

Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2011. Metaller og PAH i vann og blåskjell



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 Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2011. Metaller og PAH i vann og blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 6373-2012	Dato 23. mai 2012
	Prosjektnr. O-10214	Sider 27
Forfatter(e) Kristoffer Næs, Ian Allan og Jarle Håvardstun	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS	Oppdragsreferanse Bente Sundby-Haaland
---	---

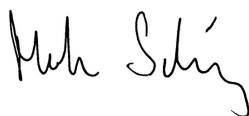
Sammen drag

Bedriftene Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS gjennomfører et overvåkingsprogram i det bedriftsnære sjøområdet i Kristiansandsfjorden. Programmet supplerer og er koblet opp mot myndighetenes generelle overvåking av Kristiansandsfjorden. Det startet i 2010 og skal gå frem mot 2016. I 2011 ble metaller og PAH i vannmasser og blåskjell undersøkt. Metallinnholdet i vannmassene og blåskjell var relativt lavt. Påvirkningen fra PAH var mer tydelig. Blåskjell var moderat til markert påvirket og nærmest Elkem markert til meget sterkt forurenset. Konsentrasjonene av metaller i vann ved Lumber hadde øket noe i forhold til de som ble målt i 2010, mens PAH i blåskjell generelt var en tilstandsklasse høyere. Observasjonene er imidlertid basert på kun en prøveinnsamling i 2011. Opplysninger om utslipp fra Elkem tilsier ikke en øking i konsentrasjonene. Det har vært veiarbeid nær Elkem som har ført til betydelig partikkeltransport til bedriftens nære sjøområde. Dette kan ha hatt betydning for observasjonene. Sammenlignet med nærliggende stasjon undersøkt i 2002 var konsentrasjonene i 2010 og 2011 betydelig redusert.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kristiansandsfjorden	1. Kristiansand fjord
2. Vannmasser	2. Water masses
3. Blåskjell	3. Blue mussels
4. Passive prøvetakere	4. Passive samplers



Kristoffer Næs
Prosjektleder



Morten Schaanning
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Forord

NIVA gjennomfører en langsiktig overvåking for Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS i Kristiansand. Hovedkontakt for bedriftene er Bente Sundby Håland.

Ved NIVA har Jarle Håvardstun og Ian Allan gjennomført feltarbeidet og bidratt sammen med Kristoffer Næs til å skrive rapporten. Ian Allan har hatt ansvar for og skrevet om passive prøvetakere. NIVAs laboratorium har gjennomført analysene.

Alle takkes for innsatsen.

Grimstad, 23. mai 2012

Kristoffer Næs

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Tidligere undersøkelser	8
1.3 PAH-utslipp fra Elkem Carbon AS	9
2. Materiale og metoder	11
2.1 Metaller og PAH i vannmasser	11
2.1.1 Bakgrunn	11
2.1.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	11
2.2 Metaller og PAH i blåskjell	13
2.2.1 Bakgrunn	13
2.2.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	13
2.3 Bedømming av miljøtilstand	14
2.3.1 Klifs klassifiseringssystem for blåskjell	14
3. Resultater og diskusjon	15
3.1 Metaller og PAH i vannmassene	15
3.1.1 DGT	15
3.1.2 SPMD	16
3.2 Metaller og PAH i blåskjell	21
4. Referanser	23
5. Vedlegg: Analyseresultater	25

Sammendrag

Kristiansandsfjorden har vært og er fremdeles tildels sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Fjorden er imidlertid i en utvikling mot bedre miljøtilstand etter at industrien har gjennomført utslippsbegrensende tiltak. Forurensningsmyndighetene har satt i gang et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS igangsatt et eget overvåkingsprogram for det mer bedriftsnære området. Problemstillingene rundt utslipp fra Elkem Carbon AS er i hovedsak knyttet til PAH og effekten av reduksjon av disse utslippene, mens problemstillingen rundt Elkem Solar AS er rettet mot påvirkning av eventuelle metallutslipp. Overvåkingen for Elkem er planlagt frem til 2016.

Hovedformålene med undersøkelsene er:

- Gi grunnlag for å påvise eventuelle endringer i miljøstatus i det nære sjøområdet til Elkems to bedrifter, nemlig Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS, for den siste knyttet til etablering av renseanlegg ved bedriften.
- Belyse økologiske effekter av forurensningen i det nære sjøområdet til de samme to bedriftene.
- Gi et bedriftsspesifikt, nødvendig supplement til myndighetenes mer generelle overvåking av resipienten i Kristiansandsfjorden.

Undersøkelsene i 2011 har omfattet målinger i vannmasser av metaller og PAH ved hjelp av passive prøvetakere (DGT'er og SPMD'er) og målinger av metaller og PAH i blåskjell.

Overordnet konklusjon

Undersøkelser i 2011 av metaller og PAH i vannmasser og blåskjell i nærområdene til Elkem i Kristiansand har vist at metallinnhold i vannmassene og blåskjell var relativt lavt. Påvirkningen fra PAH var mer tydelig, hvor blåskjell var moderat til markert påvirket bortsett fra helt nær hovedutslippsstedet til Elkem Carbon AS hvor skjellene var markert til meget sterkt forurenset.

DGT-målingene viste at konsentrasjonene av de fleste metaller i 2011 var noe høyere enn de som ble målt i 2010, og generelt noe høyere ved Lumber sammenlignet med Fiskå og Timlingene. PAH i blåskjell generelt var en tilstandsklasse opp i forhold til 2010. Det er ikke grunnlag for eksplisitt å peke på grunnen til dette. Opplysninger om utslippsforhold ved Elkem skulle ikke tilsi en økning. Det har imidlertid vært veiarbeider i nærheten som har ført til betydelig partikkeltransport i Fiskåbekken og påvirkning av «Elkembukta». Dette kan ha hatt betydning for observasjonene. Det skal også understrekes at blåskjellresultatene kun representerer en måling i 2011.

Ser man på utviklingen i PAH-konsentrasjoner i blåskjell i et lengre perspektiv, ble det målt PAH i skjell fra stasjonen på Fiskåtangen høsten 2002. Konsentrasjonen var da ca. 1500 µg PAH₁₆/kg våtvekt, altså 10 ganger høyere enn målingene fra 2011.

Overvåkingen har gitt et viktig og godt supplement til myndighetenes overvåkingsprogram og representerer et godt datagrunnlag for påvisning av endringer i miljøtilstand over tid.

Delkonklusjoner

Vannmassemålinger med passive prøvetakere (DGT=Diffusive Gradients in Thin Films) og SPMD (Semi Permeable Membrane Devices) fanger opp den løste fraksjonen av henholdsvis metaller og PAH. Det eksisterer ikke miljømessige grenseverdier for den løste fraksjonen slik at man ikke kan beregne miljøtilstandsklasser. Metoden anvendes derfor primært i overvåkingsammenheng.

Resultatene fra målingene i 2010 viste en relativ liten forskjell i metallverdiene mellom stasjonene i Fiskåbukta. Sammenlignes resultatene med observasjoner fra Flekkerøygapet (referansestasjon), var

konsentrasjonene i Fiskåbukta opptil en faktor på to høyere for kobolt, kobber og nikkel, mens konsentrasjonene for andre elementer var relativt like. Kobolt, kobber og nikkel er elementer som har vært knyttet til utslipp fra Xstrata Nikkelverk AS, og det er sannsynlig at denne påvirkningen er hovedgrunnen til forskjellene fra Flekkerøygapet. Det var ikke entydige endringer i konsentrasjoner fra 2010 til 2011.

SPMD-målingene av PAH viste at de høyeste konsentrasjonene ble målt på stasjonen ved Lumber. Det er naturlig siden denne ligger i «Elkem-bukta» og påvirkes mest av utslipp fra Elkem Carbon AS og fra eventuelle tilførsler til Fiskåbekken oppstrøms Elkem.

Hvis man sammenligner PAH-konsentrasjonene på Lumber-stasjonen med Fiskåtangen og Timlingen, viser resultatene at de innbyrdes forskjellene var relativt like i september 2010 og september 2011. Imidlertid, i august 2011 var konsentrasjonene ved Lumber relativt sett betydelig høyere.

