

Overvåking av det nære sjøområdet
til Elkem i Kristiansand i 2012.
Undersøkelse av konsentrasjoner av
metaller og PAH i vann, blåskjell og
sedimenter samt sammensetningen
av dyrelivet på bløtbunn



RAPPORT

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2012. Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av dyrelivet på bløtbunn	Løpenr. (for bestilling) 6548-2013	Dato 05.06.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-10214	Sider Pris 75
Forfatter(e) Kristoffer Næs, Jarle Håvardstun, Eivind Oug og Ian Allan	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

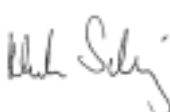
Oppdragsgiver(e) Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS	Oppdragsreferanse Bente Sundby- Haaland
-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Bedriftene Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS gjennomfører et overvåkingsprogram i det bedriftsnære sjøområdet i Kristiansandsfjorden. Programmet supplerer og er koplet opp mot myndighetenes generelle overvåking av Kristiansandsfjorden. I 2012 ble analyser av vannmasser, blåskjell, sedimenter og økologisk tilstand av bløtbunnsfaunaen undersøkt. Det ble ikke observert systematiske endringer i metall- eller PAH-innhold i vannmassene over den 3-årsperioden overvåkingen har foregått. Metallinnholdet i blåskjell var generelt lavt til svakt forhøyet. PAH-innholdet i skjellene var til dels høyt i de helt bedriftsnære områdene. Metallinnholdet i sedimentene varierte betydelig, mens PAH-innholdet var generelt høyt. Imidlertid er konsentrasjoner av metaller og PAH i sedimentene betydelig redusert siden forrige prøvetaking i 2010. Den økologiske tilstanden til bløtbunnsfaunaen var god til moderat.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kristiansandsfjorden 2. Sedimenter 3. Vannmasser 4. Blåskjell 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kristiansand fjord 2. Sediments 3. Water masses 4. Blue mussels
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Kristoffer Næs
Prosjektleder



Morten Schaanning
Forskningsleder



Forskningsdirektør

Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2012

Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i
vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av
dyrelivet på bløtbunn

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, Kristoffer Næs, Ian Allan, Merete Schøyen og Sigurd Øxnevad gjennomført feltarbeidet. Gunhild Borgersen og Marijana Brkljacic har stått for sortering og indentifisering av bløtbunnsfauna. Kristoffer Næs, Eivind Oug, Jarle Håvardstun og Ian Allan har skrevet rapporten. NIVAs og Eurofins laboratorier har gjennomført analysene.

Alle takkes for innsatsen.

Oslo, 5. juni 2013

Kristoffer Næs

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Tidligere undersøkelser	8
1.3 Utslipp fra Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS	8
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 Metaller og PAH i sedimenter	14
2.3.1 Bakgrunn	14
2.3.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	14
2.4 Sammensetning av dyrelivet på bløtbunn	16
2.4.1 Bakgrunn	16
2.4.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	16
2.5 Bedømming av miljøtilstand	17
2.5.1 Klifs klassifiseringssystem for blåskjell og sedimenter	17
2.5.2 Klassifisering av økologisk tilstand i sedimentene	18
3. Resultater og diskusjon	20
3.1 Metaller og PAH i vannmasser	20
3.1.1 DGT	20
3.1.2 SPMD	22
3.2 Metaller og PAH i blåskjell	24
3.3 Metaller og PAH i sedimenter	26
3.4 Økologisk tilstand i sedimentene	31
4. Referanser	38
5. Vedlegg	40
5.1 Analyserapport - Blåskjell	40
5.2 Analyserapport - Sedimenter	50
5.3 Analyserapport - Passive prøvetakere (DGT):	66
5.4 Analyserapport - Passive prøvetakere (SPMD):	69
5.5 Fullstendige resultater for prøver av bunnfauna i Fiskåbukta 2012	73
5.6 Faktorer til analyser av bunnfauna og miljøforhold	75

Sammendrag

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. Forurensningsmyndighetene har 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 utslipp av grunnstoffelementer (metaller, tungmetaller, halvmetaller: her omtalt med samlenavnet metaller). 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 rensesanlegg 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 har omfattet målinger i vannmasser av metaller og PAH ved hjelp av passive prøvetakere (DGTer og SPMDer). Det ble også undersøkt for metaller og PAH i blåskjell og sedimenter. I tillegg ble økologisk tilstand av dyrelivet i bløtbunnsfaunaen undersøkt.

Overordnet konklusjon

Undersøkelsen i 2012 av metaller og PAH i vannmasser, blåskjell, sedimenter og økologisk tilstand av bløtbunnsfaunaen i nærområdene til Elkem i Kristiansand har vist at metallinnholdet i vannmassene og blåskjell var relativt lavt. Påvirkningen fra PAH var mer tydelig, hvor blåskjell var svakt til markert påvirket bortsett fra helt nær hovedutslippsstedet hvor påvirkningen var større. Metallinnholdet i sedimentene varierte betydelig, mens PAH-innholdet var generelt meget høyt. Det har vært en betydelig nedgang i sedimentkonsentrasjonene av PAH fra 2010 til 2012. Den økologiske tilstanden til bløtbunnsfaunaen var god til moderat. På alle stasjonene var det en forholdsvis artsrik bunnfauna, selv om den allikevel var preget av arter med moderate til høye toleranser for miljøpåvirkninger.

Delkonklusjoner

Vannmassemålinger med de passive prøvetakerne (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 kan ikke beregne miljøtilstandsklasser. Metoden anvendes derfor primært i overvåkingssammenheng. Det var relativt liten forskjell i metallverdiene mellom stasjonene i Fiskåbukta. Resultatene viser at det ikke har vært systematiske endringer i konsentrasjoner av elementene i vannmassene de siste tre årene.

SPMD-målingene av PAH viste at konsentrasjonene på stasjonen ved Timlingene og Fiskåtangen var relativt like og lavere enn den ved Lumber. I prøven fra august i 2011 ble det påpekt at konsentrasjonen på denne stasjonen hadde økt i forhold til 2010. Dette kan ha skyldes kommunalt veiarbeid på Vågsbygdveien. I 2012 var konsentrasjonene redusert.

Blåskjellanalysene viste generelt sett relativt lave verdier av metaller tilsvarende det som ble observert i skjell fra referansestasjonen ved Flekkerøya/Kjeholmen. Alle stasjonene i Fiskåbukta kunne karakteriseres som lite/ubetydelig (klasse I) til moderat (klasse II) forurenset av metaller.

Eventuelle forhøyede konsentrasjoner av elementene silisium og kalsium har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. Kalsiumverdiene var i samme konsentrasjonsnivå som i skjellene fra Flekkerøya/Kjeholmen, mens silisium var en faktor på to til tre høyere på stasjonene i Fiskåbukta sammenlignet med de fra referansestasjonen ved Flekkerøya/Kjeholmen.

Konsentrasjonene av PAH i blåskjell fra nærområdet til Elkem (stasjonene Lumber og Fiskåtangen) tilsvarte moderat til meget sterk sterk forurensning. Imidlertid, sammenlignet med 2011-verdiene var PAH-konsentrasjonene på Lumber-stasjonene lavere i 2012. PAH-påvirkningen ser i mindre grad ut til å påvirke blåskjellene fra stasjonen ved Timlingene som ligger noe lengere bort fra det nære bedriftsområdet. Her tilsvarer konsentrasjonene i skjellene ubetydelig til moderat forurensning (tilstandsklasse I-II).

Sedimentundersøkelsene viste konsentrasjoner av metaller og PAH er betydelig redusert siden forrige prøvetaking i 2010 (2006 for K17 for PAH). Størst reduksjon sees på stasjonene nær Elkembedriftene, altså stasjonene EC1 og ES1-3, deretter stasjonen KH03 og minst på stasjon K17. Endringene i konsentrasjoner er så betydelig at det neppe kan skyldes naturlig forbedring. Den mest sannsynlige årsaken til endringene er derfor at sedimentene har blitt tilført mindre forurensede partikler som har fortynnet konsentrasjonene i det øverste sedimentlaget. Det er også mulig at utslipp fra Elkem Solar AS kan ha påvirket de bedriftsnære stasjonene og gitt en fortynning av metall- og PAH-verdiene.

Selv om konsentrasjonen i sedimentene nå er redusert, er det fremdeles høye verdier av kobber, nikkel, til dels bly, sink og arsen. For PAH er konsentrasjonene fremdeles i de to høyeste tilstandsklassene svarende til dårlig eller svært dårlig miljøtilstand.

Økologisk tilstand ble undersøkt ved analyse av bløtbunnsfauna på sedimentstasjonene utenfor Elkem Carbon AS og ved Timlingene i indre Fiskåbukta. I tillegg ble data fra en overvåkingsstasjon sentralt i Fiskåbukta tatt med i vurderingene. På alle stasjonene var det en forholdsvis artsrik bunnfauna. I henhold til systemet for klassifisering av økologisk tilstand som er under utvikling til Vanddirektivet, ble tilstanden på stasjonen utenfor Elkem Carbon AS karakterisert som 'moderat'. Ved Timlingene og i Fiskåbukta ble tilstanden karakterisert som 'god'. Bunnfaunaen i Fiskåbukta var allikevel preget av arter med moderate til høye toleranser for miljøpåvirkninger. Spesielt stasjonen ved Elkem Carbon AS var karakterisert av arter som ofte finnes i forurensede eller organisk anrikede sedimenter. Undersøkelsen i 2012 viste at det ikke hadde vært store endringer i bunnfaunaen i Fiskåbukta etter forrige undersøkelse i 2010. Sammenlignet med tidligere prøvetaking i Fiskåbukta (1983, 2001, 2006) indikerte bunnfaunaen at miljøtilstanden var blitt bedre. Forskjeller i artssammensetningen kunne relateres til dyp og konsentrasjoner av organisk karbon, PAH og nikkel i bunnsedimentet.

Summary

Title: Monitoring of the Kristiansand fjord near Elkem in 2012. Investigation of metals and PAHs in water masses, blue mussels and sediments, and investigations of the ecological conditions of the soft bottom fauna.

Year: 2013

Authors: Kristoffer Næs, Jarle Håvardstun, Eivind Oug and Ian Allan

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6283-4

Elkem Carbon AS and Elkem Solar AS are conducting a monitoring program in the Kristiansand fjord near their factories. The program complements, and is connected to, the government's overall monitoring of the Kristiansand fjord. In 2012 the water masses, blue mussels, sediments and ecological status of the soft bottom fauna were investigated. No systematic changes in metal or PAH concentrations in the water masses over the three-year monitoring period could be detected. Metal content in mussels was generally low to slightly elevated. The same was true for the PAH content in mussels. Metal content in sediments varied significantly, while the PAH content was generally very high. Concentrations close to Elkem were strongly reduced compared to 2010 sediment results. The ecological status of the macrobenthic fauna according to provisional Norwegian WFD criteria was good to moderate.

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 et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS fått krav i utslippstillatelsene fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) om å gjennomføre overvåking det bedriftsnære området til Elkem. Problemstillingene rundt utslipp til sjø fra Elkem Carbon AS er i hovedsak knyttet til PAH (Ruus mfl. 2005) og effekten av reduksjon av disse utlippene.

Klifs opprinnelige utslippstillatelse gitt til Elkem Solar AS i 2007 var basert på en risikovurdering (Schaanning og Næs 2006a) av estimert utslipp etter renseanlegget 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 opprinnelige forslaget til undersøkelser for Elkem Solar AS fra NIVA.

Fra og med 2010 har disse to Elkem-bedriftene imidlertid etablert et felles overvåkingsprogram som administreres av Elkem Carbon AS. Hovedformålene med undersøkelsene i de sjønære områdene til Elkem er:

- Gi grunnlag for å påvise endringer i miljøstatus i det nære sjøområdet til Elkems to bedrifter; Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS.
- 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 Kristiansandsfjorden.

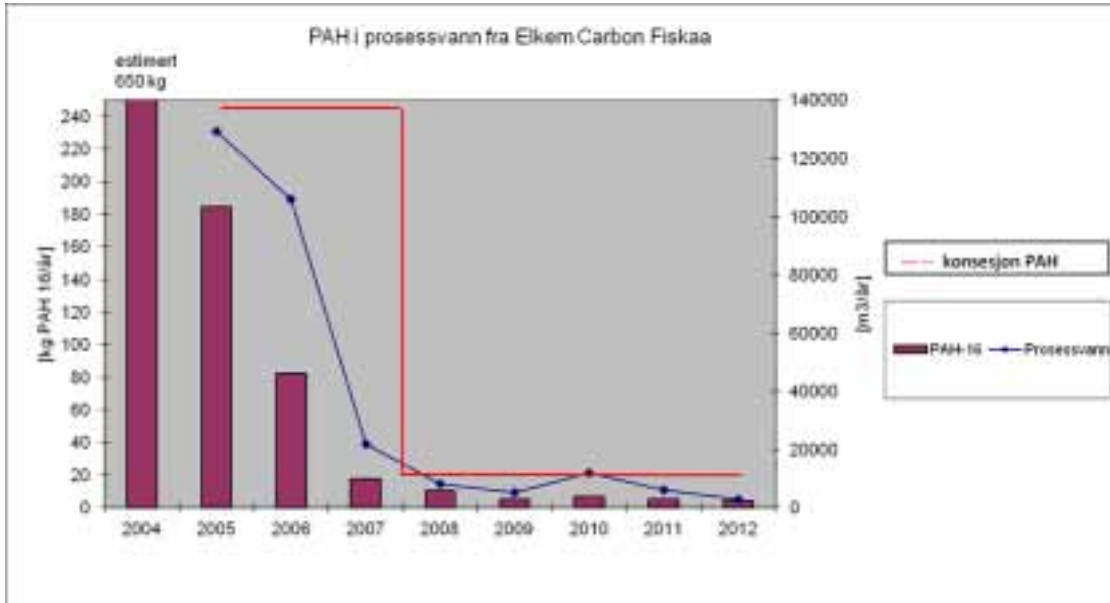
På bakgrunn av forurensningssituasjonen i fjordsystemet har Mattilsynet gitt råd om ikke å spise fet, stasjonær fisk, blåskjell eller brunmat fra krabber fra området innenfor yttersiden av Odderøya-Dybingen - Bragdøya og Andøya.

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).

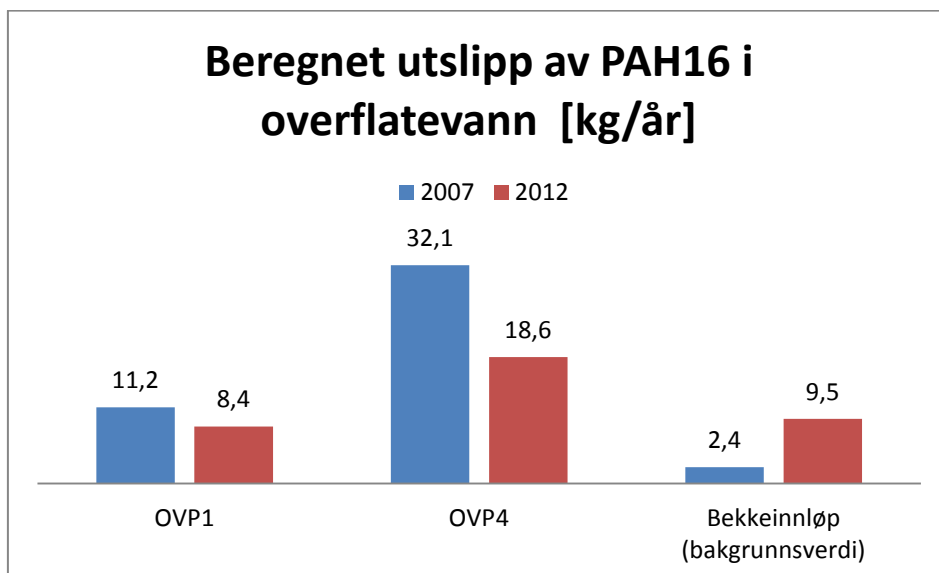
1.3 Utslipp fra Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS

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 PAH med prosessvannet fra 2010 til 2012.



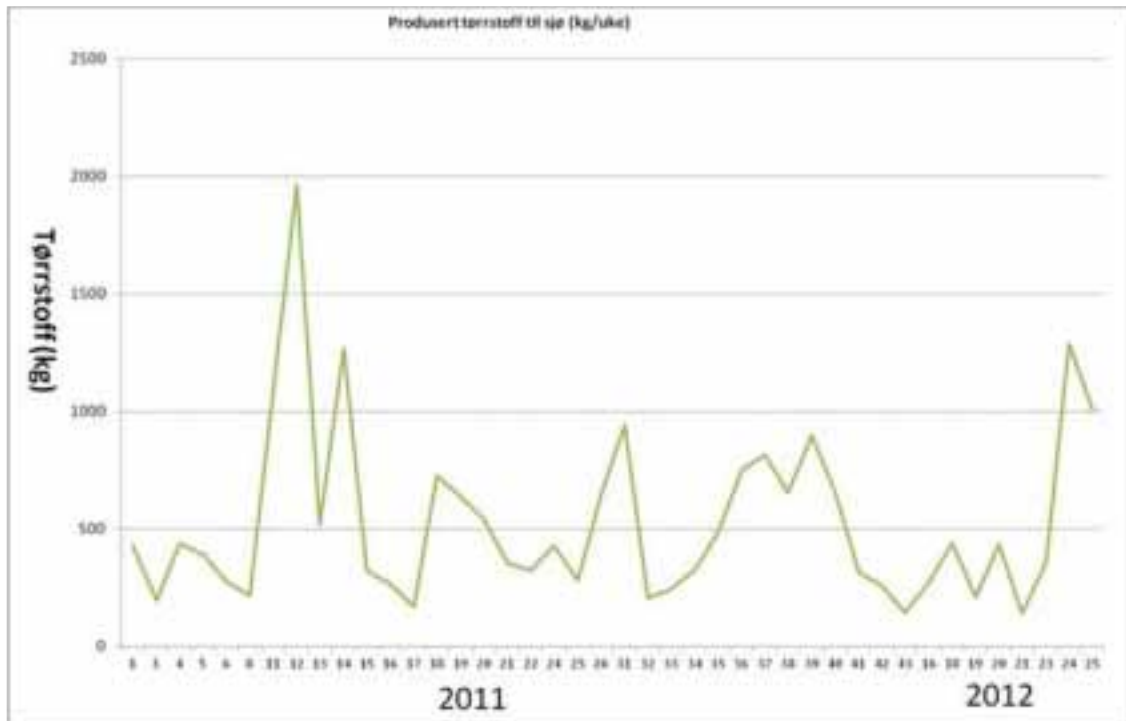
Figur 1. Utslipp av PAH i prosessvann fra Elkem Carbon AS. Data er sammenstilt av Bente Sundby Håland, Elkem Carbon AS.

