenlignet med gjennomsnittlig metallinnhold i sedimentene fra Vormedalsbukta.

Tabell 4. Analyseresultater for sedimenter fra Vormedalsbukta fra 2009 og sedimenter fra st. K5 (nord for Vormedalsbukta) og st. K6 (sør for Vormedalsbukta) prøvetatt i 2008 (Næs mfl. 2009).

	St. 1	St. 3	St. 5	St. 6	St. 7	Gj.snitt Vormedal	St. K5	St. K6	Gj.snitt K5+K6
Finfraksjon <63 µm (%)	38,5	82,1	19,2	49,2	20,7		6	11	
Tørrstoff (%)	18,1	12,1	33	30,1	43,1		59,5	54,8	
TOC (%TS)									
(totalt organisk karbon)	13,8	19	3,31	12,8	4,42		12,7	51	
Kadmium (Cd) mg/kg TS	0,661	1,13	0,779	1,16	0,54	0,85	0,3	0,6	0,45
Krom (Cr) mg/kg TS	3,64	5,23	13,8	22,7	9,46	10,97	7,02	9,47	8,25
Cr(VI) mg/kg TS	<0.060	<0.062	<0.060	<0.060	<0.060				
Arsen (As) mg/kg TS	18,5	23,6	11,7	17,1	16,4	17,46	10,7	10,5	10,60
As(III) mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,144				
As(V) mg/kg	<0.04	0,078	0,125	0,229	0,325				
Dimethylarsenic acid (DMA) mg/kg	0,018	<0.01	<0.01	0,015	<0.01				
Monomethylarsenic acid (MMA) mg/kg	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02				

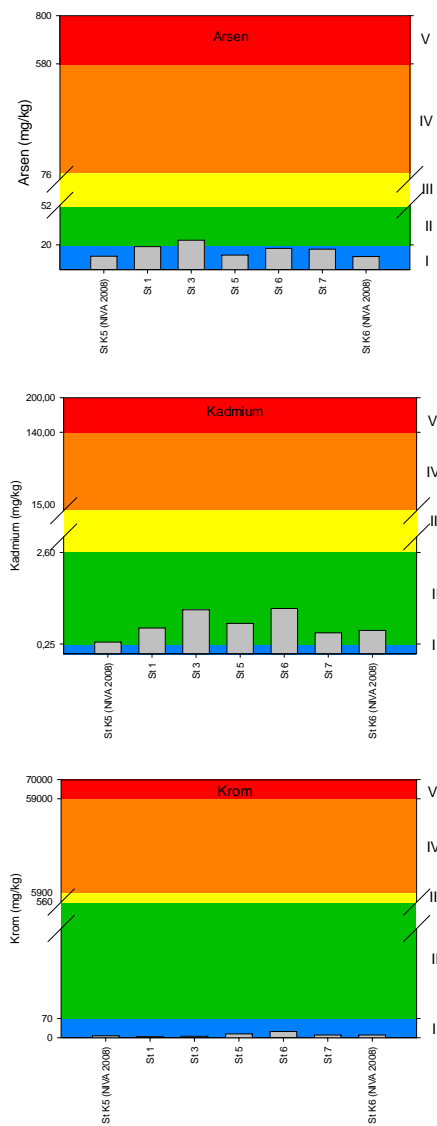
Resultatene viser at stasjonene 5 og 7 skiller seg ut ved å ha den laveste andelen av finkornet materiale og lavere innhold av totalt organisk karbon.

Generelt er det lave konsentrasjoner av metaller i sedimentene. Totalinnholdet av arsen er lavt, det varierer noe mellom stasjonene og er høyest på st. 3 og lavest på st. 5. Innholdet av uorganisk arsen gitt som summen av As(III) og As(V) er lavt og utgjør maks 2,9 % av totalinnholdet av arsen på stasjon 7, som er stasjonen med det høyeste innholdet av uorganisk arsen. Innholdet av den organiske arsenforbindelsen Dimethylarsenic acid (DMA) er også lavt og bare så vidt over deteksjonsgrensen på 0,01 mg/kg på stasjon 1 og 6. For Monomethylarsenic acid (MMA) ligger innholdet under deteksjonsgrensene for analysen på 0,02 mg/kg for alle stasjonene.