Blåskjellanalysene viste generelt sett relativt lave verdier av metaller. Alle stasjonene i Fiskåbukta kunne karakteriseres som ubetydelig-lite (klasse I) til moderat (klasse II) forurensset av metaller. Nivåene var også tilsvarende det som ble observert i skjell fra Flekkerøya/Kjeholmen i 2010. Resultatene kan indikere at konsentrasjonene for enkelte metaller var noe høyere i 2011 enn i 2010. Det gjelder kadmium, krom, nikkel og sink. Forskjellene er små og det er ikke grunnlag med nåværende datamateriale å trekke bastante konklusjoner om dette.

Eventuelle forhøyede konsentrasjoner av elementene silisium og kalsium har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. I 2010 var kalsiumverdiene i samme konsentrasjonsområde som skjellene fra Flekkerøya/Kjeholmen, mens silisium var en faktor på to høyere på stasjonene i Fiskåbukta sammenlignet med de fra referansestasjonen ved Flekkerøya/Kjeholmen. Resultatene fra 2011 synes å antyde at det er noe høyere verdier av kalsium og silisium i skjellene fra 2010.

Konsentrasjoner av PAH i blåskjell i 2010 viste i stor grad ubetydelig-lite til moderat forurensning (klasse I til II), bortsett fra skjellene fra Lumber. Denne stasjonen ligger nærmest Elkem Carbon AS. Resultatene fra PAH-analysene visere høyere verdier i 2011 enn i 2010, generelt sett en tilstandsklasse opp. For sum PAH₁₆, sum KPAH (potensielt kreftfremkallende PAH) og benzo(a)pyren tilsvarte konsentrasjonene tilstandsklasse moderat til markert forurensset (klasse II til III) bortsett fra KPAH og B(a)P på Lumber-stasjonene hvor skjellene klassifiseres som meget sterkt forurensset med hensyn på disse to variablene. Man skal igjen minne om at utsagnet over er basert på en begrenset datamengde med kun en innsamling i 2011.

Opplysninger om utslipp av PAH fra Elkem Carbon AS viser at mengden av PAH i prosessvann har vært stabilt lavt og iht. til konsesjonen de siste 5 årene. Utslippsmengden i 2011 viste en liten nedgang i forhold til 2010. Når det gjelder PAH i overflatevann, har det vært en nedgang fra utslippspunktet som bidrar (OVP4) mest. Fra de andre målepunktene for overflatevann, har det ikke vært noen endring. Det er derfor så langt ikke noen holdepunkter i utslippopplysningene fra Elkem Carbon AS som kan forklare en øking i PAH i blåskjell fra 2010 til 2011. I det siste året har det vært betydelige veiarbeider nær Elkem. Dette har til tider ført til stor partikkelpåvirkning i nærområdet. Man skal ikke se bort fra at dette har hatt betydning for tendensen til å måle høyere PAH-konsentrasjoner i 2011 sammenlignet med 2010.

Det er betydelige variasjoner i konsentrasjoner mellom de forskjellige prøvetakingene. Avhengig av PAH-forbindelse varierte verdiene fra 2010 og 2011 med en faktor på 1,5-9,3 ved Lumber, 1,6-3,2 ved Timlingen og 1,3-4,5 på Fiskåtangen. Dette er viktig å merke seg når konklusjoner trekkes på grunnlag av få målinger pr. år. Dataene tyder på at det er noe mindre variasjon for PAH-er med høyere molekylvekt sammenlignet med de lettere forbindelsene.

Summary

Title: Monitoring of the Kristiansand fjord near Elkem in 2011. Investigation of metals and PAHs in water and blue mussels

Year: 2012

Authors: Kristoffer Næs, Ian Allan and Jarle Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6108-0

Elkem Carbon AS and Elkem Solar AS are conducting a monitoring program in the Kristiansand fjord near their respective factories. The program complements, and is connected to, the governmental monitoring of the Kristiansand fjord and started in 2010. In 2011 the water masses and blue mussels were investigated. The 2010 results showed that the dissolved metal content in the water for nickel, copper and cobalt could be up to twice the level observed at the reference station at Flekkerøy, while the PAH content in the water could be 3-5 times higher than at the reference station. Metal content in mussels was generally low to slightly elevated. The 2011 results were not significant different from those of 2010.

Based on the PAH content in mussels, they are classified as markedly to very strongly contaminated. Highest concentrations were detected at the station most close to Elkem Carbon AS. Compared to the 2010 investigation, PAH concentrations in blue mussels were somewhat higher in 2011. Effluent information from Elkem Carbon AS do not indicate changes in PAH discharges from 2010 to 2011. However, nearby road work has resulted in significant particle transport to the sea area. This might influence the PAH concentrations in water masses and blue mussels. Compared to a nearby station sampled in 2010, concentrations in 2010 and 2011 were considerably lower.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Kristiansandsfjorden har vært og er tildels fremdeles sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Fjorden er imidlertid i en utvikling mot bedre miljøtilstand etter at industrien har gjennomført utslippsbegrensende tiltak (Berge mfl. 2007). Forurensningsmyndighetene har nå igangsatt et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Elkem Carbon AS fått i pålegg av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) å utarbeide et overvåkingsprogram for det mer bedriftsnære området. Problemstillingene rundt utslipp fra Elkem Carbon AS er i hovedsak knyttet til PAH (Ruus mfl. 2005) og effekten av reduksjon av disse utlippene.

Klifs utslipptillatelse gitt til Elkem Solar AS var basert på en risikovurdering (Schaanning og Næs 2006a) av utslipp fra denne bedriften, og krav om etablering av et overvåkingsprogram i fjorden i bedriftens nærområde (Schaanning og Næs 2006b). Undersøkelsene som rapporteres her omfatter relevante deler av dette forslaget.

Forurensningsmyndighetene har igangsatt et overvåkingsprogram i sentrale deler av Kristiansandsfjordområdet, planlagt frem til 2013. Første runde i denne overvåkingen er rapportert av Schøyen mfl. 2010.

Hovedformålene med de sjønære undersøkelsene til Elkem er:

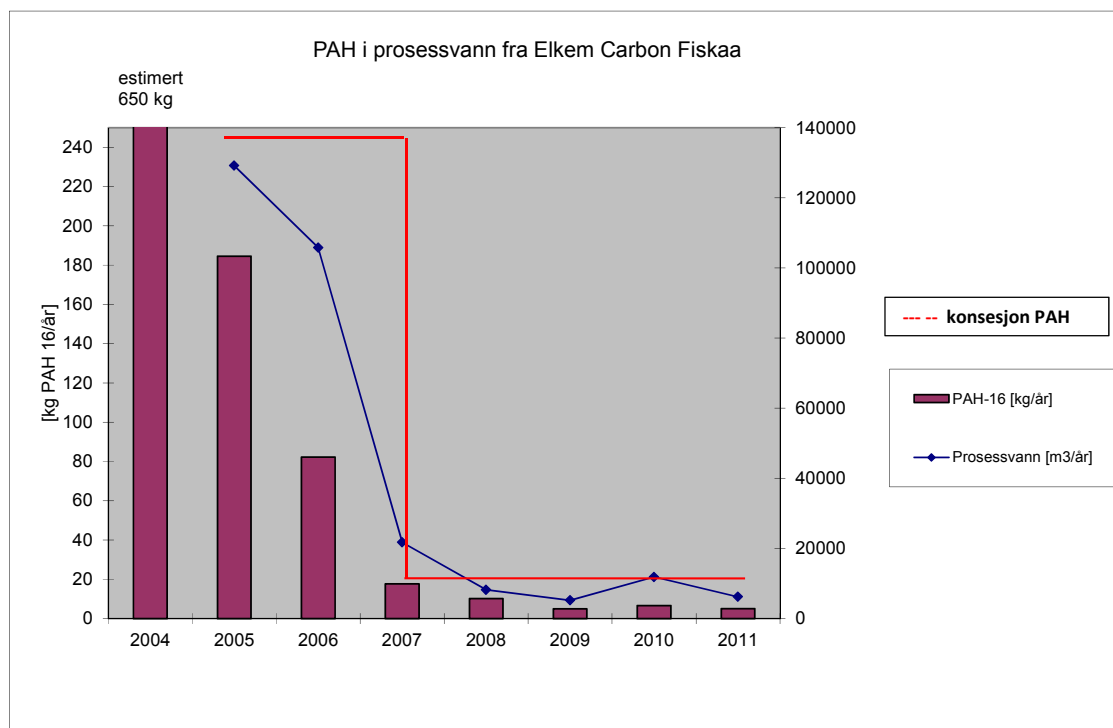
- Gi grunnlag for å påvise eventuelle endringer i miljøstatus i det nære sjøområdet til Elkems to bedrifter, nemlig Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS, for den siste knyttet til etablering av renseanlegg ved bedriften.
- Belyse økologiske effekter av forurensningen i det nære sjøområdet til de samme to bedriftene.
- Gi et bedriftsspesifikt, nødvendig supplement til myndighetenes mer generelle overvåking av resipienten i Kristiansandsfjorden.