Bedriften måler også PAH i overflatevann, **Figur 2**. Data for 2007 er tatt fra rapport "Kartlegging og reduksjon av PAH-utslipp til sjø – statusrapport" (Vatland 2008). Målinger har vist at ca. 49 % av overflatevannet tilføres via prøvepunkt OVP1, mens 23% går via prøvepunkt OVP4. Overflatevannet i OVP4 er blandet med kjølevann fra bedriften. Fra 2007 til 2012 er det gjort forbedringer på analysesiden slik at deteksjonsgrensen for PAH er forbedret. Som det fremgår, har det vært en reduksjon i mengden av PAH i overflatevannet de senere årene. Tilførsler med bekkevann var høyere i 2012 sammenlignet med 2007.



Figur 2. Utslipp av PAH med overflatevannet målt i punkt OVP1 OVP4 samt bakgrunnsverdi for tilførsler av PAH til Kristiansanandsfjorden fra Fiskåbekken. Data er sammenstilt av Bente Sundby-Håland, Elkem Carbon AS.

Tilførsler fra Elkem Solar AS av tørrstoff og grunnstoffelementer til Kristiansandsfjorden er vist i **Figur 3** og **Tabell 1**.



Figur 3. Oversikt over tilførsler av tørrstoff (kg/uke) i 2011 og 2012 fra Elkem Solar AS til Kristiansandsfjorden. Sammenstillingen er gitt av Bård Tobiesen, Elkem Solar AS.

Tabell 1. Tilførsler av grunnstoffelementer fra Elkem Solar AS sitt renseanlegg til Kristiansandsfjorden målt som kg/år. Sammenstillingen er gitt av Bård Tobiesen, Elkem Solar AS.

År	Al	Cr	Cu	Fe	Ni	As	Zn
2009	5,9	5,05	0,77	32,47	4,37	1,98	1,34
2010	29	10	12,2	36,8	25,9	3,4	5,8
2011	24,1	7,63	8,09	60,74	17,59	5,52	2,64
2012	1,88	0,54	3,95	21,9	4,39	1,13	0,73

Elkem Solar AS har på grunn av markedsutfordringer hatt en lengre tids produksjonsstans. Produksjonstrinnet «Hydro» som bidrar til sjøutslippet, har vært stanset fra 22.03.2012 til dato for opplysningene (24.05.2013).

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 2**). 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. Av forskjellige grunner ble det også avvik fra planene for 2011. I 2012 ble imidlertid dette kompensert med 3 innsamlinger for blåskjell og SPMDer.

Tabell 2. Gjennomført og planlagt frekvens for overvåkingen i regi av Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS. Tall i parentes representerer gjennomført.

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). DGTene fanger opp den ioniske formen av metallene samtidig som de integrerer konsentrasjoner over tid. Tilsvarende gjelder for SPMDene, men disse anvendes for å måle konsentrasjonen av hydrofobe forbindelsene som PAH i vannmassene.

Ovenfor er det brukt betegnelsen «metaller». Vi har valgt å bruke denne samlebetegnelsen for de analyserte grunnstoffelementene som omfatter både metaller (jern, aluminium, kalsium), tungmetaller (kadmium, kobolt, krom, kobber, bly, sink, nikkel) og halvmetaller (silisium, arsen).

2.1.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

De passive prøvetakerne ble utplassert i vannmassene ca. 2-4 m under overflaten.

Eksponeeringsperiodene og koordinater for stasjonene er vist i **Tabell 3**.

Prøvetakingsstasjonene er vist på kart i **Figur 4**.

Tabell 3. Stasjoner og eksponeringsdatoer for passive prøvetakere med posisjoner (WGS84) i 2010-2012.

Stasjonsnavn	Dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen	27/8-28/9 2010	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	27/8-28/9 2010	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	27/8-28/9 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
Timlingene	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°04.794	Ø 07°58.443

DGTene fanger den ioniske formen av metaller i opptakslaget gjennom en chelanterende gel. Før analysene ekstraheres gelen 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 opptakrater 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. Prøvetakerne 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 rensert 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 PAHer. 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 prøvetakerne. Den blir kun eksponert i luft ved utsetting og opptak av de passive prøvetakerne. Med kunnskap om eksponering, prøvetakingsperiode og akkumulert masse, er det mulig å beregne gjennomsnittskonsentrasjoner for forbindelsene.



Figur 4. 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

Miljøtilstanden i de øvre vannlag i Kristiansandsfjorden overvåkes også ved analyse av forbindelser i blåskjell. Skjellene gir dermed et bilde av biotilgjengeligheten av metaller og PAH.

2.2.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Plasseringen av blåskjellstasjonene med samme geografiske plassering og benevnning som de passive prøvetakerne er vist på kart i **Figur 4**. Hensikten er at de skal gi informasjon fra nærområdet til Elkem-bedriftene. 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). Koordinater for stasjonene er gitt i **Tabell 4**.

Tabell 4. Blåskjellstasjoner med posisjoner (WGS84). Dato angir innsamlingsdato for stedeagne skjell og eksponeringsperiode for utsatte skjell (kun 2011).

Stasjonsnavn	Dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen	27/8-28/9 2010	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	27/8-28/9 2010	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	27/8-28/9 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
Timlingene	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°04.794	Ø 07°58.443

Det ble innsamlet ca. 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 30 skjell fra hver stasjon.

Blåskjellene ble analysert av EUROFINs laboratorium for metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Si, Fe, Co og Ca. Skjellene ble i tillegg analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Metallene er bestemt ved at prøven oppsluttes ved autoklaving 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 frysetørrede prøver indre standarder. Prøvene ekstraheres så med toluen i minimum 8 timer. Ekstraktene gjennomgår ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer før ekstraktet analyseres med HRGC/HRMS.

2.3 Metaller og PAH i sedimenter

2.3.1 Bakgrunn

Tidsutviklingen i PAH-belastningen på sedimentene i indre deler av Kristiansandsfjorden har i hovedsak vært fulgt ved gjentatte prøvetakinger og analyser av prøver fra overvåkingsstasjonen K17 i Fiskåbukta. Denne stasjonen inngår også i myndighetenes overvåkingsprogram for fjorden som nå er igangsatt. For å øke både presisjonen og utsagnskraften i tidstrendovervåkingen er to nye overvåkingsstasjoner opprettet: én i den bedriftsnære "Elkembukta" og én i sentral/sydlig del av Fiskåbukta. I tillegg er tre stasjoner særlig rettet mot Elkem Solar AS inkludert.

2.3.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Plasseringen av sedimentstasjonene er vist i **Figur 5**. Koordinater, vanddyp og antall prøver som ble tatt er gitt i **Tabell 5**. EC1 og KH03 er stasjoner særlig knyttet til påvirkning fra Elkem Carbon AS, mens stasjonene ES1- ES3 er særlig relevante for problemstillinger knyttet til Elkem Solar AS. Stasjon K17 er også vist. I forbindelse med evaluering av konsekvensene av utslippet fra Elkem Solar AS (Molvær mfl. 2011) ble denne stasjonen prøvetatt og analysert. Stasjon K17 er også en av myndighetenes overvåkingsstasjoner og er i den sammenheng prøvetatt i 2012.



Figur 5. Plassering av sedimentstasjoner.

Sedimentene ble prøvetatt med en van Veen-grabb og de øverste 2 cm av sedimentlaget snittet av for analyse. Avhengig av formålet ble en eller 5 parallelle prøver samlet inn. På stasjon K17 ble kun én prøve analysert for metaller (ikke PAH) i 2010, i 2012 er det analysert på fem parallelle både for metaller og PAH.

Tabell 5. Vanddyp, antall parallelle prøver samt koordinater for sedimentstasjonene i 2012.

Stasjon	Dato	Vanddyp (m)	Antall sedimentkjemi	Antall bløtbunnsfauna	Lengdegrad	Breddegrad
ES 1	05.06.12	20	1	0	58° 07,656	7° 58,725
ES 2	05.06.12	22	1	0	58° 07,612	7° 58,723
ES 3	05.06.12	22	1	0	58° 07,554	7° 58,640
EC 1	05.06.12	20	5	4	58° 07,466	7° 58,488
K17	04.06.12	31	5	4	58° 07,507	7° 58,785
KH03	05.06.12	17	5	2	58° 07,163	7° 58,669

EUROFINS laboratorium gjennomførte analysene av PAH, innhold av finstoff (dvs. vektprosent partikler med kornstørrelse $<63\mu\text{m}$), organisk karbon (TOC) og metaller i sedimenter. Bestemmelse av prosentandel $<63\mu\text{m}$ er gjort ved våtsikting. Analyser av TOC er gjort med en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp. Metallene er bestemt ved at prøven oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre og analyseres med hjelp av ICP-AES, bortsett fra Hg som bestemmes med gullfelle og kalddamp atomabsorpsjon.

Ved bestemmelse av PAH tilsettes prøvene deuterte indre standarder og ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Etter opprensing og oppkonsentrering kvantifiseres PAH-forbindelsene ved hjelp av interne standarder og GC med MS-detektor. Måleusikkerheten er generelt $<10-20\%$, dog kan den være høyere for enkelte forbindelser. Betegnelsen sum PAH senere i rapporten inkluderer summen av tetra- til heksasykliske forbindelser.

2.4 Sammensetning av dyrelivet på bløtbunn

2.4.1 Bakgrunn

Undersøkelser av dyrelivet på bløtbunn benyttes rutinemessig for å karakterisere miljøtilstand og overvåke endringer i tilstanden i kyst- og fjordområder. Karakterisering av tilstanden gjøres på basis av en samlet vurdering av artsrikhet, antall individer og egenskaper hos de viktigste artene. I Vanndirektivet inngår bløtbunnsfauna som et av kvalitetselementene for vurdering av økologisk tilstand. Systemet er under utvikling, men det foreligger et foreløpig system som her er benyttet i vurdering av økologisk tilstand (Veileder 01:2009).

Ved overvåking av industriresipienter gjøres det fortrinnsvis undersøkelser på faste stasjoner. En ulempe i områder med sammensatte miljøproblemer er at faunaen responderer på de samlede påvirkningene. Dette kan gjøre det vanskelig å påvise virkningene av de enkelte påvirkningsfaktorene. Ofte er valg av stasjoner og prøvetakingen i felt derfor koordinert med undersøkelsene av sedimentene for å få sikre et tett samsvar mellom fauna og påvirkningsfaktorer.

I Fiskåbukta har det tidligere vært foretatt undersøkelser i 1983 (en stasjon), 2001, 2006 og 2010. Ved vurdering av resultatene er det foretatt sammenligninger med alle tidligere prøver fra disse stasjonene.

2.4.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Prøvene av bunnfauna ble tatt fra to stasjoner, EC1 og KH03, som begge sammenfaller med stasjonene for sedimentanalyser (**Figur 5**). Stasjon EC1 ble opprettet ved undersøkelsen i 2010 (Næs mfl. 2011), mens KH03 ble opprettet i 2001 og senere undersøkt i 2010. I tillegg er resultater fra stasjon K17 i Fiskåbukta, som ble innsamlet som ledd i overvåkingsprogrammet for miljøgifter i Kristiansandsfjorden 2012, også behandlet. Stasjon K17 er tidligere undersøkt i 1983, 2006 og 2010.

Alle prøvene ble tatt med 0,1 m² van Veen bunngrabb. På EC1 ble det tatt fire parallelle grabbhugg, mens det på KH03 ble tatt to hugg. På K17 ble det tatt fire grabbhugg. Opplysninger om prøvetakingen og visuelle observasjoner er gitt i **Tabell 6**.

Tabell 6. Data for prøvetakingen av bunnfauna 2012. Koordinater for stasjonene er gitt i **Tabell 5**.

Stasjon	Lokalitet	Dyp (m)	Antall prøver	Visuelle observasjoner
EC 1	Elkem Carbon AS	20	4	Fyllingsgrad i grabb 2:3 (13-17 liter). Svart finkornet sediment med 2-3 mm olivengrønt topplag. Mye trebiter og organisk materiale, noen døde skjell og løse. Slangestjerner, børstemark og snegl. Ingen H ₂ S lukt.
K17	Fiskåbukta	31	4	Fyllingsgrad i grabb 2:3 (14-18 liter). Mørk koksgrått finkornet sediment. Mye flis og trebiter. Døde skjell. Observert børstemark. Ingen H ₂ S lukt.
KH03	Bragdøya/ Timlingene	17	2	Fyllingsgrad i grabb 2:3 (15-17 liter). Mørk grått silt/leiraktig sediment med 3-4 mm olivengrønt topplag. Rørbyggende børstemark og slangestjerner observert. Ingen H ₂ S lukt.

Til analyse av bunnfauna ble sedimenter fra hver grabbprøve vasket på 5 mm og 1 mm sifter for fjerning av finmateriale. Sikterestene ble fiksert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning og brakt til laboratorium for videre sortering og artsbestemmelse. I alle prøvene ble sedimentet inspisert for lukt, farge, sjiktning og visuelle objekter.

I laboratoriet ble alle prøvene håndsortert med bruk av lupe. Alle dyr ble identifisert og telt, og overført til 70 % etanol for oppbevaring. Identifiseringen ble i hovedsak utført til artsnivå.

2.5 Bedømming av miljøtilstand

2.5.1 Klifs klassifiseringssystem for blåskjell og sedimenter

Klif har utviklet kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i blant annet blåskjell som vist i **Tabell 7**. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ubetydelig/lite (klasse I) forurenset til meget sterkt (klasse V) forurenset for innhold av forurensende stoffer.

Tabell 7. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i blåskjell (Molvær mfl. 1997).

Arter/ vev	Parametere	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		<i>Ubetydelig – Lite forurenset</i>	<i>Moderat forurenset</i>	<i>Markert forurenset</i>	<i>Sterkt forurenset</i>	<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, fenatren, 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).

Klifs kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i sedimenter er vist i **Tabell 8**.

Tabell 8. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i sedimenter (Bakke mfl. 2007).

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Metaller	Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15 - 0,63	0,63 - 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
PAH	Naftalen (µg/kg)	<2	2 - 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
	Acenaftalen (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
	Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
	Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
	Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
	Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
	Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
	Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
	Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
	Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
	Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	>4800
	Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
	Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
	Benzo[ghi]perylen (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
	PAH16 ¹⁾ (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
	PCB7 ²⁾ (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	>1900
PCDD/F ³⁾ (TEQ) (µg/kg)	<0,01	0,01 - 0,03	0,03 - 0,10	0,10 - 0,50	>0,50	
Heksaklorbenzen (HCB) (µg/kg)	0,5	0,5 - 17	17 - 61	61 - 610	>610	

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioxiner/furaner

2.5.2 Klassifisering av økologisk tilstand i sedimentene

I klassifikasjonssystemet som er under utvikling til Vanddirektivet benyttes et sett med indekser som beregnes på bakgrunn av artssammensetning og individmengder i prøvene (Veileder 01:2009). Indeksene representerer artsrikhet, artsmangfold og artenes følsomhet for forurensninger. Systemet har fem tilstandsklasser som spenner fra meget god til meget dårlig miljøtilstand. Systemet har lignende struktur som Klifs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (Molvær mfl. 1997), som tidligere ble benyttet i resipientovervåking, men omfatter flere parametre. I **Tabell 9** er klassegrenser og referanseverdier vist. Alle indeksene kan omregnes til en felles skala, benevnt normert EQR (= 'ecological quality ratio'), ved hjelp av en overføringsfunksjon (Veileder 01:2009). Normerte verdier har et skalaområde 0-1 med like intervaller for hver tilstandsklasse (**Tabell 9**).

Tabell 9. Klassegrenser og referanseverdier for ulike indekser ved klassifisering av økologisk tilstand i kystvann. Indeksene NQI 1 og NQI 2 er såkalte multimetriske indekser som sammenfatter informasjon om artsrikhet og artenes følsomhet for forurensninger, H' = Shannon-Wiener indeks (\log_2), ES_{100} = forventet antall arter ved 100 individer, ISI indeks som angir artenes følsomhet for forurensninger. Norm EQR er en felles skala som alle indekser kan omregnes til (fra Veileder 01:2009).

Parameter	Referanseverdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI 1	0,78	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
NQI 2	0,73	>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
H'	4,4	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES_{100}	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9	>8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2
Norm EQR	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00

3. Resultater og diskusjon

3.1 Metaller og PAH i vannmasser

Denne delen av overvåkingsprogrammet vurderer 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 10**. 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.

Det var relativt liten forskjell i verdiene mellom stasjonene i Fiskåbukta. Det samme gjelder hvis det sammenlignes mot observasjoner fra Flekkerøygapet (Schøyen mfl. 2010), bortsett fra kanskje Ni som er høyere i Fiskåbukta. Det fremgår også at flere av metallene var relativt sett høyere i september 2011. Resultatene i **Tabell 10** og **Tabell 11** tilsier derfor at det ikke har blitt observert systematiske forskjeller i metallkonsentrasjoner i vannmassene i de tre årene overvåkingen har foregått.

