

RAPPORT LNR 4001-99

Lekkasje av
produksjonsvann fra
ballasttank ved Statoils
anlegg på Kårstø

Supplerende
sedimentundersøkelser

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

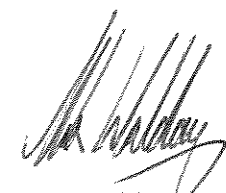
Tittel Lekkasje av produksjonsvann fra ballasttank ved Statoils anlegg på Kårstø. Supplerende sedimentundersøkelser	Løpenr. (for bestilling) 4001-99	Dato 1999-02-04	
	Prosjektnr. Undernr. O-98080	Sider 26	Pris 75,-
Forfatter(e) Bakke, Torgeir Walday, Mats	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon	
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Den norske stats oljeselskap as (STATOIL)	Oppdragsreferanse 98/E005/050694/TSP
--	--

Sammendrag

Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i bunnsediment er undersøkt på 5 stasjoner i sjøen utenfor Statoils anlegg på Kårstø. Tilstanden i området kan generelt karakteriseres som 'lite/ubetydelig' – 'moderat' forurensset av PAH. Unntaket var en 'markert' forurensset stasjon øst for Kårstø-terminalen, sannsynligvis påvirket av en nærliggende småbåthavn. En eventuell tilførsel av PAH gjennom lekkasjevannet fra ballasttanken på Kårstø, har i liten grad påvirket sedimentene i Sandvikbukten som kan klassifiseres som lite/ubetydelig forurensset. PAH-nivået i sedimentet under modulkaiaen øst for Sandvikbukta er høyere og bunnen må klassifiseres som moderat forurensset. Resultatene tyder på at båttrafikken i området er den viktigste PAH-kilden.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Produksjonsvann	1. Produced water
2. Bunnsedimenter	2. Bottom sediments
3. PAH	3. PAH
4. Hydrokarboner	4. Hydrocarbons



Mats Walday
Prosjektleder

ISBN 82-577-3598-1



Bjørn Braaten
Forskningssjef

**Lekkasje av produksjonsvann fra ballasttank ved
Statoils anlegg på Kårstø**

Supplerende sedimentundersøkelser

Forord

NIVA har på oppdrag av Den norske stats oljeselskap Statoil utført prøvetaking av sediment utenfor Kårstø-terminalen (best.nr. 98/E005/050694/TSP). Undersøkelsene var en oppfølging av de sedimentundersøkelser som ble utført 12. mai 1998 i forbindelse med lekkasje av produksjonsvann fra en ballastvann-tank (Walday & Bakke 1998).

Kontaktperson på Statoil har vært Ragnhild Hagland.

Feltarbeid og rapportering er utført av Torgeir Bakke og Mats Walday. Torgrim Rustad fra NUI AS var observatør under feltarbeidet.

Oslo, 4/2 1999

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Feltarbeid og analyser	8
3. Resultater	10
4. Diskusjon	16
5. Konklusjoner	17
6. Litteratur	18

Sammendrag

I forbindelse med en lekkasje av produksjonsvann (fra Sleipner) fra en ballastvannstank på Kårstø, gjennomførte NIVA våren 1998 en analyse av bunnsedimenter og biologiske forhold på to sjøstasjoner i terminalens nærområde (Walday & Bakke 1998). Sedimentanalysene viste at bunnen i begge områdene kunne være belastet med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), men ingen biologiske effekter kunne påvises. Konklusjonen om PAH-belastningen var basert på kun én blandet sedimentprøve fra hver av de to lokalitetene og Statoil ba derfor NIVA om å gjennomføre en utvidet undersøkelse av bunnsedimentene for evt. å verifisere dette.

Innholdet av PAH i bunnsediment ble høsten 1998 undersøkt på 5 stasjoner i sjøen utenfor Statoils anlegg på Kårstø, inkludert en dypstasjon (90m) på Falkeidflæet. Det ble nå undersøkt 4 parallelle prøver fra hver stasjon. Det ble også tatt en ekstra parallell for analyse av kornfordeling ($\% < 63 \mu\text{m}$).