1.2 Tidligere undersøkelser

I Kristiansandsfjorden er det gjennomført en rekke undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og organismer siden 1980-tallet. En samlet fremstilling av fordeling og konsentrasjoner i bunnsedimenter er gitt av Næs og Rygg (2001). De senere større undersøkelsene knyttet til forurensningsstatus og kostholdsproblematikk har blitt gjennomført i 1996 (Knutzen mfl. 1998) og i 2006 (Berge mfl. 2007). Fortsatt representerer dioksiner og PAH et problem for fisk og skalldyr. I Hanneviksbukta ble det etablert bunnfaunastasjoner ved tildekkingen av sedimentene (Oug mfl. 2004) som har vært fulgt opp i 2005 og 2006 for å følge reetableringen av naturlig bunnfauna (Berge mfl. 2007). Berge konkluderte i 2007 med at det fortsatt er behov for videre overvåking i Kristiansandsfjorden. Dette overvåkingsprogrammet er ett supplement til myndighetenes overvåkingsprogram. Første del av dette programmet ble gjennomført i 2010 og er rapportert i Schøyen mfl. 2010. Det er i denne undersøkelsen også tatt sedimentprøver fra fire stasjoner og bunnfaunaprøver fra en stasjon i nærområdet til Elkem. Disse vil bli sammenlignet med tilsvarende prøver fra Kristiansandsfjorden som skal prøvetas gjennom myndighetenes program i 2012. Dette vil da til sammen danne ett godt grunnlag for å kunne beskrive utviklingen av eventuelle tidstrender for miljøgiftene i Kristiansandsfjorden.

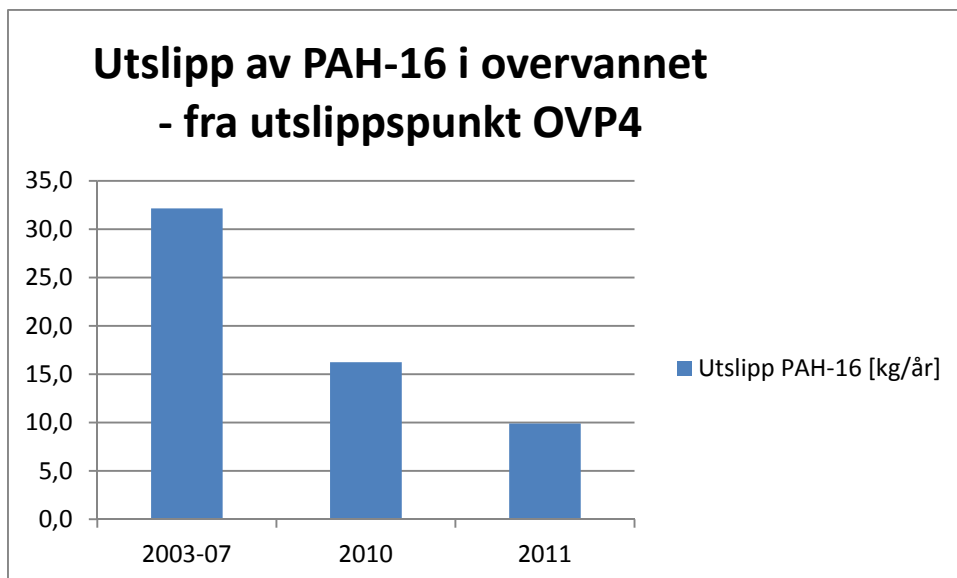
1.3 PAH-utslipp fra Elkem Carbon AS

Elkem Carbon AS har gjennomført store utslippsreduksjoner de senere årene (**Figur 1**). Bedriften har i dag en konsesjon på 20 kg PAH pr. år fra prosessvann. Som det fremgår, har det ikke vært vesentlige endringer i utslippsmengder av prosessvann fra 2010 til 2011.



Figur 1. Utslipp av PAH i prosessvann fra Elkem Carbon AS. Data er sammenstilt av Bente Sundby Håland, Elkem Carbon AS.

Bedriften måler også PAH i overflatevann. Endringer i utslippsmengder over tid i den overflatestrømmen som skal bidra mest, er vist i **Figur 2**. Som det fremgår, har det vært en reduksjon i mengden av PAH de senere årene.



Figur 2. Utslipp av PAH med overvann målt i punkt OVP4. Data er sammenstilt av Bente Sundby Håland, Elkem Carbon AS.

2. Materiale og metoder

I henhold til programforslaget for undersøkelsene i regi av Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS, er det planlagt et overvåkingsprogram frem til 2016 (**Tabell 1**). For overvåkingen av blåskjell og passive prøvetakere (SPMD) var det planlagt to innsamlingsrunder i 2010. På grunn av isforholdene i indre deler av Kristiansandsfjorden har det bare vært mulig å gjennomføre en av disse rundene. For 2011 var 3 innsamlingsrunder planlagt. Imidlertid på grunn av uforutsette hendelser ble kun 1 blåskjell-innsamling og 2 SPMD/DGT-innsamlinger gjennomført. Frekvensen i 2012 vil derfor bli økt.

Tabell 1. Planlagt frekvens for overvåkingen i regi av Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS. Gjennomført (planlagt gjennomført for 2012) er vist i parentes.

Aktivitet	Antall stasjoner	2010 frekvens	2011 frekvens	2012 frekvens	2013 frekvens	2014 frekvens	2015 frekvens	2016 frekvens
Blåskjell/SPMD	3	2(1)	3(hhv 1/2)	1(3)	1	1	1	1
Sediment	2 (EC*) +3 (ES**)	1		1				1
Bløtbunnsfauna	2	1		1				1
Rapportering			X	X	X	X	X	X

*EC = Primært Elkem Carbon AS.

**ES = Primært Elkem Solar AS.

2.1 Metaller og PAH i vannmasser

2.1.1 Bakgrunn

Konsentrasjoner i vannmassene ble belyst ved hjelp av passive prøvetakere, nemlig såkalte DGTer (Diffusive Gradients in Thin films) og SPMDer (Semi Permeable Membran Devices). DGTer fanger opp den ioniske formen av metallene samtidig som de integrerer konsentrasjoner over tid. Tilsvarende gjelder for SPMDene, men hvor disse anvendes for å måle konsentrasjonen av hydrofobe forbindelser som PAH i vannmassene.

2.1.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

De passive prøvetakerne ble utplassert i vannmassene ca. 3-4 m under overflaten. Eksponeringstidene var 32 dager i perioden 27.8. 2010 til 28.9.2010, 35 dager fra 3.8.2011-6.9.2011 og i 31 dager fra 21.9.2011 til 19.10.2011. Prøvetakingsstasjonene er vist på kart i **Figur 3**. Koordinater for stasjonene er vist i **Tabell 2**.