Tabell 10. Innhold av metaller i vannmassene beregnet ut fra konsentrasjoner i passive prøvetakere (DGT). Resultatene fra stasjonen ved Flekkerøygapet er fra Schøyen mfl. 2010.

	Al µg/l	Ca µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
2010										
Fiskåtangen 06.09	0,097	310	0,011	0,03	<0,01	0,15	0,6	0,41	0,007	0,48
Lumber 06.09	0,220	350	0,01	0,032	<0,01	0,24	1,2	0,39	0,011	0,52
Timlingene 06.09	0,091	310	0,01	0,029	0,01	0,013	0,5	0,37	0,014	0,66
Flekkerøygapet 06.09	0,320*	320	0,013	0,018	<0,01	0,12	1,7	0,22	0,011	0,61*
2011										
Fiskåtangen 06.09	0,160	270	0,0076	0,016	0,022	0,22	<1	0,27	0,025	0,63
Lumber 06.09	1,400	250	0,014	0,053	0,032	0,33	3,0	0,84	0,017	1,80
Timlingene 06.09	0,280	270	0,009	0,022	<0,01	0,13	1,0	0,33	0,008	0,64
Fiskåtangen 19.10	0,640	330	0,0100	0,029	0,020	0,13	2	0,48	0,015	0,50
Lumber 19.10	0,220	410	0,010	0,023	0,020	0,10	<1	0,42	0,009	0,61
Timlingene 19.10	0,260	340	0,010	0,028	0,030	0,12	<1	0,42	0,008	0,50
2012										
Fiskåtangen 02.04	0,30	410	0,015	0,032	0,064	0,31	1,8	0,55	0,024	0,68
Lumber 02.04	0,20	300	0,01	0,024	0,048	0,18	0,91	0,42	0,011	0,66
Timlingene 02.04	0,15	330	0,011	0,026	0,081	0,39	1,4	0,39	0,023	0,88
Fiskåtangen 06.07	0,08	420	0,0091	0,022	0,08	0,13	1	0,37	0,0063	0,54
Lumber 06.07	0,27	471	0,01	0,033	0,05	0,18	2	0,51	0,01	0,68
Timlingene 06.07	0,25	504	0,012	0,033	0,09	0,27	2	0,53	0,017	1,2
Fiskåtangen 01.10	0,069	250	0,011	0,029	0,04	0,12	1	0,46	0,0084	0,49
Lumber 01.10	0,19	320	0,013	0,029	0,03	0,24	1	0,48	0,036	0,88
Timlingene 01.10	0,098	390	0,012	0,03	0,06	0,14	1	0,46	0,031	0,6

*Høye «blankverdier» medfører usikre konsentrasjoner

Tabell 11. Metallkonsentrasjoner i vannmassene målt med DGTer i 2010, 2011 og 2012. Fargesetting for hvert metall (linje) representerer en konsentrasjonsgradient (ikke Klifs tilstandsklasser) der grønt er lavest og rødt høyest konsentrasjon.

	Flekkerøygapet	Fiskåtangen						Timlingen						Lumber					
	sep.10	sep.10	sep.11	okt.11	apr.12	jul.12	okt.12	sep.10	sep.11	okt.11	apr.12	jul.12	okt.12	sep.10	sep.11	okt.11	apr.12	jul.12	okt.12
Al µg/l	0,32	0,097	0,16	0,64	0,3	0,08	0,069	0,091	0,28	0,26	0,15	0,25	0,098	0,22	1,4	0,22	0,2	0,27	0,19
Ca µg/l	320	310	270	330	410	420	250	310	270	340	330	504	390	350	250	410	300	471	320
Cd µg/l	0,013	0,011	0,0076	0,01	0,015	0,0091	0,011	0,01	0,009	0,01	0,011	0,012	0,012	0,01	0,014	0,01	0,01	0,01	0,013
Co µg/l	0,018	0,03	0,016	0,029	0,032	0,022	0,029	0,029	0,022	0,028	0,026	0,033	0,03	0,032	0,053	0,023	0,024	0,033	0,029
Cr µg/l	<0,01	<0,01	0,022	0,02	0,064	0,08	0,04	0,01	<0,01	0,03	0,081	0,09	0,06	<0,01	0,032	0,02	0,048	0,05	0,03
Cu µg/l	0,12	0,15	0,22	0,13	0,31	0,13	0,12	0,013	0,13	0,12	0,39	0,27	0,14	0,24	0,33	0,1	0,18	0,18	0,24
Fe µg/l	1,7	0,6	<1	2	1,8	1	1	0,5	1	<1	1,4	2	1	1,2	3	<1	0,91	2	1
Ni µg/l	0,22	0,41	0,27	0,48	0,55	0,37	0,46	0,37	0,33	0,42	0,39	0,53	0,46	0,39	0,84	0,42	0,42	0,51	0,48
Pb µg/l	0,011	0,007	0,025	0,015	0,024	0,0063	0,0084	0,014	0,008	0,008	0,023	0,017	0,031	0,011	0,017	0,009	0,011	0,01	0,036
Zn µg/l	0,61	0,48	0,63	0,5	0,68	0,54	0,49	0,66	0,64	0,5	0,88	1,2	0,6	0,52	1,8	0,61	0,66	0,68	0,88

3.1.2 SPMD

SPMDer ble satt ut ved de tre områdene Lumber, Timlingene og Fiskåtangen, samtidig med DGTene og de utsatte blåskjellene.

Konsentrasjoner av PAH i SPMDene konverteres til vannkonsentrasjoner via ekstrahert vannvolum i eksponeringstiden og beregnes ut fra utlekkingen av de tilsatte PRC-ene (Performance Reference Compounds). Prosent gjenværende PRC etter eksponering er vist i **Tabell 12**. Mengden av deuterert acenaften (acenaften-d10) og deuterert fluoren (fluoren-d10) var lav og under 20 %. Laveste verdi var ved Fiskåtangen som indikerer ekstraksjonsrate. Gjenværende deuterert fenantren (fenantren-d10) var 20-40 %. Generelt ønskes det at 20-80 % av PRC-ene er til stede etter eksponering for å gi optimal beregning av ekstrahert vannvolum. Fenantren er derfor primært anvendt, se **Tabell 13**.

Tabell 12. Prosent gjenværende PRC (deuterert acenaften, fluoren, fenantren, krysen og benzo(e)pyren i SPMD.

	% gjenværende PRC i prøvene etter eksponering				
	Acenaften- <i>d</i> ₁₀	Fluoren- <i>d</i> ₁₀	Fenantren- <i>d</i> ₁₀	Krysen- <i>d</i> ₁₂	Benzo[e]pyren- <i>d</i> ₁₀
Lumber	6.5	13.1	40.0	94.6	98.5
Timlingene	5.8	13.1	40.0	96.7	100.0
Fiskåtangen	2.1	5.4	22.8	81.5	83.1

Tabell 13. Ekstraksjonsfrekvens (sampling rate) for SPMD.

	Sampling rates <i>R_s</i> for PRC (l/d)		
	Lumber	Timlingene	Fiskåtangen
Acenaften-d10*	4.3	4.4	6.0
Fluoren-d10*	5.8	5.8	8.3
Fenantren-d10**	5.9	5.9	9.5
Krysen-d12	-	-	-
Benzo[e]pyren-d10	-	-	-
* Ekstraksjonsfrekvens (sampling rates) kun for informasjon.			
**Data for fenantren ble brukt for bestemmelse av ekstraksjonsfrekvens for alle PAHer ut fra prosedyrer beskrevet av Huckins et al., 2006.			

Beregning av vannkonsentrasjon av PAH ut fra SPMD-målingene er vist i **Tabell 14**. Tabellen gir også EUs Vanddirektivs miljøkvalitetsstandarder (environmental quality standards, EQS) for PAH i ”hel” vannprøve (løst, pluss partikulært) (Directive 2008/105/EC). De passive prøvetakerne måler den fritt løste PAH-konsentrasjonen og er derfor vanskelig å sammenligne med EQSene uten videre modellering.

Imidlertid, antrasen, fluoranten og benzo[a]pyren beregnet fra de passive prøvetakerne var på alle stasjonene mye lavere enn EQSene. Det er derfor sannsynlig at en analyse av ”hel” vannprøve også ville gitt et resultat under EQSen. For summen av indeno(123-*c,d*)pyren og bezo(*ghi*)perylen på Lumber-stasjonen var verdien i juni og oktober en faktor 2-4 under EQSen. Ut fra disse forbindelsenes høye affinitet til løst og partikulært karbon, er det sannsynlig at konsentrasjonen i en ”hel” vannprøve ville vært betydelig høyere enn EQS-verdien.

Tabell 14. Løste konsentrasjoner av PAH målt med SPMD på tre steder i Fiskåbukta i 2012. "Environmental Quality Standards" (EQS) gitt av EUs Vanddirektiv er inkludert.

Stations	Lumber			Timlingene			Fiskåtangen			WFD EQS verdier AA/MAC (B)
	April 2012	Juni 2012	Okt 2012	April 2012	Juni 2012	Okt 2012	April 2012	Juni 2012	Okt 2012	
ACY	<0,09	0,11	<0,09	<0,1	<0,11	<0,082	<0,09	<0,1	<0,08	
ACE	0,67	1,1	1,6	0,51	0,50	0,88	0,45	0,49	0,75	
FLE	0,92	0,69	0,89	0,89	0,53	0,58	0,84	0,48	0,51	
DBTHI	0,12	0,12	0,20	0,11	0,083	0,092	0,10	0,082	0,096	
PHE	1,9	1,3	2,0	1,6	0,93	0,92	1,6	0,92	0,99	
ANT	0,11	0,15	0,44	<0,06	<0,07	0,11	<0,05	<0,06	0,15	100/400
FLUO	1,7	2,2	4,5	0,67	0,52	1,1	0,72	0,56	1,3	100/1000
PYR	1,2	2,1	3,8	0,38	0,33	0,89	0,43	0,34	1,1	
BaA	0,45	0,99	2,0	0,13	0,11	0,34	0,13	0,11	0,46	
CHRY	0,52	0,89	1,9	0,15	0,11	0,32	0,14	0,12	0,50	
BbJF	0,38	1,4	1,6	0,13	0,15	0,35	0,11	0,13	0,44	30
BkF	0,13	0,47	0,61	<0,05	<0,06	0,14	<0,04	<0,05	0,16	
BeP	0,21	0,80	0,94	0,078	0,090	0,23	0,062	0,076	0,26	
BaP	0,15	0,83	0,74	<0,05	0,061	0,13	<0,04	0,057	0,17	50/100
PER	0,059	0,26	0,29	<0,05	0,11	0,049	<0,05	<0,05	0,066	
IcdP	0,088	0,59	0,26	<0,06	<0,07	0,066	<0,05	<0,06	0,080	2
BghiP	0,094	0,57	0,31	<0,06	<0,07	0,091	<0,05	<0,06	0,10	
DBahA	<0,06	0,18	0,084	<0,07	<0,08	<0,05	<0,06	<0,06	<0,033	
Sum PAH	8,8	14,8	22,3	5,1	4,0	6,4	5,0	3,8	7,2	

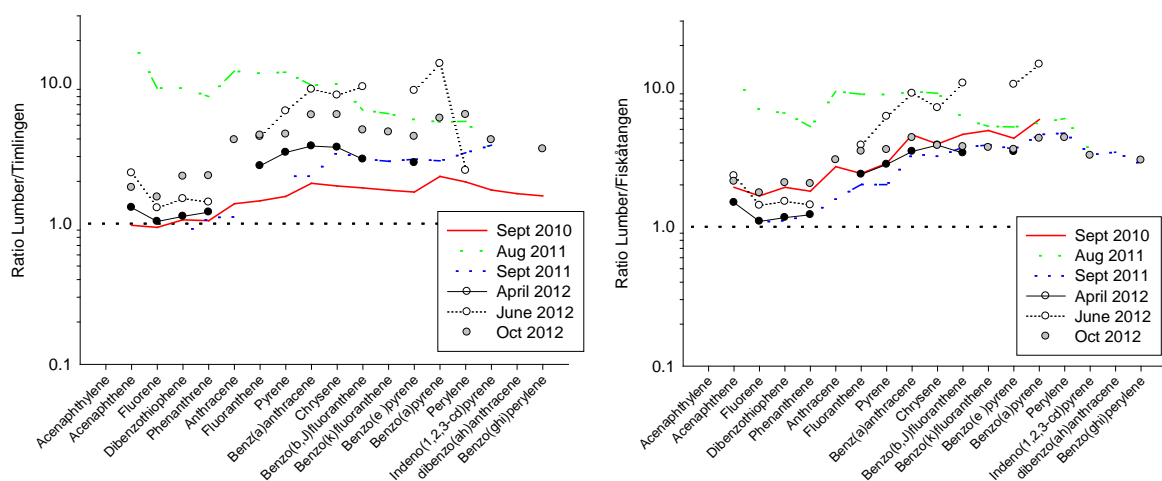
(B): Water Framework Directive (WFD) Environmental Quality Standard for hel vannprøve(ng/l); AA: annual average; MAC: maximum allowable concentration.

Utviklingen i løste konsentrasjoner av PAH over tid viser at det er variasjoner innen år og sesong, **Tabell 15** og **Figur 6**. Konsentrasjonene er imidlertid relativt konsistente uten systematiske variasjoner over tid, bortsett for verdien for august 2011 for stasjonen Lumber. Den forhøyede verdien kunne muligens skyldes partikkeltransport i forbindelse med kommunalt veiarbeid på Vågsbygdveien. Målingene i 2012 viser at det i så fall var en tidsavgrenset påvirkning (se også kap. 3.2.).

Tabell 15. Utvikling av PAH i SPMD over tid (ng/l).

	sum PAH	Lumber	Timlingene	Fiskå
sep.10		8,35	6,40	6,77
aug.11		35,19	4,73	4,59
sep.11		16,24	10,05	9,24
apr.12		8,8	5,1	5,0
jun.12		14,8	4,0	3,8
okt.12		22,3	6,4	7,2

Forholdstallet for løste (SPMD-målte) konsentrasjoner mellom de forskjellige stasjonene **Figur 6** viser detaljer for de forskjellige PAH-forbindelsene. Figuren viser de relativt sett høye verdiene for Lumber-stasjonen i forhold til stasjonen ved Timlingen og på Fiskåtangen, særlig for PAH-forbindelser med lavere/midlere molkylvekt.



Figur 6. Forholdstall for løste (SPMD) PAH-konsentrasjoner mellom de tre stasjonene i Fiskåbukta i 2012. Merk log-skala. Dato angir tidspunkt for utsettelse av SPMD-prøvetakerne.

3.2 Metaller og PAH i blåskjell

Denne delen av overvåkingsprogrammet vurderer i hvilken grad 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, 2011 og 2012 er presentert i **Tabell 16**. Konsentrasjonene av de miljømessig betenkelige metallene (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) var relativt lave. Alle stasjonene i Fiskåbukta kan karakteriseres som ubetydelig-lite (klasse I) til moderat forurenset (klasse II) med hensyn til metaller både i 2010, 2011 og 2012. Det er også sammenlignet med resultater fra skjell samlet ved Flekkerøy/Kjeholmen (Schøyen mfl. 2010, 2012 og unpubl.). Denne stasjonen representerer en referansestasjon. Det var ikke noen vesentlig forskjell i konsentrasjonene av metaller i skjell fra denne stasjonen sammenlignet med de fra Fiskåbukta.

Eventuelle forhøyede konsentrasjoner av elementene Si og Ca har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. Det er en tendens til økende Si-konsentrasjoner i skjellene fra Fiskåbukta fra 2010 til 2012 med gjennomsnittsverdier på 124, 169 og 355 for hhv. 2010, 2011 og 2012. Hvis man ser disse verdiene i forhold til referansestasjonen ved Flekkerøy/Kjeholmen var gjennomsnittskonsentrasjonen for Fiskåbukttasjonen en faktor ca. 2 høyere i både 2010 og i 2011. I 2012 var forholdstallet 3. Ca-verdiene varierer relativt usystematisk mellom stasjonene og det er ikke noen trender i tid eller vesentlige forskjeller mellom stasjonene i Fiskåbukta og den ved Flekkerøy/Kjeholmen.