Totalnivået av krom (Cr) er lavt, men varierer noe mellom stasjonene. Høyest innhold har st. 6, og st. 3 har det laveste innholdet av krom. Konsentrasjonen av Cr(VI) ligger under deteksjonsgrensen på 0,060 mg/kg for alle stasjonene, og bidrar derfor lite til totalverdien av krom. Innholdet av kadmium er også lavt i sedimentene fra Vormedalsbukta st. 6 har det laveste kadmiuminnholdet og st. 7 det høyeste.

Resultatene i **Tabell 4** viser også at selv om nivåene av metallinnhold er lave, er det gjennomsnittlige metallinnholdet i sedimentene fra Vormedalsbukta høyere enn i sedimentene på de to stasjonene K5 og K6 nord og sør for Vormedalsbukta.

Totalinnholdet av metaller klassifisert etter Klifs kriterier er vist i **Figur 2**. Den inneholder også resultater fra stasjonene K5 og K6 som ligger henholdsvis nord og sør for Vormedalsbukta. Disse stasjonene ble prøvetatt i 2008 (Næs mfl. 2009).



Figur 2. Innholdet av arsen, kadmium og krom i overflatesedimentene (0-5cm) i Vormedalsbukta i 2009. I tillegg vises resultatene fra stasjon K5 og K6 nord og sør for Vormedalsbukta prøvetatt i 2008 (Næs m.fl. 2009). Romertall og fargekode tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Resultatene viser at for arsen (As) er alle stasjoner i ”Tilstandsklasse I, Bakgrunn”, unntatt st. 3 som blir klassifisert til ”Tilstandsklasse II, God”. For kadmium (Cd) blir alle stasjoner klassifisert til ”Tilstandsklasse II, God” og for krom (Cr) blir alle stasjoner klassifisert til ”Tilstandsklasse I, Bakgrunn”.

Resultatene i **Figur 2** viser også at selv om det gjennomsnittlige metallinnholdet i sedimentene fra Vormedalsbukta var noe høyere enn i sedimentene på stasjonene K5 og K6 nord og sør for Vormedalsbukta, medfører ikke denne forskjellen at sedimentene blir klassifisert til en høyere tilstandsklasse enn disse stasjonene.

Klif har utarbeidet en Risikoveileder (Bakke mfl. 2007a) som benyttes for å bedømme risiko fra sedimentene på basis av kvantitativ analyse av miljøgiftinnhold og toksisitet. Den benyttes fortrinnsvis i forbindelse med beslutning om miljøtiltak i sedimentene i fjord- og kystområder, inkludert havner. Risikovurderingen gjøres trinnvis og kan bestå av 3 trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene.

Trinn 1 i denne veilederen er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Trinn 1 omhandler kun risiko for økologiske effekter, ikke risiko for human helse. Metallresultatene fra Vormedalsbukta er vurdert ved å benytte denne veilederen.

Resultatet av å benytte Klifs Risikoveileder på metallinnholdet av miljøgifter i sedimentene fra Vormedalsbukta er vist i **Tabell 5**. Grenseverdiene for akseptabel økologisk risiko i Trinn 1 tilsvarer med få unntak grensen mellom tilstandsklassene "II, God" og "III, Moderat". Tabellen viser med hvor mange prosent grenseverdien overskrides for både gjennomsnitts- og maksimumsverdier for prøvene. Negative verdier viser hvor mange % under grenseverdien konsentrasjonen av ett stoff er.

Tabell 5. Målt sedimentkonsentrasjon i Vormedalsbukta sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier. Negative verdier viser hvor mange prosent under grenseverdien målt sedimentkonsentrasjon er.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	5	23,6	17,46	52	-55 %	-66 %
Kadmium	5	1,16	0,854	2,6	-55 %	-67 %
Krom totalt (III + VI)	5	22,7	10,966	560	-96 %	-98 %

Resultatene i **Tabell 5** viser at totalkonsentrasjonene av metallene arsen, kadmium og krom i Vormedalsbukta ligger godt under grenseverdiene for en Trinn 1 risikovurdering både for maksimalverdiene og for gjennomsnittsverdiene av metallinnhold i sedimentene.