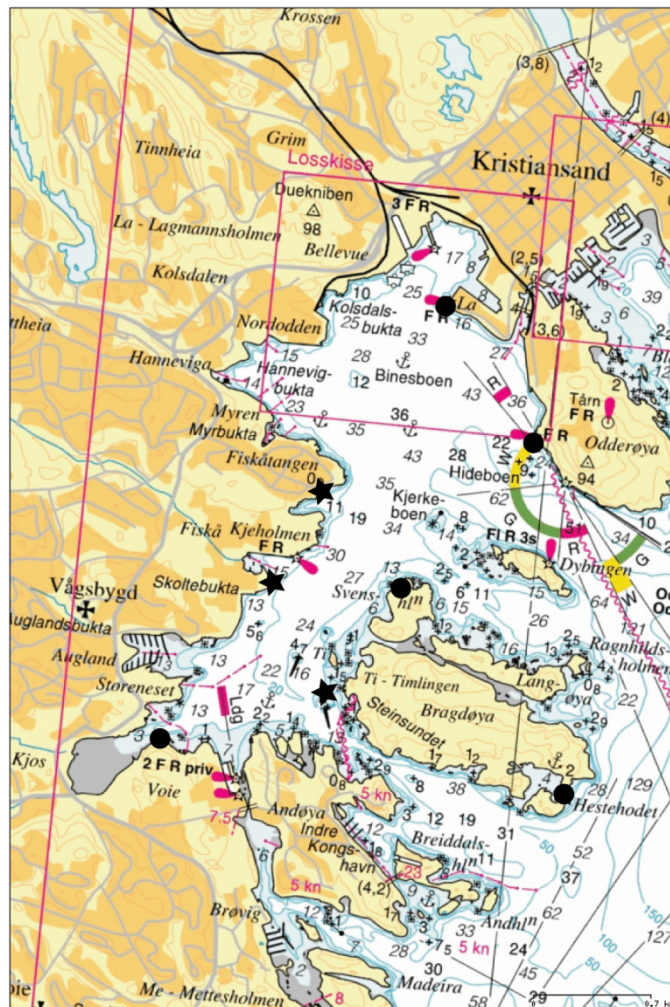
Tabell 2. Stasjoner og eksponeringsdatoer for passive prøvetakere med posisjoner (WGS84).

Stasjonsnavn	Dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen	3/8-6/9 2010	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	3/8-6/9 2010	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingen	3/8-6/9 2010	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingen	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°04.794	Ø 07°58.443

DGTer fanger den ioniske formen av metaller i en chelaterende ionebyttermasse etter diffusjon gjennom en gel og et beskyttende filter. Før analysene ekstraheres ionebytteren med HNO₃. Denne

løsningen fortynnes før ICP-MS-analyse for aluminium (Al), kalsium (Ca), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn). Ut fra vanntemperaturen i eksponeringsperioden og opptaksrater beregnes gjennomsnittskonsentrasjonen i vannmassene.

SPMDer består av tynne plastremser fylt med ca. 1 g fett som fanger opp den fritt løste fraksjonen av lipofile forbindelser i vann. De ble holdt frosne før og etter eksponering. På laboratoriet ble SPMDene ekstrahert ved dialyse med heksan i henhold til standardprotokoller etablert ved NIVA. Prøvene ble renset og analysert med en kombinasjon av GC/MS og GC/ECD for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Før eksponering ble prøvene tilsatt referanseforbindelser (PRCs = Performance Reference Compound) som er fem deuterte PAH-er. Disse lekker ut fra SPMDene under eksponering og brukes til å estimere mengden av vann ekstrahert under eksponeringen (liter/døgn) som igjen er nødvendig for å beregne vannkonsentrasjonen i eksponeringsperioden. En kontrollprøve ble brukt til å vurdere startkonsentrasjonen av PRC og potensiell forurensing av SPMDene. Denne blir kun eksponert i luft under utsetting og opptak av de passive prøvetakerne. Den oppbevares siden frosset og i lukket beholder. Med kunnskap om eksponering, prøvetakingsperiode og akkumulert masse, er det mulig å beregne gjennomsnittskonsentrasjoner for enkelt-forbindelsene.



Figur 3. Oversiktskart over stasjoner for passive prøvetakere (SPMD og DGT) og blåskjell. Sirkel = Myndighetenes overvåkingsstasjoner for blåskjell. Stjerne = Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS-relaterte stasjoner for passive prøvetakere og blåskjell.

2.2 Metaller og PAH i blåskjell

2.2.1 Bakgrunn

Mattilsynet har fastsatt omsetningsforbud for all fisk og skalldyr fanget i det indre området av Kristiansandsfjorden. Dette gjelder for området innenfor yttersiden av Odderøya-Dybingen-Bragdøya og Andøya. Mattilsynet har også gitt kostholdsråd som fraråder å spise fisk og skalldyr fra indre havneområde, og torskelever fra et større område avgrenset fra nordsiden av Dvergøya til Flekkerøya.

Klif har utviklet et klassifiseringssystem for miljøgifter i blåskjell, se **Tabell 4**. I bedømmelsen av miljøtilstand basert på analyser av blåskjell vil derfor dette systemet benyttes.

2.2.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Plasseringen av blåskjellstasjonene er vist på kart i **Figur 3**. Hensikten er at de skal gi informasjon fra nærområdet til Elkembedriftene. De vil også kunne sammenlignes med bl.a. stasjoner fra det nasjonale overvåkingsprogrammet Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP, tidligere Joint Assessment and Monitoring Programme - JAMP). Rene blåskjell ble også utplassert. Dette ble gjort på NIVAs eget initiativ. Hovedgrunnen var at det mange steder kan være vanskelig å finne stedegne skjell. Koordinater for stasjonene er gitt i **Tabell 3**.

Tabell 3. Blåskjellstasjoner med posisjoner (WGS84). Tekst i parentes angir om det er utplasserte eller stedegne skjell. Dato angir innsamlingsdato for stedegne skjell og eksponeringsperiode for utsatte skjell.

Stasjonsnavn	dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen (stedegne)	28.9.10	N 58°07.791	Ø 07°58.756
Fiskåtangen (utplasserte)	27.8.10-28.9.10	N 58°07.743	Ø 07°58.765
Lumber (stedegne)	28.9.10	N 58°07.457	Ø 07°58.428
Lumber (utplasserte)	27.8.10-28.9.10	N 58°07.476	Ø 07°58.496
Timlingene (stedegne)	28.9.10	N 58°07.156	Ø 07°58.869
Fiskåtangen (stedegne)	06.06.11	N 58°07.791	Ø 07°58.756
Lumber (stedegne)	06.06.11	N 58°07.457	Ø 07°58.428
Timlingene (stedegne)	06.06.11	N 58°07.156	Ø 07°58.869

Det ble innsamlet minst 50 blåskjell (størrelse 3-5 cm) fra hver stasjon. Skjellene ble frosset ned etter innsamling og senere opparbeidet på laboratoriet i henhold til gjeldende retningslinjer (modifisert CEMP-prosedyre hvor skallengde og vekt av bløtdelene er målt, mens tarminnhold ikke er tømt, se Green mfl. 2010). Det ble laget én blandprøve av minst 50 skjell fra hver stasjon.

De stedegne blåskjellene ble analysert av NIVAs laboratorium for metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Al, Si, Fe, Co og Ca. Skjellene ble i tillegg analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Det er viktig å være oppmerksom på at blåskjellene, til forskjell fra de passive prøvetagerne, filtrerer ut partikler fra vannet.

Metallene er bestemt ved at prøven oppsluttes ved autoklavering med salpetersyre og analyseres med hjelp av atomabsorpsjon og grafittovn, bortsett fra kvikksølv som bestemmes med gullfelle og kald-damp atomabsorpsjon.

Ved bestemmelse av PAH tilsettes prøvene indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av

de tilsatte indre standarder. Alle analyser utført ved NIVAs laboratorium er basert på NS- eller EU/ISO standarder der disse finnes.

2.3 Bedømming av miljøtilstand

2.3.1 Klifs klassifiseringssystem for blåskjell

Klif har utviklet kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensete forbindelser i blant annet blåskjell som vist i **Tabell 4**. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ubetydelig-lite (klasse I) forurenset til meget sterkt (klasse V) forurenset.