Tabell 16. Konsentrasjoner oppgitt i tørrvekt for metaller (mg/kg t.v.) og våtvekt for PAH-forbindelser ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) i blåskjell. Fargekode tilsvarende Klif's klassifiseringssystem. Resultater fra Flekkerøy/Kjeholmen er fra (Schøyen mfl. 2010, 2012 og upubl.).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Al	Fe	Co	Si	Ca	Sum PAH16	Sum KPAH	B(a)P
S=stedegne skjell																
U=utsatte skjell																
2010:																
Fiskåtangen, S	15,5	0,9	1,3	9,3	0,08	2,8	1,3	99	61	194	0,9	156	2813	46	23	2,2
Fiskåtangen,U														43	17	2,1
Lumber, S	13,5	1,3	1,5	10,3	0,13	3,6	3,3	129	68	492	1,2	123	4539	261	161	14
Lumber, U														64	26	3,3
Timlingene, S	17,4	1,4	1,5	8,4	0,17	4,0	3,5	131	55	315	1,3	92	3462	52	30	2,4
Flekkerøy/Kjeholmen	23,0	1,4	1,5	6,9	0,20	3,9	7,9	131	40	30	0,1	62	4462	<13	<7	<0,5
2011:																
Fiskåtangen	10,9	1,7	4,9	9,4	0,19	9,6	5,2	189	84	414	1,9	186	5529	150	74	4,9
Lumber	11,3	1,6	6,2	10,0	0,17	11,8	4,0	146	76	654	1,6	215	5462	835	495	46
Timlingene	14,1	1,8	2,9	7,6	0,27	4,9	4,9	154	89	400	1,3	107	5093	65	35	2,3
Flekkerøy/Kjeholmen	4,4	1,1	2,7	5,9	0,22	3,0	10,8	106	52	392	0,6	95	2923	14	7,2	0,5
2012:																
Fiskåtangen 07/05/12	14,0	1,5	1,3	13,3	0,21	4,7	4,6	133	87	287	0,7	307	3467	138	77	4,93
Fiskåtangen 06/07/12	12,9	1,4	1,4	14,3	0,21	6,4	4,4	129	86	379	0,7	514	5429	80	56	3,9
Fiskåtangen 07/11/12	9,0	0,9	0,5	8,0	0,11	3,1	3,7	95	100	350	0,6	150	2300	116	59	6,4
Lumber 07/05/12	15,7	1,1	1,4	12,1	0,15	5,0	4,4	93	86	286	0,7	329	3143	297	218	18,3
Lumber 06/07/12	14,5	1,7	2,7	13,6	0,24	9,1	4,6	127	164	618	1,8	700	3909	156	113	9,4
Lumber 07/11/12	9,6	1,3	1,2	8,2	0,17	3,5	11,0	110	125	410	0,7	266	5800	231	221	26,3
Timlingene 07/05/12	15,3	1,4	1,3	10,7	0,21	4,0	8,7	100	87	287	0,7	393	10000	50	26	1,51
Timlingene 06/07/12	12,3	1,2	1,5	9,2	0,25	3,1	5,2	131	63	315	0,8	246	3231	20	10	0,5
Timlingene 07/11/12	14,0	1,3	1,3	7,2	0,10	3,1	4,1	120	140	400	0,9	293	3100	23	13	1,53
Flekkerøy/Kjeholmen	16,2	1,1	5,7	7,3	0,2	3,7	8,2	132	82	362	0,8	115	9308	9	5,3	<0,5

For konsentrasjoner av PAH i blåskjell er det generelle bildet at en ser en påvirkning og forhøyede konsentrasjoner på stasjonene nær Elkem, dvs. stasjonene Lumber og Fiskåtangen. Konsentrasjonene som observeres her tilsvarende moderat til markert forurensning (tilstandsklasse II-III) for PAH₁₆ og moderat til meget sterk forurenset (tilstandsklasse II-V) for KPAH og B(a)P. Lumberstasjonen var den som hadde høyest konsentrasjon av disse to stasjonene.

PAH-påvirkningen ser i mindre grad ut til å påvirke stasjonen ved Timlingene som ligger noe lengere bort fra det nære bedriftsområdet. Her tilsvarende konsentrasjonene i skjellene ubetydelig til moderat forurensning (tilstandsklasse I-II).

I rapporten som omhandler resultatene fra 2011 ble det påpekt en generell trend med høyere verdier i 2011 sammenlignet med 2010. Gravearbeid på Vågsbygdveien med tilførsler til Fiskåbekken kunne være av betydning. Resultatene fra 2012 viser at verdiene nå er redusert. Eksempelvis ble det observert en konsentrasjon av PAH₁₆ og B(a)P i skjell fra Lumberstasjonen på hhv. 835 og 46 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. I 2012 var tilsvarende verdier 228 og 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. Det skal gjøres oppmerksom på at verdiene fra 2011 representerer kun en innsamling, mens verdiene fra 2012 er et gjennomsnitt av tre prøvetakingsrunder.

3.3 Metaller og PAH i sedimenter

Denne delen av overvåkingsprogrammet vil på sikt kunne vise om Elkem Carbon AS sine reduserte utslipp av PAH medfører en reduksjon av PAH-konsentrasjonene i sedimentene nær bedriften. Overvåkingen undersøker også om man kan spore tilførsler til sedimentene av grunnstoffelementer inkludert metallforbindelser til fra Elkem Solar AS.

Resultatene fra analysene av metaller i overflatesedimentene er vist i **Tabell 17**. og **Tabell 18**. Resultatene er også vist grafisk i **Figur 7** og **Figur 8**. Hovedbilde er at det er en betydelig reduksjon i konsentrasjonene siden forrige prøvetaking i 2010 (2006 for K17 for PAH). Størst reduksjon sees på stasjonene nær Elkembedriftene, altså stasjonene EC1 og ES1-3, deretter stasjonen ved Timlingene (KH03) og minst på stasjon K17. Endringene i konsentrasjon er så betydelig at det neppe kan skyldes naturlig forbedring. For eksempel ble sedimentasjons hastigheten på to stasjoner i Vesterhavn/Fiskåbukta i 2006 målt til et par millimeter i året (Berge mfl. 2007). Et spørsmål som må stilles i den sammenheng er om endringene kan ha analysemessige grunner. På stasjonene EC1, KH03 og K17 er det blitt samlet inn og analysert 5 parallelle prøver fra hver av stasjonene. Det er et godt og forventet samsvar mellom parallellene. Videre er det som omtalt ikke en lik og systematisk prosentvis endring på stasjonene. Det er derfor sannsynlig at de endringene som observeres er reelle og ikke grunnet i analysetekniske problemstillinger.

Den mest sannsynlige årsaken til endringene er derfor at sedimentene har blitt tilført mindre forurensede partikler som har fortynnet konsentrasjonene i det øverste sedimentlaget.

Elkem Solar AS har et utslipp av partikler som inneholder bl.a. Ca og Si og disse forbindelsene ble inkludert i analysene som et «sporstoff» for påvirkninger fra Elkem Solar AS. På grunnlag av resultatene fra 2010 ble det konkludert at det var grunn til å anta at de forhøyede verdiene da av Ca nær Elkem Solar AS kan skyldes deres utslipp. I prøvene fra 2012 var konsentrasjonen av Ca på ES1 lik den i 2010, men konsentrasjonen på ES2 var dobbelt så høy i 2012 som i 2010. På de andre stasjonene var Ca-konsentrasjonen lavere i 2012 enn i 2010. Lavere verdier i 2012 sammenlignet med 2010 var også tilfelle for Si på alle stasjonene. Det er derfor mulig at utslipp fra Elkem Solar AS kan ha påvirket de bedriftsnære stasjonene og gitt en fortynning av metall- og PAH-verdiene, men kan neppe være forklaringen alene.

I overvåkingsrapporten for 2011 (Næs mfl. 2012) ble det påpekt at kommunalt veiarbeid på ny Vågsbygdvei til tider førte til betydelig partikkelpåvirkning av Fiskåbekken og dermed også det nære sjøområdet til Elkem. Det er en mulighet at sedimentering av disse partiklene har medført fortynning av metall- og PAH-konsentrasjonene i sedimentene (se også rapport fra 2011-overvåkingen: Næs og medarb. 2012).

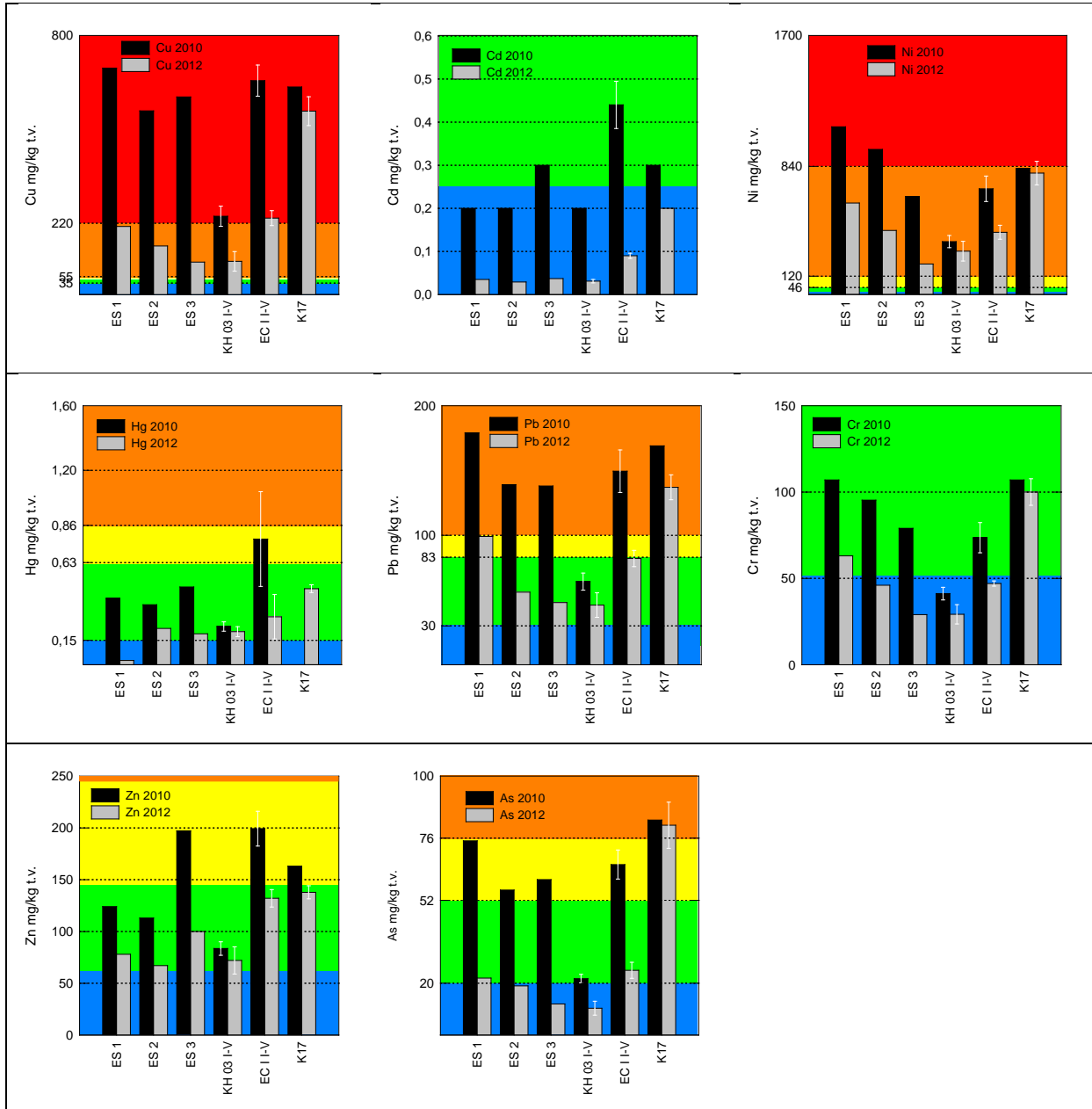
Selv om konsentrasjonen i sedimentene nå er redusert, er det fremdeles høye verdier for metaller som kobber, nikkel til dels bly, sink og arsen. Det samme gjelder for PAH hvor konsentrasjonene fremdeles er i de to høyeste tilstandsklassene svarende til dårlig/svært dårlig miljøtilstand.

Tabell 17. Konsentrasjoner av metaller i overflatesedimentene (0-2 cm) i 2010. Fargekode tilsvarer Klifs klassifiseringssystem. For stasjonene med fem replikate prøver (EC1 og KH03) er klassifiseringen gjort på grunnlag av gjennomsnittsverdien av prøvene.

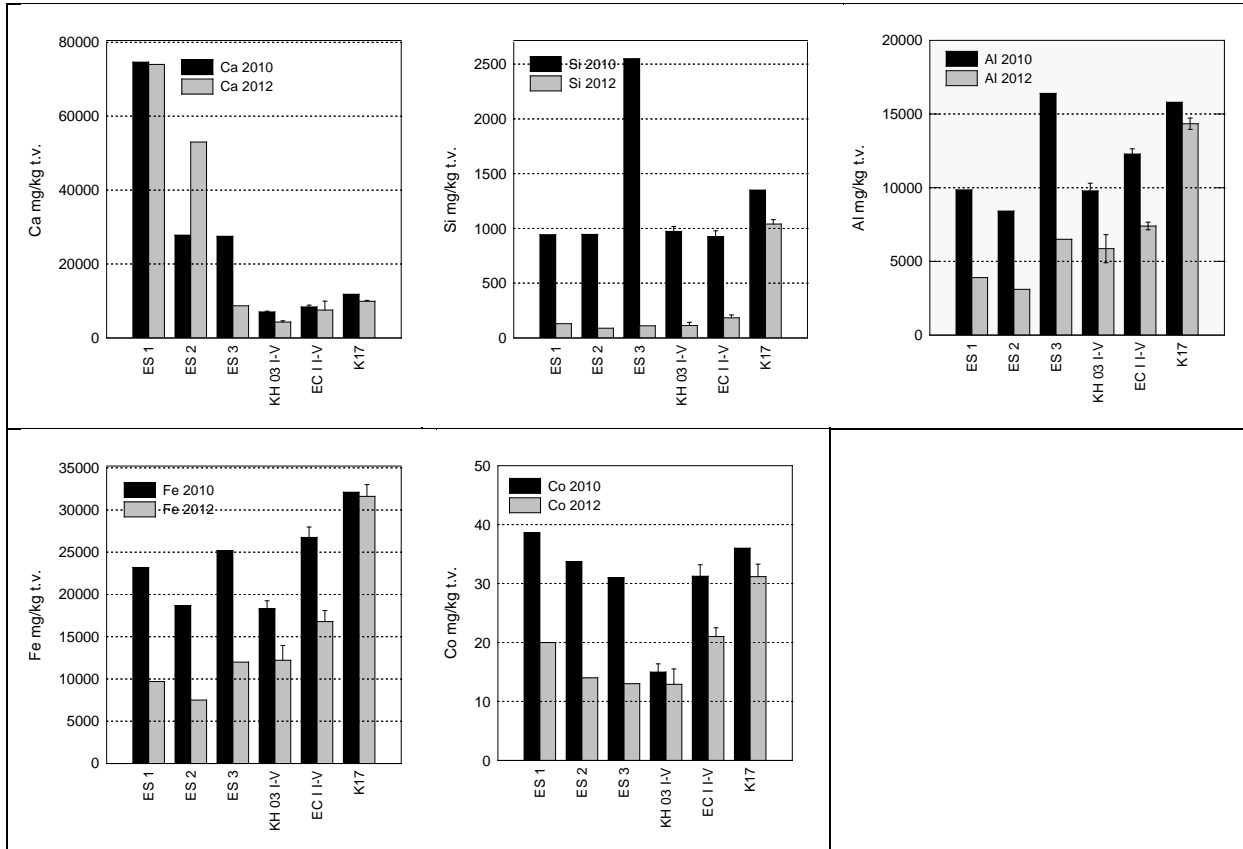
stasjon	TOC µg C/mg	As µg/g	Cd µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g	Hg µg/g	Fe µg/g	Co µg/g	Ca µg/g	Al µg/g	Si µg/g
ES 1 I	70,2	75	<0,2	107	699	1100	179	124	0,41	23200	38,6	74600	9850	943
ES 2 I	51,3	56	<0,2	95,3	567	952	139	113	0,37	18700	33,7	27800	8410	945
ES 3 I	125	60	0,3	79	610	643	138	197	0,48	25200	31	27500	16400	2550
KH03 I	30,1	21	<0,2	40,1	226	342	62,5	81,6	0,21	17900	14,8	7020	9320	931
KH03 II	26,4	23	<0,2	40,9	236	345	64,5	82,8	0,22	18300	14,9	7330	9760	979
KH03 III	30,5	21	<0,2	43,2	259	371	68,1	88	0,25	18900	16	7030	10200	1030
KH03 IV	33,4	24	<0,2	45,7	284	391	71,5	91,1	0,28	19500	16,4	7070	10400	997
KH03 V	23,7	20	<0,2	35,9	203	285	54,1	74,2	0,22	17100	12,8	6760	9230	923
KH03 I-V snitt	28,8	22	<0,2	41,2	242	347	64,1	83,5	0,24	18340	15,0	7042	9782	972
KH03 I-V stdev	3,8	1,6		3,7	31,1	40,0	6,6	6,5	0,0	920,9	1,4	202	518	45
EC 1 I	108	60	0,4	79	633	690	143	187	0,55	25700	29,8	8790	12200	930
EC 1 II	110	68,5	0,4	64,6	656	631	134	200	0,65	25800	30,6	7970	11800	846
EC 1 III	109	62	0,4	66,8	650	645	168	190	0,63	26500	30,1	8010	12300	947
EC 1 IV	110	64,5	0,5	71,6	621	663	136	228	1,28	28700	31,1	8970	12300	912
EC 1 V	110	74,1	0,5	85,6	743	838	166	191	0,77	27100	34,6	8210	12800	991
EC I-V snitt	109,4	65,8	0,4	73,5	661	693	149	199	0,78	26760	31,2	8390	12280	925
EC I-V stdev	0,9	5,6	0,1	8,7	48,1	83,8	16,4	16,8	0,3	1224	1,9	461	356	53
K17	55	83	<0,3	107	641	828	169	163		32100	36	11800	15800	1350

Tabell 18. Konsentrasjoner av metaller i overflatesedimentene (0-2 cm) i 2012. Fargekode tilsvarer Klifs klassifiseringssystem. For stasjonene med fem replikate prøver (EC1, KH03 og K17) er klassifiseringen gjort på grunnlag av gjennomsnittsverdien av prøvene.

stasjon	TOC/F µg C/mg	As µg/g	Cd µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g	Hg µg/g	Fe µg/g	Co µg/g	Ca µg/g	Al µg/g	Si µg/g
St.ES1	247	22	0,035	63	210	600	99	78	0,026	9700	20	74000	3900	130
St.ES2	56	19	0,029	46	150	420	56	67	0,224	7500	14	53000	3100	89
St.ES3	141	12	0,037	29	100	200	48	100	0,191	12000	13	8700	6500	110
St. KH03 I	26	5,8	<0,020	20	52	170	29	49	0,15	9100	8,4	4700	4200	62
St. KH03 II	37	13	0,033	34	130	330	51	82	0,228	13000	15	4300	6600	130
St. KH03 III	36	11	<0,028	31	100	310	51	76	0,222	13000	13	4500	6100	110
St. KH03 IV	37	11	<0,028	28	110	310	49	75	0,206	13000	14	3900	6100	120
St. KH03 V	34	11	0,028	33	120	300	50	78	0,214	13000	14	4100	6300	140
St. KH03 I-V snitt	34	10,4	0,031	29,2	102,4	284	46	72	0,204	12220	12,9	4300	5860	112,4
St. KH03 I-V st.dev	5	2,7	0,004	5,6	30,3	64,7	9,5	13,1	0,031	1744	2,6	316	950	30,3
St. EC1 I	126	21	0,09	46	220	360	77	130	0,334	16000	20	6000	7200	200
St. EC1 II	103	24	0,08	45	220	370	77	120	0,32	16000	20	5600	7200	160
St. EC1 III	209	29	0,093	49	270	450	90	140	0,382	19000	23	9100	7800	180
St. EC1 IV	121	24	0,096	46	220	400	79	130	0,388	16000	21	11000	7300	220
St. EC1 V	118	27	0,09	47	250	460	88	140	0,057	17000	23	5900	7500	160
St. EC I-V snitt	140	25	0,09	47	236	408	82	132	0,296	16800	21	7520	7400	184
St. EC I-V stdev	42	3,1	0,006	1,5	23,0	45,5	6,3	8,4	0,137	1304	1,5	2410	255	26,1
st. K17 I	48,7	78,6	<0,2	95,2	544	748	134	132	0,445	30800	29,6	9680	14100	1050
st. K17 II	51	74,8	<0,2	93,4	547	755	131	134	0,456	30200	30,2	9860	14000	999
st. K17 III	51	80,9	<0,2	99,4	551	773	134	139	0,496	32300	30,6	10300	14700	1040
st. K17 IV	51	96,2	<0,2	113	646	933	154	148	0,495	33700	34,8	9730	14800	1100
st. K17 V	51,8	74,5	<0,2	98,9	544	774	132	136	0,455	31100	30,7	9930	14100	1010
St. K17 I-V snitt	51	81	<0,2	100	566	797	137	138	0,469	31620	31,2	9900	14340	1040
St.K17 I-V st.dev	1,2	8,9		7,7	44,6	77,1	9,6	6,3	0,024	1392	2,1	245	378	39,6



Figur 7. Konsentrasjon av metaller klassifisert iht. Klifs klassifiseringssystem. Standardavvik er vist for stasjoner der det er analysert på fem paralleller.