3.2 Blåskjell

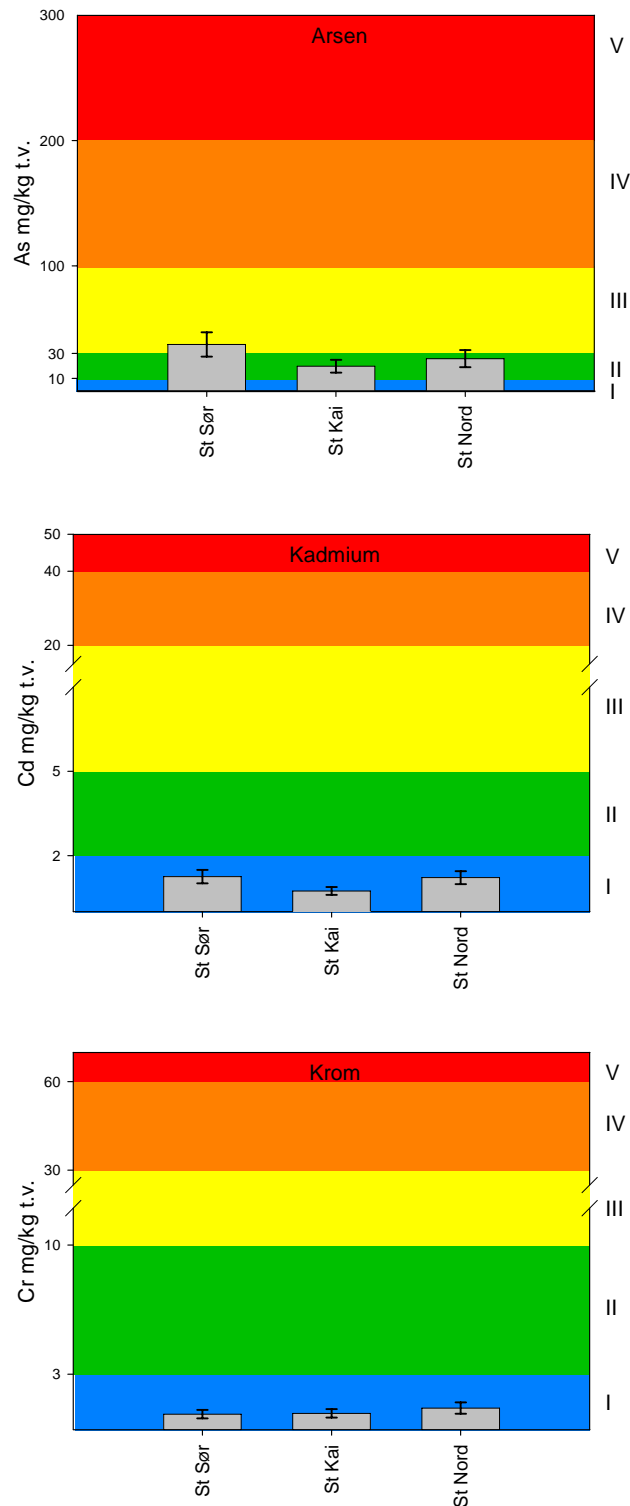
Analyseresultatene for metaller i blåskjell er vist i **Tabell 6**.

Tabell 6. Analyseresultater for blåskjell fra Vormedalsbukta.

	enhet	St. Sør	St. Kai	St. Nord
Tørrestoff	%	20,3	18,6	19,7
Arsen (As)	mg/kg TS	37,2	19,8	25,9
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	1,25	0,735	1,21
Krom (Cr)	mg/kg TS	0,833	0,874	1,16

Resultatene viser ett tørrestoffinnhold på 18-20% på de tre stasjonene. Metallverdiene for kadmium og krom er lave. For arsen er det en noe forhøyet verdi på st. Sør. Metallinnholdet i blåskjell klassifisert etter Klifs kriterier er vist i

Figur 3.