Resultatene tilsier at området generelt kan karakteriseres som 'lite/ubetydelig' til 'moderat forurensset' av PAH (Molvær *et al.* 1997). Stasjon 2 (Vik) øst for terminalen hadde klart høyest PAH-påvirkning, men den nærliggende småbåthavnen er sannsynlig årsak til dette. En eventuell tilførsel av PAH gjennom lekkasjevannet fra ballasttanken på Kårstø, har i liten grad påvirket sedimentene i Sandvikbukten som kan klassifiseres som 'lite/ubetydelig' forurensset. PAH-nivået i sedimentet under modulkaiaen øst for Sandvikbukta er høyere og bunnen må klassifiseres som moderat forurensset.

Det var betydelige forskjeller mellom stasjonene mht kornfordeling og sedimentenes organiske innhold (TOC). Forholdet $\text{TOC}/<63 \mu\text{m}$ lå imidlertid innenfor "normalen", bortsett fra på stasjon 2 hvor det organiske innhold var uvanlig høyt. Utseendet av kjerneprøvene på dypstasjonen (stasjon 1), med et veldefinert ca 4 cm tykt grått overflatesjikt, indikerte sterk sedimentering av fine mineralpartikler de senere årene, muligens forårsaket av de store utbyggingene i området.

Resultatene fra undersøkelsen tyder på at båttrafikken i området er den viktigste PAH-kilden.

Summary

Title: Leakage of produced water from a tank at the Kårstø gas-terminal, Norway. Supplementary investigations of sediments

Year: 1999

Author: Bakke Torgeir; Walday Mats

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3598-1

In connection to the leakage of produced water from a tank at the Kårstø gas-terminal, two localities were investigated in May 1998 with regard to biological conditions and PAH-content of marine sediments (Walday & Bakke 1998). The results indicated PAH-contamination of the sediments, but no biological effects. Conclusions were, however, based on only one composite sample from each locality.

A follow up exercise with five localities was completed in October 1998. Four parallels from each locality were analysed for PAH. In addition, grain size distribution ($\% < 63 \mu\text{m}$) and total organic content were analysed.

Based on the PAH concentrations the area can be classified as “good” to “fair” in the Norwegian Pollution Control Environmental Quality System (Molvær *et al.* 1997). Locality 2 (Vik) east of the terminal was significantly more polluted by PAH than the other localities; probably due to its close proximity to a nearby marina. The leakage of produced water did not increase PAH-contamination in sediments in the Sandvikbukta (Locality 4); classified as “good”. Sediments outside the quay east of Sandvikbukta (Locality 3) were classified as “fair”.

Grain size distribution and total organic content (TOC) varied significantly among localities, but the relation between the two parameters was what could be expected, except for Locality 2 having conspicuously high TOC. The sediments from the deep Locality 1 (90m) indicated strong sedimentation of fine particles, probably caused by extensive construction work in the terminal-area during the recent years.

The results indicate that ship-activity is the most important source of PAH-contamination in the sediments.

1. Innledning

Den norske stats oljeselskap Statoil henvendte seg våren 1998 til Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i forbindelse med at det var oppdaget en lekkasje fra en ballastvannstank ved Sleipneranlegget på Kårstø i Rogaland. Tanken inneholder produksjonsvann fra Sleipner. Lekkasjen har sannsynligvis pågått siden september 1995 og ble anslått til ca 20 liter pr minutt gjennom en rørledning som munner ut i overflaten innerst i Sandvikbukta ved kaianlegget på Kårstø. Tidligere analyseserier i perioden 4/11-96 til 29/1-97 har vist at vannet i første rekke inneholder fenoler, metanol, mono- og trietylenglykol og alkyletanolaminer. En analyse gjennomført 31/1-95 viste også klart forhøyet innhold av mono-, di- og poly-aromatiske hydrokarboner, klorbenzen og eter, og to analyser av 12/5-98 viste klare overkonsentrasjoner av fenol, kresol og de letteste monoaromatene benzen og toluen. Total lekkasje av ballastvann (sept. -95 til mars -98) er beregnet til ca 33 000 m³ med ca 1130 kg fenoler.

Som følge av henvendelsen gjennomførte NIVA våren 1998 en analyse av bunnsedimentene og biologiske forhold innerst i Sandvikbukta, samt på en (referanse-)stasjon rett øst for modulkaaien. Sedimentanalysene viste at bunnen i begge områdene kunne være belastet med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), men at den store partikkeltilførselen som ble observert til Sandviksbukta antakelig maskerte tilførselen gjennom "fortynning" med mineralpartikler. Det var forøvrig ingen indikasjoner på at lekkasjen hadde virkninger på lokal marin flora og fauna.