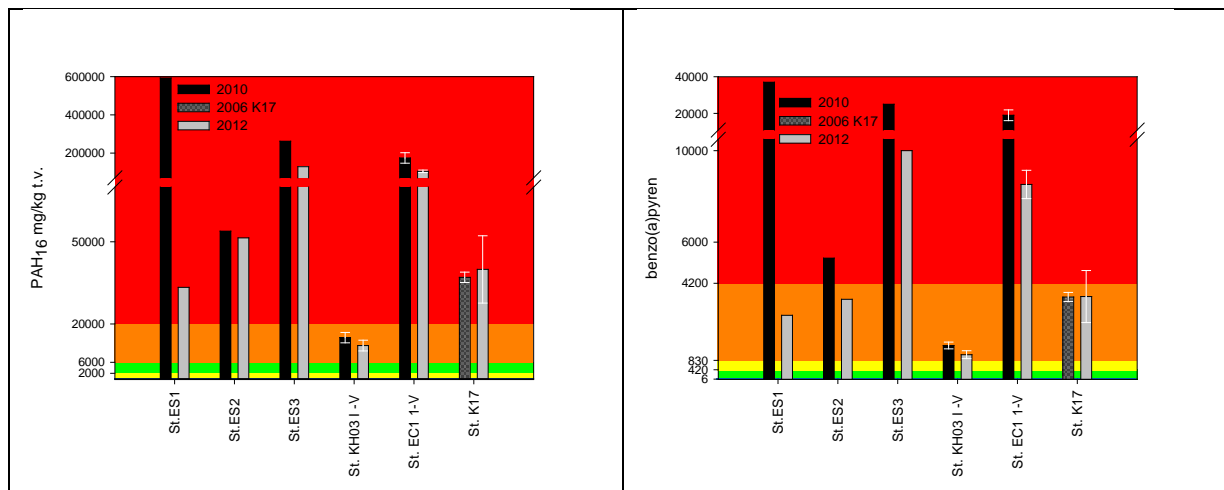


Figur 8. Konsentrasjon av metaller det ikke er utarbeidet tilstandsklasser for. Standardavvik er vist for stasjoner der det er analysert på fem paralleller.

PAH-innholdet i sedimentene er vist i **Tabell 19** og **Figur 9**.

Tabell 19. Konsentrasjoner av PAH-forbindelser i overflatesedimentene (0-2 cm). Fargekode er iht. Klifs klassifiseringssystem (Bakke mfl. 2007). For stasjonene med fem replikate prøver er klassifiseringen gjort på grunnlag av gjennomsnittsverdiene av prøvene, og standardavvik er oppgitt.

		ES 1	ES 2	ES 3	EC 1 I-V	KH03 I-V	K17 I-V
sum PAH ₁₆ 2006	µg/kg						37021 ±1893
sum PAH ₁₆ 2010	µg/kg	592600	53875	262310	174808 ±27399	15007 ±1881	
sum PAH ₁₆ 2012	µg/kg	33357	51423	128519	104434 ±6526	12101 ±1949	39904 ±1949
Benzo(a)pyren 2006	µg/kg						3600 ±200
Benzo(a)pyren 2010	µg/kg	37000	5300	25000	19000 ±2915	1480 ±148	
Benzo(a)pyren 2012	µg/kg	2800	3500	10000	8520 ±618	1076 ±173	3620 ±1137



Figur 9. PAH og B(a)P-innhold i sedimenter. Fargekode tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

3.4 Økologisk tilstand i sedimentene

Denne delen av programmet overvåker grad av forurensningseffekter på dyrelivet i sedimentene i nærområdet til Elkem.

Bunnfauna og klassifisering av økologisk tilstand

Resultatene fra bunnprøvene viste at det var en forholdsvis artsrik bunnfauna på alle stasjonene (Tabell 20). På stasjon EC1 ved Elkem Carbon AS var det et moderat antall arter, mens det på stasjon KH03 var et normalt antall arter, tatt i betraktning at det bare ble tatt to prøver på denne stasjonen. På K17 midt i Fiskåbukta ble det funnet et normalt antall arter. Individtetthetene var moderat høye. Sammenlignet med prøvetakingen i 2010 ble det funnet færre arter og lavere individtettheter på stasjon EC1, mens det på de to andre stasjonene var nokså like individtettheter i 2010 og 2012. På KH03 ble det funnet flere arter i 2012, men dette har nok sammenheng med at det bare ble tatt én prøve i 2010.

På basis av de beregnede indeksene karakteriseres den økologiske tilstanden som ”moderat” eller ”god” på stasjon EC1, mens tilstanden karakteriseres som ”god” eller ”svært god” på de to andre stasjonene (Tabell 21). I tilfeller med ulik klassifisering for indeksene anbefales det å legge mest vekt på indeksen NQ11 (Veileder 01:2009). I henhold til dette vil stasjon EC1 få karakteristikken ”moderat”, mens de to andre stasjonene får karakteristikken ”god”. En alternativ måte til å fastsette tilstandsklasse på er ved å beregne et gjennomsnitt over indeksene ved omregning til EQR-verdier. Ved dette prinsippet får alle stasjonene karakteristikken ”god”, men stasjon EC1 er svært nær grensen til klassen ”moderat” (Tabell 21).

Tabell 20. Sammenfattende data for bløtbunnsfauna i Fiskåbukta i 2012. Resultater fra prøvetakingen i 2010 (Næs mfl. 2011) er vist for sammenligning. Fullstendige resultater for parallelle prøver er gitt i Vedlegg 5.5.

Stasjon		2012			2010			
		Areal	Artstall	Ind.	Ind/m ²	Areal	Artstall	Ind/m ²
EC1	Elkem Carbon	0,4	41	1267	3168	0,4	71	7578
KH03	Timlingene	0,2	47	838	4190	0,1	30	3430
K17	Fiskåbukta	0,4	69	1604	4010	0,2	68	6115

Tabell 21. Klassifisering av økologisk tilstand på basis av bløtbunnsfauna i Fiskåbukta i 2012 etter systemet som er under utvikling til Vanndirektivet (Veileder 01:2009). Indeksene H' og ES₁₀₀ angir artsrikhet i bunndyrsamfunnet, ISI angir relativ betydning av arter som er følsomme for forurensninger, mens NQI 1 og NQI 2 er sammensatte indekser som omfatter både artsrikhet og følsomhet for forurensninger. Fargene angir økologisk tilstandsklasse: gul – moderat tilstand, grønn – god tilstand, blå – meget god tilstand. Indeksverdiene er beregnet som gjennomsnitt over parallellprøvene for hver stasjon.

Stasjon		NQI 1	NQI 2	H'	ES ₁₀₀	ISI	Norm EQR
EC1	Elkem Carbon	0,61	0,55	3,38	17,8	7,13	0,61
KH03	Timlingene	0,70	0,67	3,98	21,9	7,64	0,75
K17	Fiskåbukta	0,69	0,61	3,57	22,2	8,51	0,75

Tabell 22. De 10 viktigste artene med individtethet (ind/m²) på stasjonene i Fiskåbukta i 2012. Gruppe: b = børstemark, bm = båndmark, m = muslinger, n = nesledyr, sl = slangestjerne.

EC1 Elkem Carbon (0,4 m ²)			Fiskåbukta, K17 (0,4 m ²)		
	Gruppe	Ind/m ²		Gruppe	Ind/m ²
<i>Mediomastus fragilis</i>	b	973	<i>Prionospio fallax</i>	b	828
<i>Tharyx</i> sp	b	415	Nemertinea indet	bm	475
<i>Prionospio fallax</i>	b	383	Ophiuroidea juvenile	sl	435
<i>Caulleriella zetlandica</i>	b	198	<i>Amphiura filiformis</i>	sl	415
<i>Chaetozone</i> sp	b	198	<i>Caulleriella killariensis</i>	b	410
Nemertinea indet	bm	195	<i>Amphiura chiajei</i>	sl	248
<i>Thyasira flexuosus</i>	m	163	<i>Kurtiella bidentata</i>	m	160
Ophiuroidea juvenile	sl	98	<i>Mediomastus fragilis</i>	b	113
<i>Thyasira</i> sp	m	85	<i>Hydroidolina</i>	n	70
<i>Nucula</i> sp	m	70	<i>Mugga wahrbergi</i>	b	65

Timlingene, KH 03 (0,2 m ²)		
	Gruppe	Ind/m ²
Ophiuroidea juvenile	sl	755
<i>Amphiura filiformis</i>	sl	630
Nemertinea indet	bm	360
<i>Prionospio fallax</i>	b	300
<i>Kurtiella bidentata</i>	m	290
<i>Tharyx</i> sp	b	260
<i>Hydroidolina</i>	n	230
<i>Corbula gibba</i>	m	175
<i>Magelona minuta</i>	b	170
<i>Chaetozone</i> sp	b	170

De viktigste artene på hver av stasjonene er vist i **Tabell 22**. Stasjon EC1 ved Elkem Carbon AS var preget av mange arter med høye toleranser for miljøpåvirkninger og som ofte finnes i forurenset eller organisk anrikede sedimenter. Dette gjelder for eksempel børstemarkene *Mediomastus*, *Tharyx*, *Caulleriella* og *Chaetozone* og muslingen *Thyasira*. I alt fem av artene var blant topp-10 dominerende arter også i 2010. I sedimentet på denne lokaliteten var det høyt innhold av organisk stoff og høye konsentrasjoner av flere metaller og PAH (**Tabell 18** og **Tabell 19**). Det er naturlig å se forekomsten av tolerante arter som en effekt av tilstanden på lokaliteten.

På stasjonene KH03 og K17 var det også et innslag av tolerante arter, deriblant børstemarkene *Mediomastus*, *Caulleriella* og *Chaetozone* og muslingen *Corbula*, men det var flere arter tilstede som vanligvis blir borte ved sterk forurensning. Dette gjelder for eksempel den røde slangestjernen *Amphiura* som utgjorde et markant innslag i faunaen på disse stasjonene. Denne arten øker ofte i antall ved moderat organisk anrikning, men avtar ved høy belastning. Den er påvist å bli negativt påvirket av PAH og oljekomponenter og er listet som følsom både for organisk påvirkning og miljøgifter (Hiscock mfl. 2004). Tidligere undersøkelser har indikert at den avtar sterkt ved sedimentkonsentrasjoner av PAH som overstiger 10.000 µg/kg (Oug mfl. 1998). Trolig er arten på grensen av sin toleranse på stasjon K17 hvor det er målt konsentrasjoner av PAH på omkring 35.000-40.000 µg/kg både i 2006 (Berge mfl. 2007) og ved foreliggende undersøkelse (**Tabell 19**).

Utvikling over tid i Fiskåbukta

I **Tabell 23** er resultatene fra 2012 sammenlignet med tidligere prøvetakinger på de samme og nærliggende stasjoner i Fiskåbukta. De eldste prøvene er fra basisundersøkelsen av Kristiansandsfjorden i 1983 da stasjon K17 ble etablert. Denne stasjonen ble også undersøkt i 2006 (Rygg 1985, Berge mfl. 2007). I 2001 ble det gjennomført en forenklet undersøkelse i grunne områder av Kristiansandsfjorden som omfattet i alt fire lokaliteter i Fiskåbukta (KH03, 05, 07, 09) og en lokalitet i Vesterhavn (KH15) (Skei mfl. 2002). Lokalitetene KH05 og KH09 lå henholdsvis like sørvest for og like nordøst for stasjon EC1, mens KH07 lå ved Svensholmen på motsatt side av Fiskåbukta. De tre stasjonene i foreliggende undersøkelse ble alle undersøkt i 2010 (Næs mfl. 2011).

På stasjon K17 har det vært en tydelig forbedring fra 1983 og fram til dagens tilstand. I 1983 var faunaen svært artsfattig og sterkt dominert av arter som er tolerante for forurensninger (Rygg 1985). I henhold til dagens klassifikasjonssystem tilsvarte dette "dårlig" tilstand (**Tabell 23**). I 2006 var tilstanden betydelig forbedret og i 2010 og 2012 indikerte flere av indeksene at tilstanden var ytterligere forbedret. På KH03 var det en forbedring fra 2001 til 2010 og 2012. Det kan synes som om utviklingen har vært nokså lik på K17 og KH03.

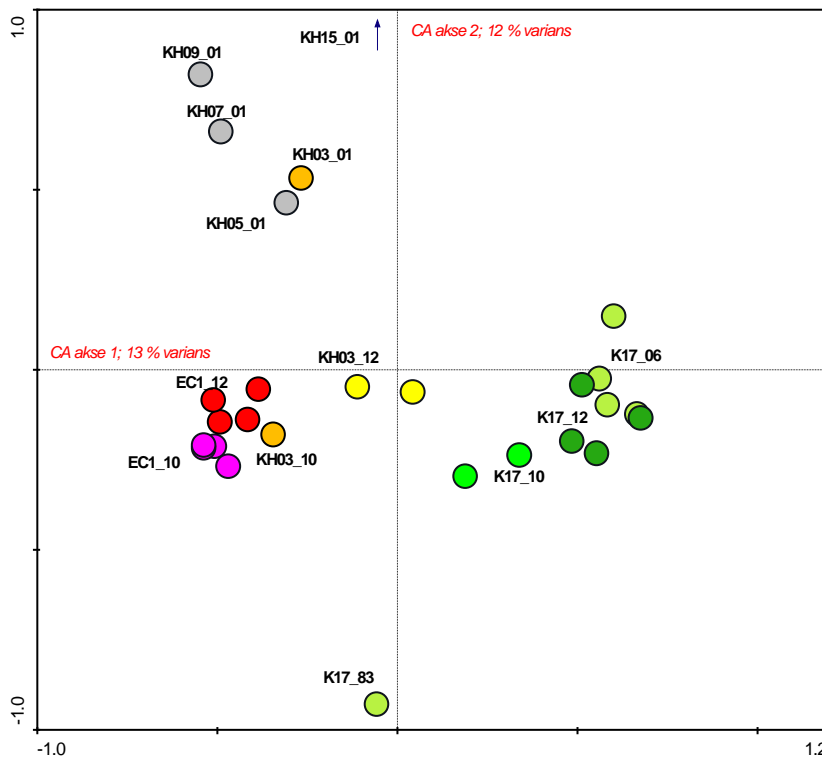
På stasjon EC1 med bare to prøvetakinger er det for kort tid til å vurdere utviklingen over tid. Tilstanden i 2012 ble karakterisert som litt dårligere enn i 2010.

Tabell 23. Sammenlignende data fra tidligere undersøkelser av bunnfauna i Fiskåbukta. Fargene angir økologisk tilstandsklasse i henhold til Veileder 01:2009 for de tre indeksene NQI1, H' og ISI: blå – meget god tilstand, grønn – god tilstand, gul – moderat tilstand, oransje - dårlig tilstand.