Figur 3. Innholdet av arsen, kadmium og krom i blåskjell fra Vormedalsbukta. Romertall og fargekode tilsvarer Klifs tilstandsklasser. På søylene er det angitt analyseusikkerhet med 95% konfidensintervall, etter oppgave fra laboratoriet (vedlegg 1).

Innholdet av kadmium og krom er lavt på alle stasjonene og blir klassifisert til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-Lite forurenset". Innholdet av arsen er høyere, og blir klassifisert til "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset" for stasjonene Kai og Nord, og til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset" på stasjon Sør.

4. Konklusjoner

4.1 Sedimenter

Overflatelaget på alle sedimentstasjonene var visuelt påvirket av tarerester. Innholdet av TOC (totalt organisk karbon) var derfor høyt. Dette kan påvirke bunndyrsamfunnene og det er tidligere gjort undersøkelser som viser betydningen av denne påvirkningen på artsdiversitet og produksjon av ulike bunndyr (Molvær mfl. 2006). Det er også gjort en undersøkelse av i hvilken grad tarerestene fra FMC blir benyttet i næringskjeden (Norderhaug mfl. 2006).

Totalinnholdet av arsen (As) var lavt og ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" og "Tilstandsklasse II, God". Innholdet av uorganisk arsen, As(III) og As(V) var også lavt og utgjorde maksimalt 2,9 % av totalinnholdet av arsen i prøvene. Det var As(V) som var hovedkomponenten ettersom det kun var på st. 6 det ble målt As(III) over deteksjonsgrensen på 0,01 mg/kg. For den organiske arsenforbindelsen Monomethylarsenic acid (MMA) var alle analysene under deteksjonsgrensen på 0,02 mg/kg. For Dimethylarsic acid (DMA) ble det på st. 1 og 6 funnet konsentrasjoner noe over deteksjonsgrensen. Bidraget fra disse organiske forbindelsene til totalkonsentrasjonen av arsen er derfor lite.

Totalinnholdet av krom (Cr) ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" på alle stasjonene. Innholdet av Cr(VI) var under deteksjonsgrensen på 0,060 mg/kg for alle stasjoner og bidrar derfor ubetydelig til totalkonsentrasjonen av krom. For kadmium (Cd), ble det bare analysert på totalinnholdet og alle stasjoner ble klassifisert til "Tilstandsklasse II, Bakgrunn".

Vurdert ut i fra Klifs risikoveileder for forurensede sedimenter Trinn 1, utgjør ikke totalinnholdet av metallene arsen (As), kadmium (Cd) og krom (Cr) noen risiko med hensyn på økologisk skade på bunndyrsamfunnene. Denne sier imidlertid ikke noe om risiko for skade på human helse, men det vil sannsynligvis være liten risiko også for slik skade med de lave konsentrasjonene som ble påvist.

NIVA gjennomførte i 2008 en sedimentundersøkelse i Karmsundet på oppdrag fra Hydro Aluminium Karmøy, (Næs mfl. 2009). Resultatene fra to av disse stasjonene som ligger nærmest FMC Biopolymer er gjengitt i denne rapporten og sammenlignet med resultatene fra Vormedalsbukta. Sammenligningen viser at konsentrasjonene av metaller på stasjonene i Vormedalsbukta med metallinnholdet på stasjon K6 som ligger sør for Vormedalsbukta og stasjon K5 plassert nord for Vormedalsbukta ble klassifisert til samme tilstandsklasse som sedimentene i Vormedalsbukta. Gjennomsnittlig metallinnhold var imidlertid noe høyere i sedimentene fra Vormedalsbukta enn på de to stasjonene K5 og K6 nord og sør for Vormedalsbukta.