Tabell 4. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i blåskjell (Molvær mfl. 1997).

Arter/ vev	Parametere	Tilstandsklasser				
		I <i>Ubetydelig – Lite forurenset</i>	II <i>Moderat forurenset</i>	III <i>Markert forurenset</i>	IV <i>Sterkt forurenset</i>	V <i>Meget sterkt forurenset</i>
Blåskjell (tørrvektsbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<3*	3-15	15-40	40-100	>100
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4	>4
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Arsen (mg Ar/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1	1-2	2-5	>5
TBT* (mg/kg)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5	>5	
Blåskjell (våtvektsbasis)	PAH-16 (µg/kg)	<50	50-200	200-2000	2000-5000	>5000
	ΣKPAH (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-300	>300
	B[a]P (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30
	HCB (µg/kg)	<0,1	0,1-0,3	0,3-1	1-5	>5
	PCB-7 (µg/kg)**	<4	4-15	15-40	40-100	>100

I PAH-16 i rapporten inngår enkeltforbindelsene naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno (1,2,3cd)pyren, dibenz(a,c/a,h)antracen og benzo(ghi)perylene.

I KPAH i rapporten inngår enkeltforbindelsene benz(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)-fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren og dibenz(a,c/a,h)antracen. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARCs kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig kreftfremkallende).

3. Resultater og diskusjon

3.1 Metaller og PAH i vannmassene

Denne delen av overvåkingsprogrammet skal vise hvorledes Elkems nåværende utslipp av PAH og metaller påvirker vannmassene i det bedriftsnære området og kan gi grunnlag for å påvise hvorledes dette endres i de kommende årene.

3.1.1 DGT

Konsentrasjoner av metaller i vannmassene beregnet ut fra opptak i de passive prøvetakerne (DGT) er vist i **Tabell 5**. Som påpekt tidligere, fanger DGTene kun opp den labile (=løste) fraksjonen av metallene. Det er derfor vanskelig å sammenligne direkte DGT-labile metallkonsentrasjoner med "hel vannprøve" i henhold til Klifs klassifiseringssystem (Bakke mfl. 2007). For noen av metallene (f.eks. Cu, Pb og Zn) kan en vesentlig del være bundet til suspenderte partikler, oppløst organisk karbon eller andre kolloider og disse blir ikke fanget opp av DGTer. Metoden brukes derfor primært som indikasjon for forurensningsnivået av metaller i vannmassene i området.

Labile metallkonsentrasjoner i vann for eksponeringen foretatt i 2011 ble beregnet tilsvarende data fra 2010 (Næs mfl. 2011), (**Tabell 5**). Verdiene var lave som i 2010, se A-delen av figuren. Det var imidlertid en tendens til høyere verdier i 2011 enn i 2010 og da særlig på stasjonen Lumber i august 2011, se B-delen av figuren. Et økt signal for denne tidsperioden ble også observert i SPMDene og i blåskjell. Figuren viser at særlig aluminium var høyere i august 2011. Det er i 2011 gjennomført betydelig gravearbeid på Vågsbygdveien som har medført partikkelpåvirkning av Fiskåbekken og «Elkembukta» (se diskusjon senere i rapporten). Aluminium er en bestanddel i leire og det økt metallsignalet kan skyldes gravearbeidene.

Tabell 5. Metallkonsentrasjoner ($\mu\text{g/L}$) målt med DGTer i 2010 og 2011. A: Rådata. B: Samme data som rådata, men formatert for å øke lesbarheten. Fargesetting for hver linje representerer en konsentrasjonsgradient i 4 farger (grønt=lavest, rødt= høyest).

A

Year	Fiskåtangen			Timlingen			Lumber		
	2010*	Aug. 2011	Sept. 2011	2010*	Aug. 2011	Sept. 2011	2010*	Aug. 2011	Sept. 2011
Al	0.097	0.16	0.64	0.091	0.28	0.26	0.22	1.4	0.22
Ca	310	270	330	310	270	340	350	250	410
Cd	0.011	0.0076	0.010	0.010	0.0089	0.010	0.010	0.014	0.0099
Co	0.030	0.016	0.029	0.029	0.022	0.028	0.032	0.053	0.023
Cr	<0.01	0.022	0.02	0.01	<0.01	0.03	<0.01	0.032	0.02
Cu	0.15	0.22	0.13	0.13	0.13	0.12	0.24	0.33	0.10
Fe	0.6	<1	2	0.5	1	<1	1.2	3	<1
Ni	0.41	0.27	0.48	0.37	0.33	0.42	0.39	0.84	0.42
Pb	0.007	0.025	0.015	0.014	0.0084	0.0075	0.011	0.017	0.0091
Zn	0.48	0.63	0.50	0.66	0.64	0.50	0.52	1.8	0.61

*Data fra Næs mfl. 2011.

B

Year	Fiskåtangen			Timlingen			Lumber		
		Aug.	Sept.		aug.11	sep.11		aug.11	sep.11
	2010*	2011	2011	2010*			2010*		
Al	0,097	0,16	0,64	0,091	0,28	0,26	0,22	1,4	0,22
Ca	310	270	330	310	270	340	350	250	410
Cd	0,011	0,0076	0,01	0,01	0,0089	0,01	0,01	0,014	0,0099
Co	0,03	0,016	0,029	0,029	0,022	0,028	0,032	0,053	0,023
Cr	0,005	0,022	0,02	0,01	0,005	0,03	0,005	0,032	0,02
Cu	0,15	0,22	0,13	0,13	0,13	0,12	0,24	0,33	0,1
Fe	0,6	0,5	2	0,5	1	0,5	1,2	3	0,5
Ni	0,41	0,27	0,48	0,37	0,33	0,42	0,39	0,84	0,42
Pb	0,007	0,025	0,015	0,014	0,0084	0,0075	0,011	0,017	0,0091
Zn	0,48	0,63	0,5	0,66	0,64	0,5	0,52	1,8	0,61

*Data fra Næs mfl. 2011.

3.1.2 SPMD

SPMDer ble satt ut ved de tre områdene Lumber, Timlingen og Fiskåtangen, samtidig med DGTene og innsamlingen av blåskjell.

Beregningen av oppløste PAH-konsentrasjoner fra SPMD-data for eksponering i 2011 ble gjennomført tilsvarende som for 2010-prøvetakingen (Næs mfl. 2011). Ekstraksjonsrate (sampling rate) for 2011 (ikke vist) tilsvarte den for prøvetakingen i 2010. Oppløste PAH-konsentrasjoner fra prøvetakingen 2011 er presentert i **Tabell 6**. Høyest konsentrasjon ble observert ved Lumber, mens konsentrasjonene på Fiskåtangen og Timlingen var lavere og relativt like.

Beregning av vannkonsentrasjon av PAH ut fra SPMD-målingene er vist i **Tabell 6**. Tabellen gir også miljøkvalitetsstandarder (Environmental Quality Standards, EQS) for EUs Vanddirektiv for PAH i ”hel” vannprøve (løst, pluss partikulært). De passive prøvetakerne måler den fritt løste PAH-konsentrasjonen og er derfor vanskelig å sammenligne med EQSene uten videre modellering. Imidlertid, summen av konsentrasjonene av benzo [ghi] perylene og indeno [1,2,3-cd] pyren ved