Stasjon	År	Dyp	Areal	Artstall	Ind/m ²	NQI 1	H'	ISI
K17 Fiskåbukta	2012	31	0,4	69	4010	0,69	3,57	8,51
	2010	31	0,2	68	6115	0,75	3,89	9,03
	2006	31	0,4	45	3263	0,69	3,03	7,89
	1983	31	0,3	15	11010	0,42	0,97	4,82
KH03 Timlingene	2012	17	0,2	47	4190	0,70	3,98	7,64
	2010	17	0,1	30	3430	0,73	3,47	8,03
	2001	17	0,1	23	1430	0,65	3,36	7,33
EC1 Elkem Carbon	2012	20	0,4	41	3168	0,61	3,38	7,13
	2010	21	0,4	71	7578	0,67	3,12	7,55
KH05 Lumber	2001	20	0,1	23	3220	0,64	3,61	7,10
KH07 Svensholmen	2001	18	0,1	15	1960	0,60	2,18	8,37
KH09 Fiskå verk kai	2001	17	0,1	22	2590	0,64	3,05	7,12
KH15 Kjerkebåen	2001	21	0,1	56	4000	0,77	4,63	8,80

I **Figur 10** er det vist en analyse av grad av likhet i faunasammensetningen mellom stasjonene og prøvetakingsårene. Analysen er utført på parallelle prøver fra stasjonene. Analysen viser at det var markerte forskjeller mellom stasjon EC1 og K17 ved alle årene. På stasjon EC1 var det stor likhet mellom prøvene fra 2010 og 2012 og på stasjon K17 var det stor likhet mellom prøvene fra 2006, 2010 og 2012. Prøvene fra stasjon KH03 i 2010 og 2012 ble plassert mellom K17 og EC1, men nærmest til EC1 (2010), som indikerer at faunasammensetningen var mest lik med EC1, men i 2012 allikevel klart forskjellig. Hovedmønsteret med hensyn til tid gir inntrykk av at det ikke har vært større endringer i bunnfaunaen i Fiskåbukta i perioden 2006 til 2012. Alle stasjonene som ble undersøkt i 2001 var forskjellige fra de senere prøvene i Fiskåbukta, vist ved at disse dannet en adskilt gruppe i analysen (opp til venstre). Stasjon K17 i 1983 og stasjon KH15 i Vesterhavn, som ligger lengst ut til siden i diagrammet, var de hvor faunasammensetningen var mest forskjellig fra Fiskåbukta i perioden 2006 til 2012.

I diagrammet i **Figur 10** ligger alle samhoørende parallelle prøver nær hverandre. Dette indikerer at prøvetakingen representerer faunaen godt og at det ikke var store lokale variasjoner på stasjonene.



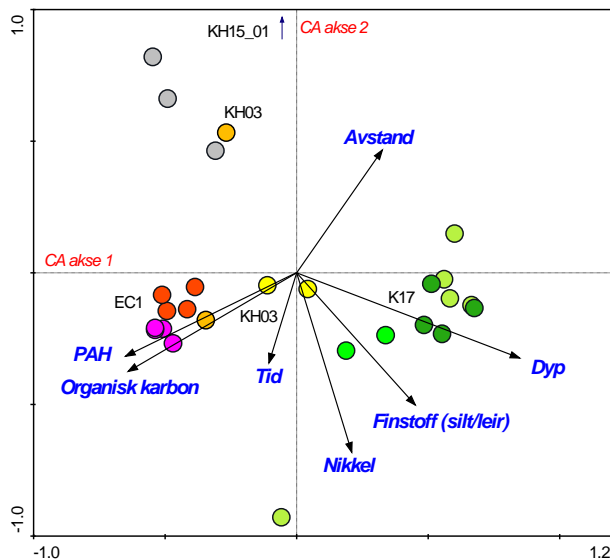
Figur 10. Likhetsanalyse for sammensetningen av bunnfauna i Fiskåbukta. I diagrammet er prøvene angitt ved punkter som plottes slik at avstanden mellom punktene representerer graden av ulikhet mellom prøvene; tett liggende punkter viser stor likhet. Stasjon EC1 er markert med rød farge, KH03 med oransje og gul, K17 grønn. Det er benyttet ulike fargenyanser etter år for prøvetakingen. Analysen er utført som korrespondanseanalyse (CA) på logaritmetransformerte data, alle parallelle prøver.

Miljøfaktorer

For å avklare hvilke miljøforhold som kan ha betydning for bunnfaunaen, ble resultatet fra likhetsanalysen relatert til et sett med miljøfaktorer. De miljøfaktorene som her ble benyttet omfatter sedimentforhold (totalt organisk karbon TOC, andel finstoff = % silt og leir), miljøgifter (PAH,

nikkel) og dyp. I tillegg ble de enkelte stasjonenes avstand fra Elkems kaianlegg og forløp tid fra første til siste prøvetaking (1983-2012) benyttet som faktorer i analysen (**Tabell 24**).

Beregningene viste at dyp, organisk karbon, PAH og nikkel alle var faktorer som hadde høye korrelasjoner til bunnfaunaen, dvs. at endringer i faktorverdiene samsvarte med endringer i faunaen. Dyp var den viktigste enkeltfaktoren (**Tabell 24**). Plottet fra analysen indikerer at dyp var den faktoren som best kunne beskrive forskjellene mellom stasjon K17 og de andre stasjonene i Fiskåbukta (**Figur 11**). Dyp var korrelert med finstoff som generelt var høyere på K17 enn på de andre stasjonene. PAH og organisk karbon, som var innbyrdes høyt korrelerte, var de faktorene som best karakteriserte stasjon EC1 og som best kunne beskrive forskjellene mellom EC1 og de andre stasjonene. PAH var korrelert med avstand fra Elkems anlegg (motsatt korrelert), men generelt var det dårligere sammenheng (lavere korrelasjon) mellom avstand og fauna enn mellom PAH og fauna. Dette indikerer at målte verdier av PAH i bunnsedimentet var bedre relatert til bunnfaunaen enn avstand fra kilden, som ellers kan brukes som et tilnærmet mål for grad av forurensning langs sterke gradienter. Tid var den faktor som hadde lavest relasjon til faunaen. Tid er ofte en viktig faktor, men det kan være at endringer i tid overskygges av det store antallet prøver i analysen fra de to siste årene (2010 og 2012).



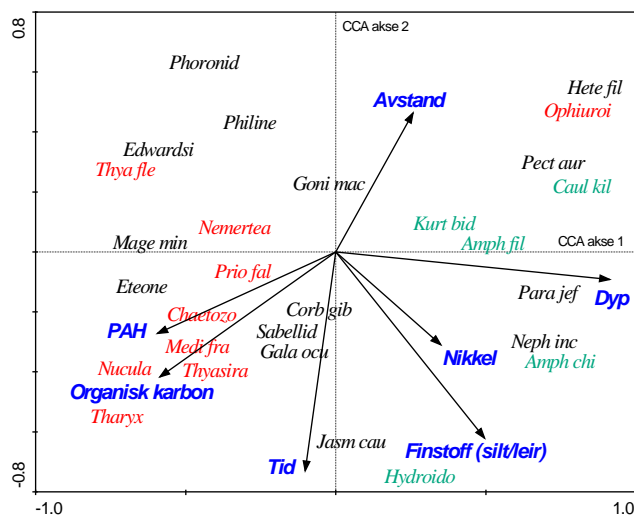
Figur 11. Likhetsanalyse for bunnfauna i Fiskåbukta med korrelasjon til miljøfaktorer (PAH-konsentrasjoner for 2010 er stipulert som veid middel mellom verdier for 2006 og 2012). Faktorene er vist som vektorer som peker i retning for økende verdier (avtar i motsatt retning). Lange vektorer indikerer høye korrelasjoner til endringer i faunasammensetningen. Vektorer som peker i samme retning samvarierer, for eksempel PAH og organisk karbon. Analysen er utført som korrespondanseanalyse (CA) på logaritmetransformerte data, alle parallelle prøver.

Tabell 24. Korrelasjoner mellom miljøfaktorer og bunnfauna i Fiskåbukta 1983-2012. Verdier for miljøfaktorene er gitt i **Vedlegg 5.6**.

Faktor	Enhet	Verdiområde	Korrelasjon ¹⁾
Dyp	meter	16-31	0,89
Finstoff (silt og leir)	% andel	28-85	0,67
Organisk karbon (TOC)	mg/g	8,4-110	0,73
PAH total	µg/kg	2856-182450	0,72
Nikkel	µg/g	40-1620	0,70
Tid	forløp	1-10 (1983-2012)	0,38
Avstand fra Elkem kai	km	0,19-0,88	0,56

1) korrelasjonene er beregnet som vektorlengder i plott av akse 1 og akse 2 på basis av aksekoordinater

I **Figur 12** er det vist en analyse hvor artene er relatert til miljøfaktorene. I plottet er et utvalg av de viktigste artene vist. Analysen bekrefter at svært mange av artene som dominerte på stasjon EC1, forekom ved høye verdier for PAH og totalt organisk karbon (nedre venstre kvadrant i diagrammet). Flere av artene som dominerte på stasjon K17, forekom ved lavere verdier for PAH. Forekomsten av disse artene kunne bedre relateres til dyp og høy andel av finstoff i sedimentet (høyre del av diagrammet).



Figur 12. Likhetsanalyse for relasjon mellom arter og miljøfaktorer. Faktorene er vist som vektorer som peker i retning for økende verdier (avtar i motsatt retning). I plottet er artene plassert der de har sin største forekomst (optimum) i forhold til miljøfaktorene. Arter som var blant topp-10 dominerende på stasjon EC1 i 2012 er vist i rød skrift, mens arter blant topp-10 dominerende på K17 i 2012 er vist i grønn skrift. Analysen er utført som en kanonisk korrespondanseanalyse (CCA) som vektlegger relasjoner mellom arter og faktorer.

Vurdering av tilstanden

Undersøkelsen i 2012 viste at det ikke hadde vært store endringer i bunnfaunaen i Fiskåbukta etter forrige undersøkelse i 2010. Generelt var det en artsrik bunnfauna i området. I henhold til systemet for klassifisering av økologisk tilstand (Veileder 01:2009) ble tilstanden på stasjon EC1 nær Elkems

anlegg karakterisert som 'moderat' (indeks NQI1) eller 'god' (gjennomsnitt av alle indekser). På de to andre stasjonene (KH03 og K17) ble tilstanden karakterisert som 'god'.

Ved undersøkelsen i Fiskåbukta i 2010 ble stasjon EC1 karakterisert som 'god' tilstand mens K17 og KH03 ble karakterisert som 'god' til 'svært god' tilstand. Ved vurdering av resultatene ble det imidlertid kommentert i rapporten at egenskapene til de dominerende artene indikerte at tilstanden nok ikke var fullt så god som vurderingskriteriene ga inntrykk av (Næs mfl. 2011). Undersøkelsen i 2012 synes å gi bedre samsvar mellom egenskapene til de dominerende artene og karakteristikken fra indeksene. Analysene av relasjoner mellom miljøforhold og bunnfauna i 2012 indikerte at spesielt stasjon EC1 var karakterisert av arter som hadde størst forekomst ved høye konsentrasjoner av PAH. Det er også verd å legge merke til at de indeksene som indikerte 'moderat' tilstand i 2012 (NQI1 og ISI), begge er indekser som tar hensyn til artenes følsomhet for forurensninger (**Tabell 21**).

Kriteriesystemet til Vanddirektivet er nå under revisjon, både med hensyn til utforming av indeksene (nye indekser) og fastsetting av grenseverdier mellom tilstandsklassene. Ved revisjonen av systemet legges det vekt på å få en bedre representasjon av artenes egenskaper i indeksene.

4. Referanser

Bakke, T., Breeveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Klif TA-2229/2007.

Berge, J.A., Bjerkgeng, B., Næs, K., Oug, E., Ruus, A. 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbnnsfauna. NIVA-rapport 5506-2007.

“Directive 2008/105/EC of European Parliament and of the Council on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC”, OJ L348, p.84-97, 24.12.2008

Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., Tveiten, L. 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 rapport 6048-2010.

Hiscock, K., Langmead, O., Warwick, R. 2004. Identification of seabed indicator species from time-series and other studies to support implementation of the EU Habitats and Water Framework Directives. Report to the JNCC and EAMBA. Plymouth 109 pp. Internett: www.vliz.be

Huckins, J.N., Petty, J.D., Booij, K. 2006. Monitors of organic chemicals in the environment: Semipermeable membrane devices, New York: Springer, 2006

Knutzen, J., Næs, K., Berglund, L., Biseth, Aa., Brevik, E.M., Følsvik, N., Schlabach, M. 1998. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. Statlig prog. forurensningsovervåk., TA-1539/1998, NIVA-rapport 3833-1998.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.

Molvær, J., Farmen, F., Lillicrap, A. 2011. Resipientvurdering knyttet til utslipp av suspendert stoff fra Elkem Solar i Kristiansand. O-10504. Teknisk notat N-14/11. 23s.

Næs, K., Rygg, B. 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.

Næs, K., Håvardstun, J., Oug, E., Allan, I. 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., Allan, I., Håvardstun, J. 2012. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2011. Metaller og PAH i vann og blåskjell. NIVA-rapport 6373-2012.

- Oug, E., Næs, K., Rygg, B. 1998. Relationship between soft bottom macrofauna and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smelter discharge in Norwegian fjords and coastal waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 173: 39-52.
- Oug, E., Ruus, A., Håvardstun, J. 2004. Miljøtilstanden i Hanneviksbukta og Vesterhavn, Kristiansandsfjorden, før tildekking av forurensede bunnsedimenter. *Bunnfauna og miljøgifter i organismer*. NIVA-rapport 4915-2004.
- Ruus, A., Molvær, J., Uriansrud, F., Næs, K. 2005. Risikovurderinger av PAH-kilder i nærområdet til Elkem i Kristiansand. NIVA-rapport 5042-2005.
- Rygg B. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport I. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. Statlig program forurensningsovervåking 176/85, NIVA-rapport 1711. SFT/NIVA.
- Schaanning, M.T., Næs, K., 2006a. Miljørisikovurdering av utslipp til Kristiansandsfjorden fra Elkem Solar AS' rensanlegg – Revisjon 1. NIVA-rapport nr. 5234-2006.
- Schaanning, M.T., Næs, K., 2006b. Forslag til overvåkingsprogram for utslipp fra Elkem Solar til Fiskåbukta i Kristiansandsfjorden. NIVA-notat 15.09.2006. 4s.
- Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Allan, I., Næs, K. 2010. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2010. Undersøkelse av blåskjell, taskekrabber og passive prøvetakere i vann. NIVA-rapport 6089-2010.
- Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Allan, I. 2012. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2011. Undersøkelse av blåskjell, torsk og vann. NIVA-rapport 6364-2012.
- Skei, J., Olsgard, F., Ruus, A., Oug, E., Rygg, B. 2002. Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter med fokus på Kristiansandsfjorden. SFT rapport TA 1864/2002. Internett: www.klif.no/publikasjoner/1864/ta1864.pdf
- Vatland, A. 2008. Kartlegging og reduksjon av PAH-utslipp til sjø – statusrapport. Sørlandskonsult rapport 2680-049.
- Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet. Internett: www.vannportalen.no

5. Vedlegg

5.1 Analyserapport - Blåskjell

Side nr. 1/3

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **ElkamSjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-2042 v01	18.03.2013
	O.nr. 010214	

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Fiskåtangen	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
2	Lumber	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
3	Timlingen	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr		
			1	2	3
Fett	t pr. v.v.	B 3-4	1,5	1,5	1,9
Kalsium	µg/g v.v.	EksternEF		440	
Kalsium	µg/kg	EksternEF	520		1500
Silisium	µg/g v.v.	EksternEF	46		
Silisium	µg/kg	EksternEF		46	59
Chrysen	µg/kg	Internal method	25,8	56,8	8,05
Benzo (b+j) fluoranten	µg/kg	Internal method	21,9	72,2	8,59
Benzo (k) fluoranten	µg/kg	Internal method	6,03	18,9	2,16
Sum PAH	µg/kg	Beregnet	<150,495	<323,24	<75,79
Sum PAHs	µg/kg	Beregnet	<150,495	<323,24	<75,79
Sum EPAH	µg/kg	Beregnet	<85,76	<227,46	<35,76
Aceaftalen	µg/kg	Internal method	< 1,62	< 1,68	< 1,68
Aceaftylen	µg/kg	Internal method	< 0,125	< 0,13	< 0,13
Aluminium	µg/kg	EN ISO 11985, mod.	13	12	13
Antracen	µg/kg	Internal method	0,58	0,65	< 0,24
Arsen	µg/kg	EN ISO 11985, mod.	2,1	2,2	2,3
Benzo (a)pyren	µg/kg	Internal method	4,93	18,3	1,51
Benzo (ghi)perylen	µg/kg	Internal method	3,47	8,32	1,66
Benzo (a)antracen	µg/kg	Internal method	13,7	41,2	4,05
Kadmium	µg/kg	EN 15763:2009	0,23	0,15	0,21
Kobolt	µg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,1	0,1	0,1
Krom	µg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,2	0,2	0,2
Kobber	µg/kg	EN ISO 11985, mod.	2	1,7	1,6
Dibenz (ac+sh) antrac.	µg/kg	Internal method	0,87	2,18	0,35
Jern	µg/kg	EN ISO 11985, mod.	43	40	43
Fluoren	µg/kg	Internal method	< 1,74	< 1,80	< 1,79
Fluoranten	µg/kg	Internal method	23,6	37,8	12,3
Rvikkselv	µg/kg	§64 LFGB L00.00-19/4	0,031	0,021	0,031
Indeno (1,2,3cd)pyren	µg/kg	Internal method	3,40	8,42	1,61
Naftalen	µg/kg	Internal method	< 9,13	< 9,46	< 9,44

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2042 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøve nr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Fisketangen	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
2	Lumber	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
3	Timlingen	2012.05.07	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20

Analysevariabel	Enhet	Prøve nr Metode	Prøve nr		
			1	2	3
Bly	µg/kg	EN ISO 17294-2-129	0,7	0,7	0,6
Fenantren	µg/kg	Internal method	13,4	< 12,7	< 12,7
Bly	µg/kg	EN 15763:2009	0,69	0,62	
Bly	µg/kg	EN ISO 11885, mod.			1,3
Pyren	µg/kg	Internal method	20,2	32,7	9,83
Tørrestoff	%	EksternEF	15	14	15
Sinkt	µg/kg	EN ISO 11885, mod.	20	13	15

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborantetekniker

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

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2042 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaftalen, 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 iflg 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 Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

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: Rekv.nr. 2013-2043 v01 O.nr. O 10214	Dato 15.03.2013
------------------	-----------------------------------------------------------	--------------------