4.2 Blåskjell

Det var lave verdier av metallene kadmium (Cd) og krom (Cr) i blåskjellene på de tre undersøkte stasjonene, og de ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-Lite forurenset". Innholdet av arsen (As) var imidlertid noe høyere og her ble skjellene på stasjon Sør klassifisert til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset". Blåskjellene fra stasjon Nord og stasjon Kai ble klassifisert til "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset". Overskridelsen fra klasse II var såpass lav at analyseusikkerheten kan ha medført at denne stasjonen ble klassifisert til en høyere tilstandsklasse enn de to andre stasjonene. Nivåene av metallinnhold i blåskjell funnet i denne undersøkelsen er ganske like konsentrasjonene som ble funnet i en undersøkelse utført av Rogalandsforskning i 2003 (Tvedten, 2004). I den undersøkelsen ble metallinnholdet i blåskjell undersøkt på til sammen 10 stasjoner fordelt langs hele Karmsundet i tillegg til en referansestasjon ved Tysværåvåg i Førlandsfjorden. For metallinnhold i blåskjell konkluderte undersøkelsen med at det var generelt lave verdier av metaller i forhold til Klifs grenseverdier. For arsen (As) ble det også i den undersøkelsen funnet en stasjon som ble klassifisert til

”Tilstandsklasse III, Markert forurenset”. Denne stasjonen ligger på Håvøy ca. 2 km sydvest for Vormedal. Det kan derfor ikke utelukkes at det kan være lokale kilder i dette området.

4.2.1 Oppfølging av metallinnhold i blåskjell

Det er flere faktorer som kan påvirke metallinnholdet i blåskjell. En av disse faktorene er årstid for innsamling av skjellene. For å få mer informasjon om spesielt arseninnholdet i blåskjell ved Vormedal vil vi foreslå at det samles inn nye blåskjell på 4 tidspunkt fordelt over året. I tillegg foreslår vi at det på ett av prøvetakingstidspunktene analyseres på 2 parallelle prøver for å få ett estimat for variasjon i analyseusikkerhet. Det var vanskelig å finne skjell på stasjonene sør og kai og sannsynligvis er det ikke nok skjell på disse to stasjonene til at en kan foreta en års-overvåking. Derfor foreslår vi at stasjon Nord prøvetas og følges opp med metallanalyser på 4 tidspunkt fordelt over ett år. Denne stasjonen vil være en god overvåkingsstasjon ettersom strømforholdene ved Vormedal er overveiende i nordlig retning som beskrevet i (Molvær mfl. 2006). Skjell analysert fra denne stasjonen vil sannsynligvis fange opp eventuelle tilførsler av metaller fra Vormedalsbukta.

5. Referanser

- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. og Hylland, K. 2007a. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. SFT-rapport TA-2230/2007. 65s.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. og Hylland, K. 2007b. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-rapport TA-2229/2007. Oslo. 12s.
- Molvær J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei J. og Sørensen, J. 1997a. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFTs veiledning 97:03. TA nr.1467/1997. 36s.*
- Molvær J., Norderhaug, K.M. og Tvedten, Ø. 2006. FMC BioPolymer Haugesund. Undersøkelser av miljøeffekter fra utslipp av tare rester til Karmsundet-sammendragsrapport. NIVA- rapport l.nr. 5215-2006 22s.
- Norderhaug, K., Nilsson, H., Chr., Rinde, E., og Molvær, J. 2006. FMC BioPolymer Haugesund. Outfalls of seaweed residues to Karmsund-natural decomposing and flow in the marine food chain. NIVA-rapport l.nr. 5157-2006. 36s.
- Næs, K., Fjeld, E., Håvardstun, J. og Allan, I. 2009. Forurensningssituasjonen i Karmsundet i 2008 med vekt på påvirkning fra Hydro Aluminium Karmøy. Metaller, PAH og klorerte forbindelser i vannmasser, blåskjell, torsk, krabbe og sedimenter. NIVA-rapport l.nr. 5881-2009. 43s.
- Tvedten, Ø.F. 2004. PAH og metallinnhold i blåskjell, torsk og krabbe fra Karmsundet, 2003. Rogalandforskning. Rapport RF-2003/274. 19s + vedlegg.