Konklusjonen om PAH-belastningen var basert på kun en blandet sedimentprøve fra hver av de to lokalitetene og Statoil ba høsten 1998 NIVA om å gjennomføre en utvidet undersøkelse av bunnsedimentene for evt. å verifisere dette. Målsetningen har vært å foreta en utvidet prøvetaking på de samme to stasjonene, samt å gjøre tilsvarende analyser på 3 nye stasjoner øst, sør og vest for anlegget. NIVA ble samtidig bedt om å samle inn blåskjell fra 4 stasjoner for eventuell senere analyse av PAH-nivå, dersom sedimentanalysene fortsatt viste at terminalområdet var belastet med PAH. Skjellanalysene ville i så fall indikere om det foregikk aktiv transport av PAH gjennom vannmassene i sjøområdet, eller om PAH kun var begrenset til bunnsedimentene.

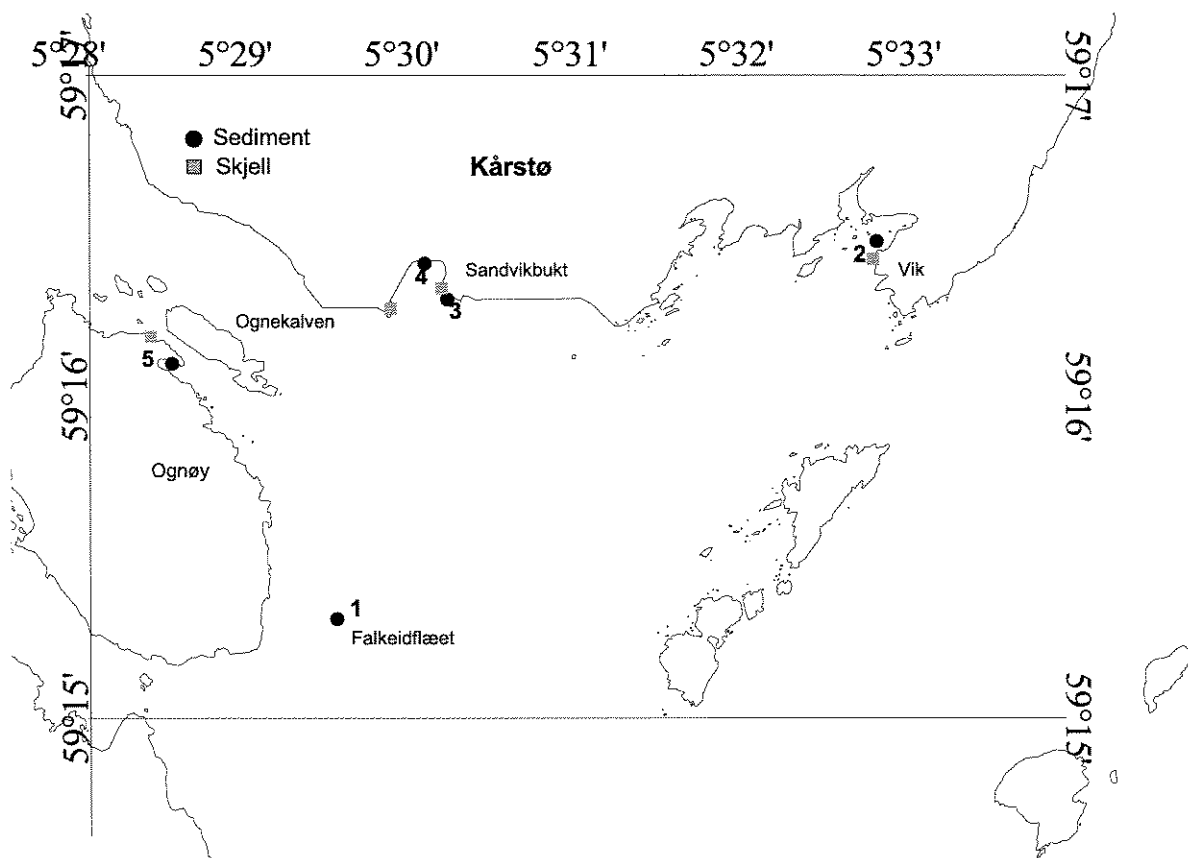
Denne rapporten presenterer resultatene fra de siste sedimentanalysene.