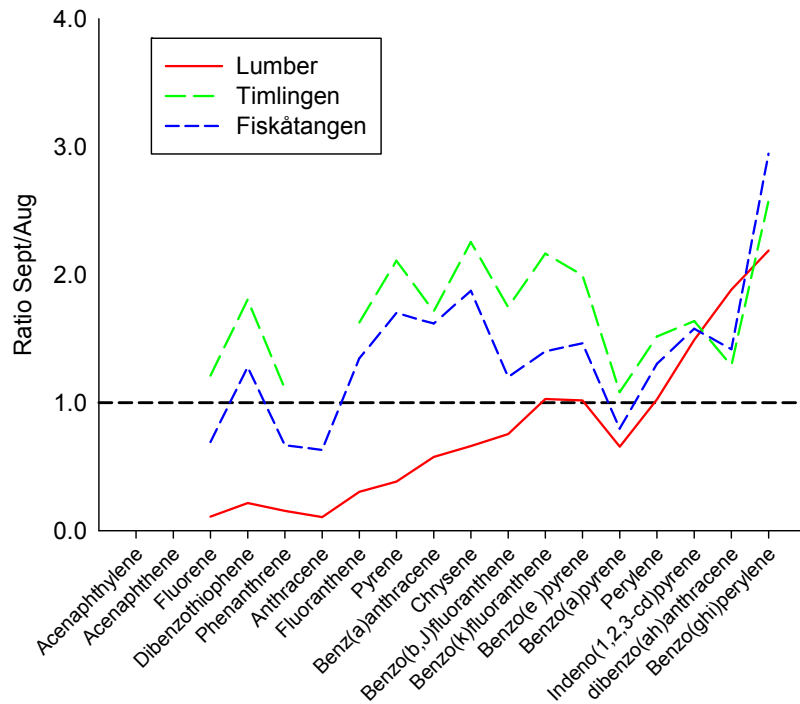
Lumber er 0,87 ng / L som er litt over en faktor på 2 under AA-EQS verdien satt av WFD for disse forbindelsene (for "hele vannet"). For de to andre lokalitetene var summen av konsentrasjonene under en faktor på 10 under denne AA-QS på 2 ng / L. Siden en potensielt stor andel av disse to stoffene er bundet til organisk materiale (oppløst eller partikler), vil konsentrasjoner i "hele vannet" trolig være nær eller over EQS på alle tre steder under prøvetakingen i 2011.

Tabell 6. Løste konsentrasjoner av PAH målt med SPMD på tre steder i Fiskåbukta. "Environmental Quality Standards" (EQS) gitt av EUs Vanndirektiv (WFD) er inkludert.

Løste konsentrasjoner (ng L ⁻¹)							WFD EQS verdiene "AA/MAC" (1)
Stasjon	Lumber		Timlingen		Fiskåtangen		
	Aug. 2011	Sept. 2011	Aug. 2011	Sept. 2011	Aug. 2011	Sept. 2011	
ACY	0.14	<0.09	<0.078	<0.09	<0.075	0.080	
ACE	6.4	<4.7	0.32	<4.5	0.54	4.3	
FLE	2.3	0.26	0.25	0.31	0.34	0.24	
DBTHI	0.46	0.10	0.050	0.090	0.070	0.089	
PHE	4.7	0.72	0.58	0.65	0.89	0.60	
ANT	0.73	0.078	0.060	<0.05	0.078	0.049	100/400
FLUO	7.5	2.3	0.64	1.0	0.84	1.1	100/1000
PYR	5.9	2.3	0.50	1.0	0.67	1.1	
BaA	1.7	0.96	0.17	0.30	0.18	0.29	
CHRY	1.9	1.2	0.19	0.43	0.21	0.39	
BbjF	1.3	1.0	0.21	0.36	0.23	0.27	
BkF	0.40	0.41	0.066	0.14	0.076	0.11	30
BeP	0.70	0.72	0.13	0.26	0.14	0.20	
BaP	0.35	0.23	0.067	0.072	0.063	0.050	50/100
PER	0.16	0.17	0.030	0.046	0.027	0.035	
IcdP	0.23	0.34	0.068	0.11	0.065	0.10	
BghiP	0.24	0.53	0.068	0.18	<0.031	0.19	2
DBahA	0.080	0.15	<0.04	<0.05	0.065	0.044	

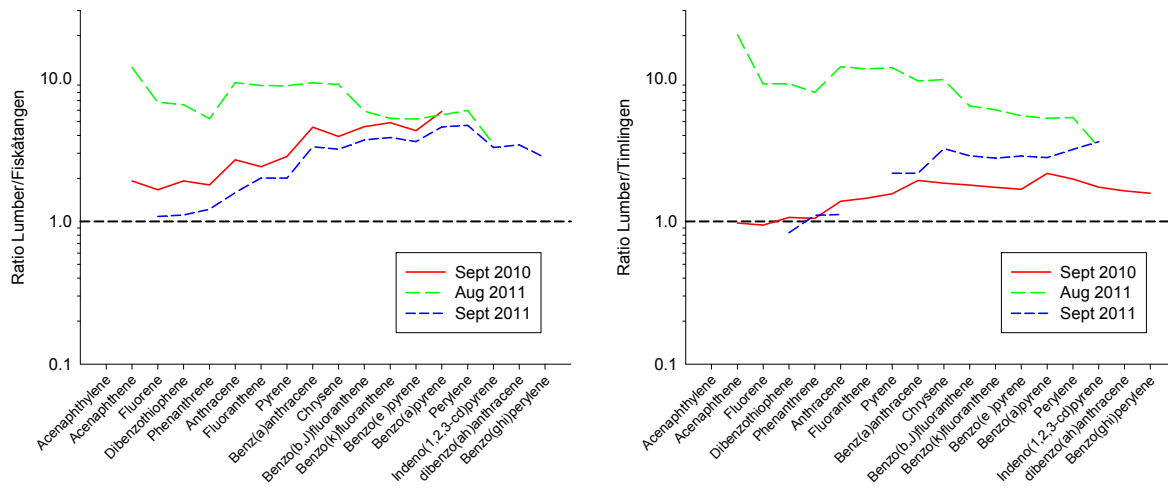
(1): Water Framework Directive (WFD) Environmental Quality standard for the whole water (ng L⁻¹);
AA: annual average; MAC: maximum allowable concentration

Forholdstall av konsentrasjoner målt i 2011 og 2010 er presentert i **Figur 4** og **Figur 5**. For Timlingen og Fiskåtangen i 2011 var konsentrasjonene høyere i september sammenlignet med august. For Lumber var dette tilfelle for de høymolekylære PAHene, men ikke for PAHer med lav og midlere molekylvekt.



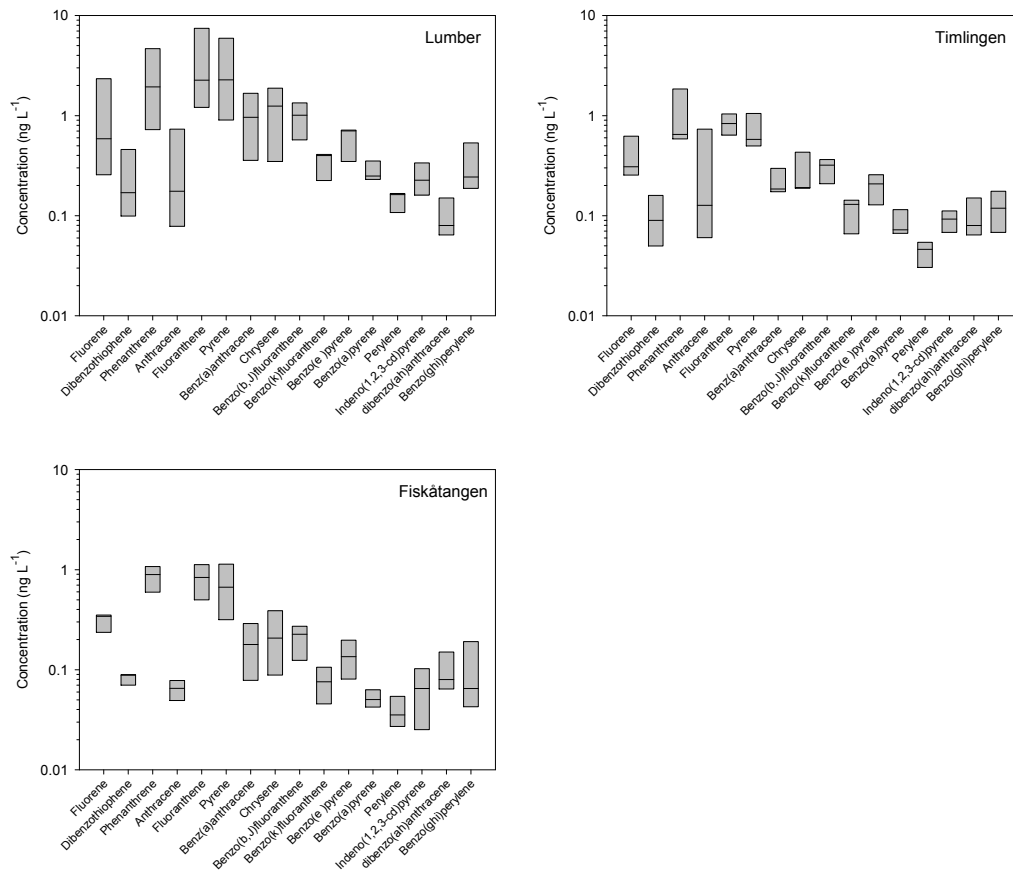
Figur 4. Forholdstall mellom september og august-prøvetakingen i 2011 for PAH-konsentrasjoner målt med SPMD ved Lumber, Timlingen og Fiskåtangen.