Vedlegg 1. Analyseresultater og metodebeskrivelser

Rapport

N0908416

Page 1 (5)

103TBYBF#A



Prosjekt
Bestnr 0-29413
Registrert 2009-12-01
Utstedt 2009-12-17

NIVA
Jarle Håvardstun
Grimstad
Televeien 3
4879 Grimstad
Norway

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn						
St. 1 Sediment						
Labnummer		N00087470				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	
Kornstørrelse <63 µm*	38.5	3.85	%	1	1	
Tørrestoff (E)	18.1	0.90	%	2	1	
TOC	13.8		% TS	2	1	
Cr6+	<0.060		mg/kg TS	3	1	
Tørrestoff (L)	10.8		%	4	V	
As	18.5	4.7	mg/kg TS	4	H	
Cd	0.661	0.170	mg/kg TS	4	H	
Cr	3.64	0.97	mg/kg TS	4	H	
As(III)*	<0.01		mg/kg	5	S	
As(V)*	<0.04		mg/kg	5	S	
Dimethylarsic acid (DMA)*	0.018		mg/kg	5	S	
Monomethylarsenic acid (MMA)*	<0.02		mg/kg	5	S	

Deres prøvenavn						
St. 3 Sediment						
Labnummer		N00087471				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	
Kornstørrelse <63 µm*	82.1	8.21	%	1	1	
Tørrestoff (E)	12.1	0.60	%	2	1	
TOC	19.0		% TS	2	1	
Cr6+	<0.062		mg/kg TS	3	1	
Tørrestoff (L)	12.1		%	4	V	
As	23.6	6.0	mg/kg TS	4	H	
Cd	1.13	0.30	mg/kg TS	4	H	
Cr	5.23	1.39	mg/kg TS	4	H	
As(III)*	<0.01		mg/kg	5	S	
As(V)*	0.078		mg/kg	5	S	
Dimethylarsic acid (DMA)*	<0.01		mg/kg	5	S	
Monomethylarsenic acid (MMA)*	<0.02		mg/kg	5	S	

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908416

Page 2 (5)

103TBYBF4A




Deres prøvenavn	St. 5 Sediment				
Labnummer	N00087472				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Kornstørrelse <63 µm*	19.2	1.92	%	1	1
Tørrestoff (E)	33.0	1.65	%	2	1
TOC	3.31		% TS	2	1
Cr6+	<0.060		mg/kg TS	3	1
Tørrestoff (L)	20.9		%	4	V
As	11.7	3.1	mg/kg TS	4	H
Cd	0.779	0.199	mg/kg TS	4	H
Cr	13.8	3.7	mg/kg TS	4	H
As(III)*	<0.01		mg/kg	5	S
As(V)*	0.125		mg/kg	5	S
Dimethylarsic acid (DMA)*	<0.01		mg/kg	5	S
Monomethylarsenic acid (MMA)*	<0.02		mg/kg	5	S

Deres prøvenavn	St. 6 Sediment				
Labnummer	N00087473				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Kornstørrelse <63 µm*	49.2	4.92	%	1	1
Tørrestoff (E)	30.1	1.51	%	2	1
TOC	12.8		% TS	2	1
Cr6+	<0.060		mg/kg TS	3	1
Tørrestoff (L)	25.4		%	4	V
As	17.1	4.4	mg/kg TS	4	H
Cd	1.16	0.30	mg/kg TS	4	H
Cr	22.7	6.0	mg/kg TS	4	H
As(III)*	<0.01		mg/kg	5	S
As(V)*	0.229		mg/kg	5	S
Dimethylarsic acid (DMA)*	0.015		mg/kg	5	S
Monomethylarsenic acid (MMA)*	<0.02		mg/kg	5	S

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.or@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908416

Page 3 (5)


1C3TBVBF6IA



Deres prøvenavn	St. 7 Sedimen:				
Labnummer	N00087474				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (t)	Enhet	Metode	Utført
Kornstørrelse <63 µm*	20.7	2.07	%	1	1
Tørstoff (E)	43.1	2.15	%	2	1
TOC	4.42		% TS	2	1
Cr6+	<0.060		mg/kg TS	3	1
Tørstoff (L)	26.7		%	4	V
As	16.4	4.2	mg/kg TS	4	H
Cd	0.540	0.139	mg/kg TS	4	H
Cr	9.46	2.50	mg/kg TS	4	H
As(III)*	0.144		mg/kg	5	S
As(V)*	0.325		mg/kg	5	S
Dimethylarsic acid (DMA)*	<0.01		mg/kg	5	S
Monomethylarsenic acid (MMA)*	<0.02		mg/kg	5	S