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Fiskelangen	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
2	Lumber	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
3	Timlingen	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr		
			1	2	3
Torrstoff	%	EksternEF	14	11	13
Fett	% pr. v.v.	H 3-4	1,2	0,77	1,2
Aluminium	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	12	18	8,2
Arsen	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	1,8	1,6	1,6
Kalsium	mg/kg	EksternEF	760	430	420
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	0,2	0,19	0,16
Kobolt	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,1	0,2	0,1
Krom	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,2	0,3	0,2
Kobber	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	2	1,5	1,2
Jern	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	53	68	41
Kvikkeselv	mg/kg	564 LFGB 500.00-19/4	0,029	0,026	0,032
Nikkel	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,9	1	0,4
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	0,62	0,51	0,67
Silisium	mg/kg	EksternEF	72	77	32
Sink	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	18	14	17
Naftalen	µg/kg	Internal method	< 9,76	< 9,34	< 9,32
Acenaftylene	µg/kg	Internal method	< 0,13	< 0,1	< 0,13
Acenaften	µg/kg	Internal method	< 1,73	< 1,7	< 1,66
Fluoren	µg/kg	Internal method	< 1,86	< 1,8	< 1,77
Fenantren	µg/kg	Internal method	< 13,1	< 12,5	< 12,5
Antracen	µg/kg	Internal method	0,33	0,5	< 0,24
Fluoranten	µg/kg	Internal method	10,6	18,5	5,04
Pyren	µg/kg	Internal method	9,56	16,6	4,19
Benzo(a)antracen	µg/kg	Internal method	10,3	18,3	1,82
Chrysen	µg/kg	Internal method	15,9	26,9	2,98
Benzo(b)fluoranten	µg/kg	Internal method	17,2	38,0	2,96
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	Internal method	5,07	10,8	0,83
Benzo(a)pyren	µg/kg	Internal method	3,93	9,42	0,47
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	Internal method	3,05	7,38	0,56
Dibenz(a,c,h)antrac.	µg/kg	Internal method	0,73	1,75	< 0,10

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2043 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøve nr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Fiskåtangen	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
2	Lumber	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20
3	Tirringen	2012.07.06	2012.08.21	2012.08.30-2012.09.20

Analysevariabel	Enhet	Prøve nr Metode	1	2	3
Benz(a)ghi(peri)lylen	µg/kg	Internal method	3,26	8,34	0,69
Sum PAH	µg/kg	Beregnet	<106,51	<181,93	<45,26
Sum PAH16	µg/kg	Beregnet	<106,51	<181,93	<45,26
Sum EPAH	µg/kg	Beregnet	<65,94	<121,89	<19,04

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratorietekniker

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2043 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaftalen, 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

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn ElkemSjø
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
JAH	Rekv.nr. 2013-0125 v01 O.nr. O 10214	20.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's laboratorium av oppdagsgiver, 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	Fiskelangen Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25
2	Lumber Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25
3	Tiltingen Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25

Analysevariabel	Prøvenr		1	2	3
	Enhet	Metode			
Kalسيوم	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	2300	5800	3100
Silisium	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	150	266	293
Benzo (k) fluoranten	ng/g	Internal method	5,39	23,9	1,45
Sum PAH	ng/g	Beregnet	<150,574	<260,51	<57,72
Sum PAH16	ng/g	Beregnet	<150,574	<260,51	<57,72
Sum KPAH	ng/g	Beregnet	<86,06	<247,45	<40,22
Ace-naftalen	ng/g	Internal method	< 0,75	< 0,72	< 0,74
Ace-naftylen	ng/g	Internal method	< 0,274	< 0,26	< 0,27
Aluminium	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	100	125	140
Antracenen	ng/g	Internal method	0,94	1,52	0,34
Arsen	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	9	9,6	14
Benzo (a)pyren	ng/g	Internal method	6,35	26,3	1,53
Benzo (b) fluoranten	ng/g	Internal method	23,3	99,0	5,26
Benzo (ghi)perylen	ng/g	Internal method	4,01	10,8	1,57
Benzo (a)antracenen	ng/g	Internal method	19,1	58,7	3,28
Kadmium	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	0,9	1,3	1,3
Chrysen+trifenylene	ng/g	Internal method	31,9	74,9	4,99
Kobolt	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	0,6	0,7	0,9
Krom	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	0,5	1,2	1,3
Kobber	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	8	8,2	7,2
Dibenz(a,c,h)antrac.	ng/g	Internal method	1,12	3,67	0,36
Jern	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	350	410	400
Fluoren	ng/g	Internal method	< 2,74	< 2,64	< 2,73
Fluoranten	ng/g	Internal method	36,0	42,3	6,66
Fvikkselv	mg/kg	564 LFGB L00.00-19 *	0,11	0,17	0,11
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/g	Internal method	3,60	9,78	1,24
Maftalen	ng/g	Internal method	< 27,2	< 26,1	< 27,1
Nikkell	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	3,1	3,5	3,1
Fenantren	ng/g	Internal method	< 3,60	3,62	< 3,58
Bly	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	3,7	11	4,1

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

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

- 1 Oppdraget er utført hos Eurofins
CHRTR er rapportert som CHR
BBF er rapportert som BBJF
Analysene av metaller er utført på frys tørket materiale
Rekv. har vært analysert på nytt etter reklamasjon
Resultater for metaller er oppgitt på tørvekt

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2013-0125 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analysesperiode
1	Fisketangen Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25
2	Lumber Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25
3	Tiltingen Stedegen	2012.11.07	2013.01.16	2013.02.13-2013.02.25

Analysevariabel	Prøvenr		1	2	3
	Enhet	Metode			
Pyren	ng/g	Internal method	39,5	50,2	6,87
Terrestoff	†	Internal method	19,19	16,33	13,93
Sink	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	95	110	120

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wermann
Laboratorietekniker

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

ANALYSE
RAPPORT

Refer.nr. 2013-0125 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaftalen, 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+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+h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker iflg 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

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

5.2 Analyserapport - Sedimenter

Side nr. 14

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gustavsléen 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. 2012-2080 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. EC1 I 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St. EC1 II 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St. EC1 III 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
4	St. EC1 IV 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
5	St. EC1 V 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøve- Metode	1	2	3	4	5
Karbon, org. total 13137-A	% tv	EN	12,6	10,30	20,90	12,10	11,80
Aluminium ISO 11885	mg/kg TS NS EN		7200	7200	7800	7300	7500
Kalsium ISO 11885	mg/kg TS NS EN		6000	5600	9100	11000	5900
Silisium ISO 11885	mg/kg TS NS EN		200	160	180	220	160
Chrysen 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		10,0	9,20	10,0	10,0	10,0
Benzo (b+j) fluoranten 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		9,50	8,60	8,90	9,10	8,40
Benzo (k) fluoranten 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		7,8	6,7	7,3	7,1	7,7
Sum PAH Beregnet	mg/kg TS		111,609	94,649	<106,45	<107,99	<101,53
Sum PAH16 Beregnet	mg/kg TS		111,609	94,649	<106,45	<107,99	<101,53
Sum KPAH Beregnet	mg/kg TS		53,49	46,93	51,03	50,27	50,11
Acenafthen 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		1,8	1,4	1,8	2,0	1,6
Acenafhtylen 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		0,019	0,019	<0,02	<0,02	<0,02
Antracen 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		2,9	2,3	2,7	3,0	2,6
Arsen ISO 17294-2	mg/kg TS NS EN		21,0	24,0	29,0	24,0	27,0
Benzo (a)pyren 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		9,5	7,9	8,7	8,3	8,2
Benzo (ghi)perylen 16703-Mod	mg/kg TS ISO/DIS		5,0	4,2	4,5	4,2	4,4

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

16703-Mod								
Benz(a)antracen	µg/kg TS ISO/DIS	10	9,1	10	10	10		
16703-Mod								
Kadmium	µg/kg TS NS EN	0,090	0,080	0,093	0,096	0,090		
ISO 17294-2								
Nikkel	µg/kg TS NS EN	20	20	23	21	23		
ISO 11885								
Krom	µg/kg TS NS EN	46	45	49	46	47		
ISO 17294-2								
Kobber	µg/kg TS NS EN	220	220	270	220	250		
ISO 17294-2								
Dibenz(a,h)antrac.	µg/kg TS ISO/DIS	1,2	0,99	1,1	0,92	0,97		
16703-Mod								
Jern	µg/kg TS NS EN	16000	16000	19000	16000	17000		
ISO 11885								
Fluoren	µg/kg TS ISO/DIS	1,4	1,1	1,4	1,5	1,3		
16703-Mod								
Fluoranten	µg/kg TS ISO/DIS	19	16	18	19	17		
16703-Mod								
Rvikkselv	µg/kg TS NS 4768	0,334	0,32	0,382	0,388	0,057		
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg TS ISO/DIS	4,8	3,9	4,3	4,0	4,2		
16703-Mod								
Naftalen i sediment	µg/kg TS ISO/DIS	0,69	0,54	0,73	0,85	0,64		
16703-Mod								
Miksel	µg/kg TS NS EN	360	370	450	400	460		
ISO 11885								
Fenantren	µg/kg TS ISO/DIS	11	8,7	11	12	9,6		
16703-Mod								

Kommentarer

- 1 Sendes Eurofins
BBJF = Benzo[b]fluoranten

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2080 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dat	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. EC1 I 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St. EC1 II 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St. EC1 III 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
4	St. EC1 IV 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
5	St. EC1 V 0-2m	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
			Bly	µg/kg TS	NS EN ISO 11885	77	77
Pyren	µg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	17	14	16	16	15
Torrstoff	%	NS 4764	30	30	27	29	29
Sink	µg/kg TS	NS EN ISO 11885	130	120	140	130	140

Norsk institutt for vannforskning

Anne Westmann
Laboratorietekniker

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2080 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaftalen, 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+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+h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker ifølge 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 Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **Elkømsjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-3043 v01	18.03.2013
	O.nr. O 10214	

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	SE C 1 0-2 cm I	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.07
2	SE C 1 0-2 cm II	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.07
3	SE C 1 0-2 cm III	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.07
4	SE C 1 0-2 cm IV	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.07
5	SE C 1 0-2 cm V	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
			Ikke i bruk	B 3	31,4	28,9	30,1
Kornfordeling <63µm % t.v. Intern*			58	61	69	66	64

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Prøvene skal analyseres på NIVA.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborantetekniker

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **ElkemSjø**
Adresse

Deres referanse: **Vår referanse: Dato**
Relvnr. 2012-2078 v01 18.03.2013
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	Analysesperiode
1	St.E.S1 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St.E.S2 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St.E.S3 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr		
			1	2	3
Karbon, org. total	% tv	EN 13137-A	24,7	5,60	14,1
Aluminium	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	3900	3100	6500
Kalsium	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	74000	53000	9700
Silisium	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	130	89	110
Chrysen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	3,00	4,10	12,0
Benzo (b) fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	2,80	3,40	10,0
Benzo (k) fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	2,3	2,8	8,2
Sum PAH	mg/kg TS	Beregnet	33,357	51,423	128,519
Sum PAH16	mg/kg TS	Beregnet	33,357	51,423	128,519
Sum KPAH	mg/kg TS	Beregnet	15,65	20,6	59,3
Acemafthen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,58	1,3	2,5
Acemafnylen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,017	0,023	0,019
Antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,95	1,8	4,0
Arsen	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	22,0	19,0	12,0
Benzo (a) pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	2,8	3,5	10
Benzo (ghi) perylen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	1,2	1,6	4,7
Benzo (a) antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	3,0	4,2	12
Radium	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	0,035	0,029	0,037
Kobolt	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	20	14	13
Krom	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	63	46	29
Kobber	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	210	150	100
Dibenz (ac+ah) antrac.	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,33	0,35	1,2
Jern	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	9700	7500	12000
Fluoren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,46	1,1	2,0
Fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	5,9	9,3	22
Hvikkeselv	mg/kg TS	NS 4768	0,026	0,224	0,191
Indeno (1,2,3cd) pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	1,0	1,5	4,7
Naftalen i sediment	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,42	0,75	1,2
Nikkel	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	600	420	200
Fenantren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	3,5	8,0	15

Kommentarer

1 Sendes Eurofins

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

BBJF = Benzo(b) fluoranten

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2078 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analysperiode
1	St.ES1 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St.ES2 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St.ES3 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøve- Metode	1	2	3
			99	56	40
Bly	mg/kg TS	NS EN ISO 11885			
Pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	5,1	7,7	19
Tørrestoff	%	NS 4764	41	52	41
Sink	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	78	67	100

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratortekniker

Denne analyse rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyse resultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2078 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaftalen, 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+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+h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker ifølge 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 Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **ElkemSjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekvnr. 2012-3042 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St ES 1 0-2 cm	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
2	St ES 2 0-2 cm	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
3	St ES 3 0-2 cm	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr	1	2	3
		Metode			
Tilte i bruk		B 3	42,6	40,9	38,4
Kornfordeling <63µm + t.v. Intern*			42	39	58

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Prøvene skal analyseres på NIVA.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Westmann
Laboratorietechniker

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Geitvedsalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fak: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn ElkemSjø
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-2079 v01	18.03.2013
	Ordr. O 10214	

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Analysperiode
1	St. KH03 I 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St. KH03 II 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St. KH03 III 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
4	St. KH03 IV 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
5	St. KH03 V 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøve- Metode	Prøvene				
			1	2	3	4	5
Karbon, org. total	% tv	EN 13137-A	2,60	3,70	3,60	3,70	3,40
Aluminium	ng/kg TS	NS EN ISO 11885	4200	6600	6100	6100	6300
Kalsium	ng/kg TS	NS EN ISO 11885	4700	4300	4800	3900	4100
Silisium	ng/kg TS	NS EN ISO 11885	62	130	110	120	140
Chrysen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,89	1,40	1,40	1,30	1,20
Benzo(b+j) fluoranten	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,84	1,30	1,30	1,30	1,20
Benzo(k) fluoranten	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,69	1,0	1,1	0,97	1,1
Sum PAH	ng/kg TS	Beregnet	<8,68	<13,317	<13,31	<12,69	<12,56
Sum PAH16	ng/kg TS	Beregnet	<8,68	<13,317	<13,31	<12,69	<12,56
Sum KPAH	ng/kg TS	Beregnet	4,711	7,157	7,26	6,85	6,65
Acenafthen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,099	0,17	0,17	0,17	0,21
Acenaftylen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antracen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,19	0,28	0,28	0,29	0,28
Arsen	ng/kg TS	NS EN ISO 17294-2	5,80	13,0	11,0	11,0	11,0
Benzo(a)pyren	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,78	1,2	1,2	1,1	1,1
Benzo(ghi)perylen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,45	0,67	0,66	0,63	0,65
Benzo(a)antracen	ng/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,89	1,4	1,4	1,4	1,2
Kadmium	ng/kg TS	NS EN ISO	<0,020	0,033	<0,028	<0,028	0,028

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

17294-2								
Kobolt	ng/kg TS NS NN ISO	8,4	15	13	14	14		
11885								
Krom	ng/kg TS NS NN ISO	20	34	31	28	33		
17294-2								
Kobber	ng/kg TS NS NN ISO	52	130	100	110	120		
17294-2								
Dibenz(a,c+h)antrac.	ng/kg TS ISO/DIS	0,11	0,18	0,18	0,14	0,16		
16703-Mod								
Jern	ng/kg TS NS NN ISO	9100	13000	13000	13000	13000		
11885								
Fluoren	ng/kg TS ISO/DIS	0,080	0,13	0,13	0,14	0,16		
16703-Mod								
Fluoranten	ng/kg TS ISO/DIS	1,3	2,0	2,0	1,9	1,9		
16703-Mod								
Kvikkselv	ng/kg TS NS 4768	0,15	0,228	0,222	0,206	0,214		
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/kg TS ISO/DIS	0,43	0,58	0,58	0,53	0,59		
16703-Mod								
Naftalen i sediment	ng/kg TS ISO/DIS	0,081	0,097	0,10	0,11	0,10		
16703-Mod								
Nikkel	ng/kg TS NS NN ISO	170	330	310	310	300		
11885								
Fenantren	ng/kg TS ISO/DIS	0,64	1,1	1,0	1,0	1,0		
16703-Mod								

Kommentarer

- 1 Sender Eurofins
BBJF = Benzo[b]fluoranten

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2079 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analysesperiode
1	St. KH03 I 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
2	St. KH03 II 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
3	St. KH03 III 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
4	St. KH03 IV 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19
5	St. KH03 V 0-2cm	2012.06.05	2012.08.24	2012.08.31-2012.09.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
			Bly	µg/kg	TS MS EN ISO 11885	29	51
Pyren	µg/kg	TS ISO/DIS 16703-Mod	1,2	1,8	1,8	1,7	1,7
Torrstoff	%	MS 4764	52	36	37	36	36
Sink	µg/kg	TS MS EN ISO 11885	49	82	76	75	78

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratorietekniker

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2079 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

SUM KPAH er summen av benzo(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker iflg 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 Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn ElkemSjø
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Relevnr: 2012-3039 v01

18.03.2013

O.nr. O 10214

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St KH03 0-2 cm I	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
2	St KH03 0-2 cm II	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
3	St KH03 0-2 cm III	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
4	St KH03 0-2 cm IV	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07
5	St KH03 0-2 cm V	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
			Ikke i bruk	B 3	51,2	32,3	35,6
Kornfordeling <63µm + t.v.	Intern*		45	85	83	84	85

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Prøvene skal analyseres på NIVA.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborant/tekniker

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Geustadalléen 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. 2012-3040 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St EC 1 0-1 cm	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.20
2	St KH03 0-1 cm	2012.06.05	2012.12.03	2012.12.05-2012.12.20

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2
Tilte i bruk		B 3	27,0	35,3
Nitrogen, total	µg N/mg TS	C 6	6,0	5,3
Karbon, org. total	µg C/mg TS	C 6	96,6	37,3
Fosfor	µg/g t.v.	B 9-5	1260	1140

Kommentarer

- 1 Prøvene skal analyseres på NIVA.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratortekniker

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

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. 2012-3041 v01	18.03.2013
	O.nr. O 10214	