Hvis man sammenligner de relative PAH-konsentrasjonene på Lumber-stasjonen med Fiskåtangen og Timlingen, viser resultatene at forholdstallene var relativt like i september 2010 og september 2011. Imidlertid i august 2011 var konsentrasjonene ved Lumber betydelig høyere som igjen fører til høyere forholdstall (**Figur 5**).



Figur 5. Forholdstall mellom konsentrasjon av PAH målt med SPMD ved Lumber i forhold til Fiskåtangen (venstre) og Lumber i forhold til Timlingen (høyre) i 2010 og 2011. Kun verdier over deteksjonsnivå er plottet.

Det er betydelige variasjoner i konsentrasjoner mellom de forskjellige prøvetakingene (**Figur 6**). Avhengig av PAH-forbindelse varierte verdiene med en faktor på 1,5-9,3 ved Lumber, 1,6-3,2 ved Timlingen og 1,3-4,5 på Fiskåtangen. Dette er viktig å observere når konklusjoner trekkes på grunnlag av få målinger pr. år. Dataene tyder på at det er noe mindre variasjon for PAHer med høyere molekylvekt sammenlignet med de lettere forbindelsene.



Figur 6. Variasjon i PAH-konsentrasjon målt over 3 eksponeringsperioder i 2010 og 2011 ved Lumber, Timlingen og Fiskåtangen. Forbindelser med en eller flere verdier under deteksjonsnivå er utelatt.

3.2 Metaller og PAH i blåskjell

Denne delen av overvåkingsprogrammet viser hvorledes utslipp av PAH og metaller akkumuleres i organismer (skjell) i det bedriftsnære området og gir grunnlag for å påvise hvorledes dette endres over år.

Resultatene for analysene av blåskjell samlet i 2010 og 2011 er presentert i **Tabell 7**. Generelt sett var det relativt lave verdier i skjellene. Alle stasjonene i Fiskåbukta kan karakteriseres som ubetydelig-lite (klasse I) til moderat forurenset (klasse II) med hensyn til metaller både i 2010 og i 2011. I Verdiene fra 2010 ble også sammenlignet med resultater fra skjell samlet ved Flekkerøy/Kjeholmen (Schøyen mfl. 2010). Konsentrasjonene var i stor grad samstemmende. En nøyere inspeksjon av resultatene kan indikere at konsentrasjonene for enkelte metaller var noe høyere i 2011 enn i 2010. Det gjelder kadmium, krom, nikkel og sink. Forskjellene er små og det er ikke grunnlag med nåværende datamateriale å trekke sterkere konklusjoner enn dette.

Eventuelle forhøyede konsentrasjoner av elementene Si og Ca har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. I 2010 var Ca-verdiene i samme konsentrasjonsnivå som skjellene fra Flekkerøy/Kjeholmen, mens Si er en faktor på to høyere på stasjonene i Fiskåbukta sammenlignet med de fra referansestasjonen ved Flekkerøy/Kjeholmen. Resultatene fra 2011 synes å antyde at det er noe høyere verdier av kalsium og silisium i skjellene fra 2011.

Tabell 7. Konsentrasjoner oppgitt i tørrvekt for metaller og våtvekt for PAH-forbindelser i blåskjell. Romertall og fargekode tilsvarer Klifs klassifiseringssystem. Resultater fra Flekkerøy/Kjeholmen er fra (Schøyen mfl. 2010).

2010

Stasjon S=stedegen U=utsatt	As µg/g t.v.	Cd µg/g t.v.	Cr µg/g t.v.	Cu µg/g t.v.	Hg µg/g t.v.	Ni µg/g t.v.	Pb µg/g t.v.	Zn µg/g t.v.	Al µg/g t.v.	Fe µg/g t.v.	Co µg/g t.v.	Si µg/g t.v.	Ca µg/g t.v.	Sum PAH16 µg/kg v.v.	Sum KPAH µg/kg v.v.	B(a)P µg/kg v.v.
Fiskåtangen, S	15,5 II	0,9 I	1,3 I	9,3 I	0,10 I	2,8 I	1,3 I	99 I	61	194	0,9	156	2813	46 I	23 II	2,2 II
Fiskåtangen, U														43 I	17 II	2,1 II
Lumber, S	13,5 II	1,3 I	1,5 I	10,3 II	0,10 I	3,6 I	3,3 II	129 I	68	492	1,2	123	4539	261 III	161 IV	14,0 IV
Lumber, U														64 II	26 II	3,3 III
Timlingen, S	17,4 II	1,4 I	1,5 I	8,4 I	0,20 II	4,0 I	3,5 II	131 I	55	315	1,3	92	3462	52 II	30 III	2,4 II
Flekkerøy/ Kjeholmen	23,0 II	1,4 I	1,5 I	6,9 I	0,20 II	3,9 I	7,9 II	131 I	40	30	0,1	62	4462	<13 I	<7 I	<0,5 I

2011

Stasjon (stedegne skjell)	As µg/g t.v.	Cd µg/g t.v.	Cr µg/g t.v.	Cu µg/g t.v.	Hg µg/g t.v.	Ni µg/g t.v.	Pb µg/g t.v.	Zn µg/g t.v.	Al µg/g t.v.	Fe µg/g t.v.	Co µg/g t.v.	Si µg/g t.v.	Ca µg/g t.v.	Sum PAH16 µg/kg v.v.	Sum KPAH µg/kg v.v.	B(a)P µg/kg v.v.
Fiskåtangen	10,9 II	1,7 I	4,9 II	9,4 I	0,19 I	9,6 II	5,2 II	189 I	84	414	1,9	186	5529	150 II	74 III	4,9 III
Lumber	11,3 II	1,6 I	6,2 II	10,0 II	0,17 I	11,8 II	4,0 II	146 I	76	654	1,6	215	5462	835 III	495 V	46,0 V
Timlingen	14,1 II	1,8 I	2,9 I	7,6 I	0,27 II	4,9 I	4,9 II	154 I	89	400	1,3	107	5093	65 II	35 III	2,3 II

Konsentrasjoner av PAH i blåskjell i 2010 tilsvarte i stor grad ubetydelig/lite til moderat forurenset (tilstandsklasse I til II), bortsett fra skjellene fra stasjonen Lumber. Denne stasjonen ligger nær hovedutslippet fra Elkem Carbon AS. Sammenlignet med referansestasjonen ved Flekkerøy/Kjeholmen var verdiene på de 3 stasjonene i Fiskåbukta en faktor på 4-20 ganger høyere.

Resultatene fra PAH-analysene viser høyere verdier i 2011 enn i 2010, generelt sett en tilstandsklasse høyere. For sum PAH₁₆, sum KPAH (potensielt kreftfremkallende PAH) og benzo(a)pyren tilsvarte konsentrasjonene tilstandsklasse moderat til markert forurenset (klasse II til III) bortsett fra KPAH og B(a)P på Lumber-stasjonen hvor skjellene klassifiseres som meget sterkt forurenset med hensyn på disse to variablene. De passive prøvetakerne indikerte også høyere konsentrasjon av PAH ved Lumber i august 2011 sammenlignet med 2010. Ser man på utviklingen i PAH-konsentrasjoner i blåskjell i et lengre perspektiv, ble det målt PAH i skjell fra stasjonen på Fiskåtangen høsten 2002.