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.os@alsglobal.com
Tel: +47 22 13 18 00
Fax: +47 22 52 51 77


Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908416

Page 4 (5)

103TBYBF8IA



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Kornstørrelse >63µm, <63µm Metode: CZ_SOP_D06_07 Fraksjoner: Sand (>63µm) Silt og leire (<63µm)
2	Bestemmelse av TOC. Metode: ISO 10694, EN 13137 Deteksjon og kvantifisering: Coulometrisk Kvantifikasjonsgrenser: 0,01 %TS Note: Coulometrisk bestemmelse er en elektrolyse, der forbindelser blir oksidert til en kjent sammensetning. Mengden av elektroner som trengs for å fullføre elektrolysen blir målt.
3	Bestemmelse av Cr6+. Metode: Intern metode (I-17294) Deteksjon og kvantifisering: ICP-MS Kvantifikasjonsgrenser: 0,06 mg/kg TS
4	Analyse av tungmetaller (MS-1) Metode: EPA metoder -modifisert 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-MS) Forbehandling: Siktning 2 mm. Oppslutning: 5 ml kons.HNO3+0,5 ml H2O2 i mikrobølgeovn.
5	Bestemmelse av Organisk Arsen (MMA, DMA, As(III) og As (V)) Metode: Intern metode etter ekstraksjon, kromatografisk separasjon og hydridgenerering. Deteksjon og kvantifisering: IC-ICP-SFMS

Underleverandør ¹	
H	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 1087
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 1087
V	Våtkemi
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harčě 9/336, Praha, Tsjekkia Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163.

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Scandinavia) eller laboratorium (underleverandør).

 ALS Scandinavia NUF
 PB 643 Skøyen
 N-0214 Oslo
 Norway

 Web: www.alsglobal.no
 E-post: info.on@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00
 Fax: + 47 22 52 51 77

 Morten Sandell
 Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908416



Page 5 (5)

103TBYBF61A

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utferende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.or@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 62 51 77


Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908417

Page 1 (2)

1PN463FZCUG



Prosjekt
Bestnr 0-29413
Registrert 2009-12-01
Utstedt 2010-01-04

NIVA
Jarle Håvardstun
Grimstad
Televeien 3
4879 Grimstad
Norway

Analyse av biologisk materiale

Deres prøvenavn Kai, 25/11-09 Blåskjell					
Labnummer N00087475					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)*	18.6		%	1	W
As	19.8	5.2	mg/kg TS	1	H
Cd	0.735	0.140	mg/kg TS	1	H
Cr	0.874	0.230	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn St. Sør, 25/11-09 Blåskjell					
Labnummer N00087476					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)*	20.3		%	1	W
As	37.2	9.7	mg/kg TS	1	H
Cd	1.25	0.24	mg/kg TS	1	H
Cr	0.833	0.230	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn St. Nord, 25/11-09 Blåskjell					
Labnummer N00087477					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)*	19.7		%	1	W
As	25.9	6.8	mg/kg TS	1	H
Cd	1.21	0.23	mg/kg TS	1	H
Cr	1.16	0.31	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

Morten Sandell
Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0908417

Page 2 (2)

1PN463F2CUG



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Analyse av blåskjellpakke-uorganisk (M-4)
Metode:	EPA metoder 200.7 og 200.8 (modifisert) Tørrestoffbestemmelse er utført ved 105 °C etter svensk standard SS 028113. Analyseprøven er tørket ved 50 °C og elementinnholdet er TS-korrigert.
Oppslutning:	Salpetersyre og H ₂ O ₂ i mikrobølgeovn.

Underleverandør ¹	
H	ICP-SFMS
	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 1087
W	Våtkemi

Målesikkerheten angis som en utvidet målesikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 nce som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Målesikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.


Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Scandinavia) eller laboratorium (underleverandør).

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

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 • post@niva.no