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St KH03 0-5 cm	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.20
2	St EC 1 0-5 cm	2012.06.05	2012.11.30	2012.12.05-2012.12.20

Analysevariabel	Enhet	Prøve- Metode	1	2
Likke i bruk		B 3	43,0	32,5
Nitrogen, total	µg N/µg TS	G 6	2,3	5,4
Karbon, org. total	µg C/µg TS	G 6	36,3	112
Fosfor	µg/g t.v.	E 9-5	1040	997

Kommentarer

- 1 Prøvene skal analyseres på NIVA.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Westmann
Laboratortekniker

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

5.3 Analyserapport - Passive prøvetakere (DGT):

Side nr.1/1

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:

IAL

Vår referanse:

Rekvnr. 2012-0991 v01
O.nr. O 10214

Dato

18.03.2013

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	Tindingen	2012.04.02	2012.05.08	2012.07.04-2012.09.12
2	Lumber	2012.04.02	2012.05.08	2012.07.04-2012.09.12
3	Fiskå	2012.04.02	2012.05.08	2012.07.04-2012.09.12
4	Blank	2012.04.02	2012.05.08	2012.07.04-2012.09.12

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
DGT10		Intem*		✓	✓	✓
Aluminium	µg/l	E 8-3	4,1	5,4	8,1	1,5
Arsen	µg/l	E 8-3	m	m	m	m
Kalsium	µg/l	E 8-3*	330	300	410	6,7
Kadmium	µg/l	E 8-3	0,011	0,010	0,015	<0,0005
Kobolt	µg/l	E 8-3	0,026	0,024	0,032	<0,005
Krom	µg/l	E 8-3	0,001	0,040	0,064	0,05
Kobber	µg/l	E 8-3	0,39	0,18	0,31	0,023
Jern	µg/l	E 8-3	1,4	0,91	1,0	<0,5
Nikkel	µg/l	E 8-3	0,39	0,42	0,55	0,020
Bly	µg/l	E 8-3	0,023	0,011	0,024	0,013
Sink	µg/l	E 8-3	0,88	0,66	0,68	0,88

m : Analyseresultat mangler

✓ : Analysen utført

* : Metoden er ikke akkreditert

Kommentarer

1 m= Blir ikke tatt opp på DGT.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborantietekniker

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **Elkømsjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
AIL	Rekvnr. 2012-1681 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Timlingen (1083.3)	2012.07.06	2012.07.11	2012.09.05-2012.09.12
2	Lumber (1083.2)	2012.07.06	2012.07.11	2012.09.05-2012.09.12
3	Fiskå (1083.1)	2012.07.06	2012.07.11	2012.09.05-2012.09.12
4	Blank (1083.4)	2012.07.06	2012.07.11	2012.09.05-2012.09.12

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøvene			
			1	2	3	4
DGT10		Intern*	☐	✓	✓	✓
Aluminium	µg/l	E 8-3	5,6	6,0	1,8	0,54
Arsen	µg/l	E 8-3	m	m	m	m
Kalsium	µg/l	E 8-3*	504	471	420	0,10
Kadmium	µg/l	E 8-3	0,012	0,010	0,0091	<0,0001
Kobolt	µg/l	E 8-3	0,033	0,033	0,022	<0,0005
Krom	µg/l	E 8-3	0,09	0,05	0,08	<0,05
Kobber	µg/l	E 8-3	0,27	0,18	0,13	0,0099
Jern	µg/l	E 8-3	2	2	1	<1
Nikkel	µg/l	E 8-3	0,53	0,51	0,37	<0,005
Bly	µg/l	E 8-3	0,017	0,010	0,0063	<0,0005
Sink	µg/l	E 8-3	1,2	0,68	0,54	0,16

m : Analyseresultat mangler.
✓ : Analysen utført.
* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 m = B lir ikke tatt opp på DGT.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratortekniker

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn EilomSjø
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
IAL	Rekv.nr. 2012-2855 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Timlingen		2012.11.09	2012.12.17-2012.12.17
2	Lunber		2012.11.09	2012.12.17-2012.12.17
3	Fiskå		2012.11.09	2012.12.17-2012.12.17
4	Blank Timlingen		2012.11.09	2012.12.17-2012.12.17

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
DGT10		Intern*		✓	✓	✓
Aluminium	µg/l	E 8-3	0,098	0,19	0,069	0,015
Kalsium	µg/l	E 8-3*	390	320	250	0,2
Nasium	µg/l	E 8-3	0,012	0,013	0,011	<0,0001
Kobolt	µg/l	E 8-3	0,030	0,029	0,029	<0,0002
Krom	µg/l	E 8-3	0,06	0,03	0,04	0,03
Kobber	µg/l	E 8-3	0,14	0,24	0,12	0,0087
Jern	µg/l	E 8-3	1	1	1	<1
Nikkel	µg/l	E 8-3	0,46	0,48	0,46	<0,001
Bly	µg/l	E 8-3	0,031	0,036	0,0084	0,00072
Sink	µg/l	E 8-3	0,60	0,88	0,49	0,040

✓ : Analysen utført.

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Boksene er merket med 2227 på undersiden.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratortekniker

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

5.4 Analyserapport - Passive prøvetakere (SPMD):

Side nr. 1/3

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE
RAPPORT

Navn **ElkemSjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
IAL	Rokvnr. 2013-1680 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's 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	Timlingen (1083.1)	2012.07.06	2012.07.11	2012.08.27-2012.08.29
2	Lumber (1083.2)	2012.07.06	2012.07.11	2012.08.27-2012.08.29
3	Fiskå (1083.4)	2012.07.06	2012.07.11	2012.08.27-2012.08.29
4	Blank (1083.3)	2012.07.06	2012.07.11	2012.08.27-2012.08.29

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
Naftalen	ng/SPMD	H 2-2*	40			
Acenafylen	ng/SPMD	H 2-2*	<5	<5	<5	<5
Acenaftefen	ng/SPMD	H 2-2*	18	41	20	5,4
Fluorefen	ng/SPMD	H 2-2	28	36	30	8,8
Dibenzotiofen	ng/SPMD	H 2-2*	5,5	8,2	6,6	<5
Fenantren	ng/SPMD	H 2-2*	71	100	87	18
Antracfen	ng/SPMD	H 2-2*	<5	11	<5	<5
Fluorantfen	ng/SPMD	H 2-2*	51	210	71	<5
Pyren	ng/SPMD	H 2-2*	32	200	42	<5
Benz(a)antracfen	ng/SPMD	H 2-2*	10	89	13	<5
Chrysen	ng/SPMD	H 2-2*	10	81	15	<5
Benzo(b+j)fluorantfen	ng/SPMD	H 2-2*	14	130	16	<5
Benzo(k)fluorantfen	ng/SPMD	H 2-2*	<5	41	<5	<5
Benzo(e)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	7,9	69	8,7	<5
Benzo(a)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	5,3	72	6,5	<5
Perylen	ng/SPMD	H 2-2*	8,9	21	<5	<5
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	<5	42	<5	<5
Dibenz(ac+ab)antracfen	ng/SPMD	H 2-2*	<5	11	<5	<5
Benzo(ghi)perylene	ng/SPMD	H 2-2*	<5	40	<5	<5
Sum PAH	ng/SPMD	Beregnet	<331,6	<1207,2	<350,8	<107,2
Sum PAHs	ng/SPMD	Beregnet	<309,3	<1109	<330,5	<92,2
Sum KPAH	ng/SPMD	Beregnet	<94,3	466	<61,5	<35
Acenaftefen-D10	ng/SPMD	H-2-2*	320	371	225	1270
Fluorefen D10	ng/SPMD	H 2-2*	271	260	191	731
Fenantren D10	ng/SPMD	H 2-2*	500	493	436	727
Chrysen D12	ng/SPMD	H 2-2*	807	805	801	803
Benzo(e)pyren D12	ng/SPMD	H 2-2*	580	580	583	578

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Boksene er merket med ET.100.708 16/8-2010.

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-1680 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoanten, 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 Både a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT



Navn **ElkemSjø**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
IAL	Rekv.nr. 2012-2856 v01 O.nr. O 10214	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA s 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	Analysperiode
1	Timlingen		2012.11.09	2012.11.20-2012.11.22
2	Lumber		2012.11.09	2012.11.20-2012.11.22
3	Fiskå		2012.11.09	2012.11.20-2012.11.22
4	Blank		2012.11.09	2012.11.20-2012.11.27

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
Naftalen	ng/SPND	H 2-2*	59	36	31	250
Acenaftalen	ng/SPND	H 2-2*	<5	<5	<5	<5
Acenaften	ng/SPND	H 2-2*	40	71	36	8,5
Fluoren	ng/SPND	H 2-2	42	63	41	14
Dibenzotiofen	ng/SPND	H 2-2*	9,1	19	11	<5
Fenantrén	ng/SPND	H 2-2*	110	230	140	25
Antracén	ng/SPND	H 2-2*	13	49	20	<5
Fluoranten	ng/SPND	H 2-2*	180	720	280	<5
Pyren	ng/SPND	H 2-2*	150	610	230	<5
Benzo(a)antracén	ng/SPND	H 2-2*	56	310	100	<5
Chrysen	ng/SPND	H 2-2*	54	300	110	<5
Benzo(b+j)fluoranten	ng/SPND	H 2-2*	60	260	97	<5
Benzo(k)fluoranten	ng/SPND	H 2-2*	22	92	35	<5
Benzo(e)pyren	ng/SPND	H 2-2*	36	140	55	<5
Benzo(a)pyren	ng/SPND	H 2-2*	21	110	36	<5
Perylen	ng/SPND	H 2-2*	7,2	40	13	<5
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/SPND	H 2-2*	0,7	32	14	<5
Dibenz(ah)antracén	ng/SPND	H 2-2*	<5	9,0	<5	<5
Benzo(ghi)perylene	ng/SPND	H 2-2*	12	38	18	<5
Sum PAH	ng/SPND	Beregnet	<890	<3134	<1277	<372,5
Sum PAH16	ng/SPND	Beregnet	<837,7	<2935	<1198	<357,5
Sum KPAH	ng/SPND	Beregnet	<285,7	1149	<428	<285
Acenaften-D10	ng/SPND	H-2-2*	79,1	81,4	32,4	956
Fluoren d10	ng/SPND	H 2-2*	108	123	56,5	695
Fenantrén D10	ng/SPND	H 2-2*	321	355	256	667
Chrysen D12	ng/SPND	H 2-2*	815	818	831	907
Benzo(e)pyren D12	ng/SPND	H 2-2*	609	600	595	586

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Boksene er merket E.T.100.708 16/8/2010.

Denne analyse rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyse resultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2856 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaften, 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+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+h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker iflg 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 Både a,h-isomeren har potensiell kreftfremkallende egenskaper

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

5.5 Fullstendige resultater for prøver av bunnfauna i Fiskåbukta 2012

Stasjon K17 rapporteres også ved overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden 2012. Tallene i tabellen angir antall individer i prøvene.

		Stasjon	Elkem EC1				Timlingene KH03		Fiskåbukta K17			
		Replikat	I	II	III	IV	I	II	I	II	III	IV
HYDROZOA	Hydroidolina		1		4		30	16	8	6	5	9
ANTHOZOA	Cerianthus lloydii					1						
	Edwardsia sp.		5	2	3	1	1		1	1	2	
PLATYHELMINTHES	Turbellaria										1	1
NEMERTEA	Nemertea		21	12	24	21	36	36	30	58	57	45
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii							1	1	2	10	
	Aphrodita aculeata								1			
	Gattyana amondseni									1		
	Harmothoe sp.								1			
	Eteone sp.				2		1					
	Phylloce mucosa		1								3	
	Pholoe baltica		3			1	1		5	4	3	2
	Ophiodromus flexuosus			1								
	Podarkeopsis capensis											1
	Sphaerosyllis hystrix				1							
	Aglaophamus pulcher						1					
	Nephtys incisa						3	4	1		4	3
	Glycera alba		6		4	1	1		1	2	9	3
	Goniada maculata		4		3		3	5	2	3	4	
	Abyssoninoe hibernica		1			1	1		2	3	1	3
	Prionospio fallax		54	16	60	23	28	32	31	130	170	
	Prionospio multibranchiata						4	5		2	10	5
	Pseudopolydora paucibranchiata		1									
	Scolecopsis korsuni								2		3	
	Spiophanes kroyeri									1		
	Magelona minuta		12	3	4	6	17	17	6		4	1
	Caulerella killariensis								7	58	99	
	Caulerella zetlandica		76		1	2				2	1	3
	Chaetozone sp.		26	15	30	8	32	2			1	
	Macrochaeta clavicornis		1									
	Tharyx sp.		76	15	65	10	40	12				
	Cossura longocirrata										1	
	Diplocirrus glaucus						1					
	Scalibregma inflatum		1		1		1	4	1		1	1
	Heteromastus filiformis									5	2	
	Mediomastus fragilis		175	32	133	49	13	6	16	7	22	
	Notomastus latericeus				3	1						
	Praxillella affinis				1				1	3	1	1
	Galathowenia oculata		2		3	1	2		4	1		1
	Owenia fusiformis								2			
	Pectinaria (Amphictene) auricoma			1	1	1			5	1	1	
	Pectinaria (Pectinaria) belgica								1	9	4	3
	Ampharete falcata										2	
	Ampharete finmarchica		1		1				6	1	6	2
	Mugga wahrbergi								4	2	18	2
	Sabellides octocirrata								6	1		
	Sosane sulcata								1		1	
	Pista lornensis								5	1	4	3
	Polycirrus medusa								2	1	2	
	Terebellidae							1				
	Terebellinae										2	
	Trichobranchus roseus						4	7	1	2		1
	Chone sp.						1	1	2		4	
	Euchone southerni		1	1	1			1			2	
	Euchone sp.								1			
	Jasmineira caudata		7	4	8	1	1	4	2	6	6	2
	Laonome kroeyeri		2	1	1	1	1	4				

Vedlegg 5.5, fortst.

		Stasjon	Elkem EC1				Timlingene KH03		Fiskåbukta K17			
		Replikat	I	II	III	IV	I	II	I	II	III	IV
OLIGOCHAETA	Oligochaeta						1	2				
PROSOBRANCHIA	Hyalia vitrea								8			
	Euspira pulchella		1				2		1	1		
	Nassarius reticulatus				1							
OPISTHOBANCHIA	Philine sp.						1	2	1		2	
	Cylichna cylindracea							3	1	3		
BIVALVIA	Ennucula tenuis								4			
	Nucula hanleyi								2	2		
	Nucula sp.		19	7	1	1	16	12				
	Thyasira flexuosa		27	6	25	7	16					1
	Thyasira sp.		13	5	11	5	3	1	1	2	2	1
	Kurtiella bidentata				1		27	31	45	8	11	
	Parvicardium minimum						1			1	1	
	Arctica islandica						3					
	Mysia undata										1	
	Mya arenaria							1				
	Corbula gibba		3	3	12	2	18	17	9	4	5	
	Cuspidaria obesa								2		1	
CUMACEA	Eudorella sp.						2	1				
TANAIDACEA	Tanaidacea							1				
AMPHIPODA	Ampelisca brevicornis									1		
	Ampelisca sp.									1		
	Ampelisca tenuicornis		1		2		1				3	
	Paramphilochooides odontonyx										1	
	Westwoodilla caecula										2	
DECAPODA	Caridea							1				
	Decapod larver								1			
PHORONIDA	PHORONIDA				2		3	5				
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea juvenil		16	4	17	2	69	82	68		76	30
	Amphiura chiajei						3	5	89	1	7	2
	Amphiura filiformis				3		41	85	14	31	58	63
	Amphiura sp.		5	1		1						
	Ophiura sp.						1					
HOLOTHUROIDEA	Leptopentacta elongata										1	
CHAETOGNATHA	Chaetognatha								3	1	1	

5.6 Faktorer til analyser av bunnfauna og miljøforhold

Analysene er utført henholdsvis som korrespondanseanalyse (CA) for prøver og kanonisk korrespondanseanalyse (CCA) for arter. Ved parallelle prøver for PAH og nikkel ble en av parallellprøvene valgt tilfeldig. Tid er lagt inn som en trendvariabel med 1983 = 1 og 2012 = 10. Data fra Næs (1985), Skei mfl. (2002), Berge (2007), Næs mfl. (2011) og foreliggende undersøkelse.

A. Stasjon EC1, K17

	Stasjon	EC1		K17			
		år	2010	2012	1983	2006	2010
	replikant PAH/Ni	repl 5	repl 2	-	middel	-	repl 3
Dyp	m	20	20	31	31	31	31
Korn	% < 63 µm	53	61	73 ¹⁾	72	69	78
TOC	mg/g tv	110	103	62	56	54,8	51
tot PAH	µg /kg tv	182450	94649	43913	37021	37484 ²⁾	37716
Nikkel	mg/kg tv	838	370	1620	794	828	773
Tid	-	9	10	1	8	9	10
Avstand	km	0,19	0,19	0,4	0,4	0,4	0,4

1) Korn ikke målt – verdi er stipulert som middel av øvrige målinger på stasjonen

2) PAH ikke målt – verdi er stipulert som veid middel mellom verdier for 2006 og 2012

B. Stasjon KH03, 05, 07, 09, 15

	Stasjon	KH03			KH05	KH07	KH09	KH15
		år	2001	2010	2012	2001	2001	2001
	replikant PAH/Ni	-	repl 2	repl 2	-	-	-	-
Dyp	m	17	17	17	18	16	16	21
Korn	% < 63 µm	70	67	85	77	59	58	28
TOC	mg/g tv	44	26,4	37,3	113	57,2	74,7	8,4
tot PAH	µg /kg tv	16485	14654	13307	54776	24853	91487	2856
Nikkel	mg/kg tv	524	345	330	464	833	255	40
Tid	-	6	9	10	6	6	6	6
Avstand	km	0,75	0,75	0,75	0,25	0,63	0,12	0,88

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