Konsentrasjonen var da ca. 1500 $\mu\text{g PAH}_{16}/\text{kg}$ våtvekt, altså 10 ganger høyere enn målingene fra 2011.

Opplysninger om utslipp av PAH fra Elkem Carbon AS viser at mengden av PAH i prosessvann har vært stabilt lavt og iht. til konsesjonen de siste 5 årene. Utslippsmengden i 2011 viste en liten nedgang i forhold til 2010. Når det gjelder PAH i overflatevann, har det vært en nedgang fra utslippspunktet OVP4 som bidrar mest. Fra de andre målepunktene for overflatevann, har det ikke vært noen endring. Det er derfor så langt ikke noen holdepunkter i utslippopplysningene fra Elkem Carbon AS som kan forklare en økning i PAH i blåskjell fra 2010 til 2011.

I det siste året har det vært veiarbeider nær Elkem. Dette har til tider ført til betydelig partikkelpåvirkning av Fiskåbekken som drenerer området, og som også mottar påvirkning fra bebyggelse, vei, næring, etc. Disse tilførslene påvirker dermed også det nære sjøområdet til Elkem (**Figur 7**). Disse forholdene kan ha hatt betydning for tendensen til å måle høyere PAH-konsentrasjoner i 2011 sammenlignet med 2010.



Figur 7. Synlig tilførsel av partikler fra arbeidet med ny Vågsbygdvei. Bildet viser typisk situasjon gjennom flere måneder i 2010 og 2011. Bilde fremskaffet av Bente Sundby Håland, Elkem Carbon.

Man skal igjen minne om at tolkingene over er basert på en begrenset datamengde. Overvåkingen i 2012 blir derfor viktig for å avklare dette ytterligere.

4. Referanser

- Bakke, T., G. Breeveld, T. Källqvist, A. Oen, E. Eek, A. Ruus, A. Kibsgaard, A. Helland og K. Hylland, 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Klif TA-nr. 2229/2007.
- Berge, J.A., B. Bjerkeng, K. Næs, E. Oug, A. Ruus, 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 5506-2007.
- Green, N.W., M. Schøyen, S. Øxnevad, A. Ruus, T. Høgåsen, B. Beylich, J. Håvardstun, Å.G. Rogne og L. Tveiten, 2010. Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2009. Levels, trends and effects. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO-rapportnr. 1079/2010, TA nr. 2716/2010. NIVA prosjekt nummer O-10106, 80106, 26106, 27106 og 28106 og NIVA-rapport 6048-2010.
- IARC 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volume 1 to 42. Suppl. 7, Lyon, France
- Knutzen, J., K. Næs, L. Berglind, Aa. Biseth, E.M. Brevik, N. Følsvik og M. Schlabach, 1998. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. Statlig prog. Forurensningsovervåk., TA-1539/1998, NIVA-rapport 3833-1998.
- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-nr. 1467/1997.
- Næs, K., J. Håvardstun, E. Oug og I. Allan, 2011. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2010. Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av dyrelivet på bløtbunn. NIVA-rapport 6145-2011.
- Næs, K. og B. Rygg, 2001. Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. NIVA-rapport 4371-2001.
- Oug, E., A. Ruus og J. Håvardstun, 2004. Miljøtilstanden i Hanneviksbukta og Vesterhavn, Kristiansandsfjorden, før tildekking av forurensede bunnsedimenter. Bunnfauna og miljøgifter i organismer. NIVA-rapport 4915-2004.
- Ruus, A., J. Molvær, F. Uriansrud og K. Næs, 2005. Risikovurderinger av PAH-kilder i nærområdet til Elkem i Kristiansand NIVA-rapport 5042-2005.
- Schaanning, M.T. og K. Næs, 2006a. Miljørisikovurdering av utslipp til Kristiansandsfjorden fra Elkem Solar AS' renseanlegg – Revisjon 1. NIVA-rapport 5234-2006.
- Schaanning, M.T. og K. Næs, 2006b. Forslag til overvåkingsprogram for utslipp fra Elkem Solar til Fiskåbukta i Kristiansandsfjorden. NIVA-notat 15.09.2006. 4s.

Schøyen, M., J. Håvardstun, S. Øxnevad, I. Allan og K. Næs, 2010. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2010. Undersøkelse av blåskjell, taskekrabber og passive prøvetakere i vann. NIVA-rapport 6089-2010.

5. Vedlegg: Analyseresultater

Side nr.25/27

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **ElkemSjø**
 Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2012-605

24.05.2012

O.nr. O 10214

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

Prøvenr	Prøve Merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Fiskå stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03
2	Lumber stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03
3	Timlingen stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3		
Tørrstoff	%	B 3	14	13	14		
Tørrstoff EksternEF	%						
Fett	% pr.v.v.						
Fett EksternEF	% pr.v.v.	H 3-4	1,7	1,6	1,6		
Aluminium	µg/g v.v.	E 9-5	11,7	9,93	12,4		
Arsen	µg/g v.v.	E 8-3	1,52	1,47	1,97		
Kalsium	µg/g v.v.	E 9-5	774	710	713		
Kadmium	µg/g v.v.	E 8-3	0,234	0,209	0,258		
Kobolt	µg/g v.v.	E 8-3	0,263	0,203	0,175		
Krom	µg/g v.v.	E 9-5	0,68	0,80	0,41		
Kobber	µg/g v.v.	E 8-3	1,32	1,30	1,07		
Jern	µg/g v.v.	E 9-5	58	85	56		
Kvikksølv	µg/g v.v.	E 4-3	0,026	0,022	0,038		
Nikkel	µg/g v.v.	E 8-3	1,34	1,53	0,69		
Bly	µg/g v.v.	E 8-3	0,73	0,52	0,69		
Silisium	µg/g v.v.	E 9-5*	26	28	15		
Sink	µg/g v.v.	E 8-3	26,4	19,0	21,5		
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5		
Acenaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	1,7	<0,5		
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	0,59	6,6	0,61		
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	1,3	7,1	0,69		
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	2,9	<0,5		

Fenantren	µg/kg	v.v.	H 2-4	8,4	41	3,8	
Antracen	µg/kg	v.v.	H 2-4	1,4	8,7	0,66	
Fluoranten	µg/kg	v.v.	H 2-4	32	130	11	
Pyren	µg/kg	v.v.	H 2-4	24	110	9,9	
Benz(a)antracen	µg/kg	v.v.	H 2-4	15	110	11	
Chrysen	µg/kg	v.v.	H 2-4	19	94	8,0	
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	v.v.	H 2-4	21	150	8,3	
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	v.v.	H 2-4	6,8	54	2,5	

* : Metoden er ikke akkreditert.

Side nr. 26/27

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-605

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakingsdato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Fiskå stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03
2	Lumber stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03
3	Timlingen stedegen	2011.06.06	2012.03.16	2012.03.23-2012.04.03

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Benzo(e)pyren	µg/kg	v.v. H 2-4	15	93	6,6
Benzo(a)pyren	µg/kg	v.v. H 2-4	4,9	46	2,3
Perylen	µg/kg	v.v. H 2-4	2,6	20	0,96
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	v.v. H 2-4	5,7	33	2,0
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	v.v. H 2-4	0,88	7,6	<0,5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	v.v. H 2-4	7,7	35	3,1
Sum PAH	µg/kg	v.v. Beregnet	<167,77	<951,1	<73,42
Sum PAH16	µg/kg	v.v. Beregnet	<149,67	<835,2	<65,36
Sum KPAH	µg/kg	v.v. Beregnet	<73,78	<495,1	<35,1
PAH16 i biol. matr.	µg/kg	v.v.			
EksternEF					

m : Analyseresultat mangler.

Norsk institutt for vannforskning

Linda Marie Skryseth
Forskningsassistent

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-605

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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