2. Feltarbeid og analyser

Prøvetaking av bunnsedimenter og blåskjell ble utført 12-14. oktober 1998.

Kjerneprøver fra øvre ca 10 cm av bunnsedimentene ble tatt på 5 stasjoner i Kårstøområdet (se Figur 1). En beskrivelse av stasjonene er gitt i Tabell 1. Ved prøvetaking på stasjon 1 på 90 m dyp ble det benyttet større båt og kjerneprøvetaker av type Niemistö (Niemistö 1974). På de øvrige stasjonene ble kjerneprøver tatt av dykkere ved bruk av sylindriske acryl-rør (diam. 60 mm, lengde 250 mm). Sikten i vannet på stasjon 3 og 4, spesielt på stasjon 3, var meget dårlig. På hver av stasjonene ble det tatt 4 parallelle kjerneprøver for de kjemiske analyser. Om bord eller på land ble øverste 0-2cm fra hver prøve tatt ut, overført til separate pre-brente glassbeholdere og oppbevart frosset før analysene. Det ble også tatt en ekstra kjerneprøve for analyse av andel finfraksjon (silt- og leire-fraksjonen, dvs partikler mindre enn 63µm) i de øverste 2 cm.

Blåskjell, anslagsvis 50 individer fra hver lokalitet, ble samlet inn fra 4 stasjoner (se Figur 1). Tre av stasjonene samsvarte med sedimentstasjon 2, 3 og 5. Den fjerde skjellstasjonen var på lasteanlegget ved SV-munningen av Sandviksbukta. Skallengden lå i intervallet 2-6 cm. Skjellene ble skrapet rene for større påvekst og etterpå oppbevart frosset i plastposer til opparbeidelse og analyse.



Figur 1. Kart over Kårstøområdet med angivelse av stasjoner for innsamling av bunnsedimenter og blåskjell.

Tabell 1. Bakgrunnsdata for sedimentprøvene fra Kårstøområdet høsten 1998.

Stasjon	Lokalitet	Vanndyp (m)	Sedimentbeskrivelse
1	Falkeidflæet	90	Kjerner 25-30 cm. Siltig leire. Topp 4 cm lyst grått sjikt med skarp avgrensing mot mørkere gråsvart lenger ned
2	Vik ved Haugsnes	6	Kjerner ca 15 cm. Leiraktig med algerester på overflaten. Noe lukt av hydrogenulfid.
3	Kårstø modulkai	15	Kjerner ca 15 cm. Mørkt grålig homogent sediment, leirblandet sand.
4	Sandvikbukta	6	Kjerner ca 15 cm. Lyst grålig homogent sediment, leirblandet sand.
5	Ognøy	4	Kjerner 5-8 cm. Skjellsand med litt småstein.

I laboratoriet ble sedimentprøvene tint og homogenisert og deretter frysetørret før analyse etter standard rutine for PAH-analyse. Frysetørket materiale tilsettes deutererte PAH som indre standard og Soxhlet-ekstraheres med diklormetan. Råekstraktet renses med gelpermeasjonskromatografi (GPC) og ved eleuering fra silikagelkolonne før analyse. Gasskromatograf med tilkoblet masseselektiv detektor (MSD) benyttes ved PAH-analysen. Identifisering skjer ut fra retensjonstider og signifikante ioner (SIM). Kvantifisering blir utført ved hjelp av de indre standardene. Analysene omfatter i alt 23 aromatiske hydrokarboner fra og med 2 ringer og oppover, dvs at naftalener og andre disykliske/heterosykliske forbindelser er inkludert. Betegnelsen sum-PAH omfatter alle analyserte komponenter. Begrepet "potensielt kreftfremkallende PAH" eller KPAH omfatter 7 komponenter (se Vedlegg A).

Følgende hjelpeparametre er også analysert på samtlige prøver: totalinnhold av tørrstoff (tørring og gravimetri), nitrogen, og organisk karbon (katalytisk forbrenning i CHN-analysator), samt % finfraksjon sediment (våtsikting av sediment på 63 µm sikt med etterfølgende gravimetrisk bestemmelse av de to fraksjonene). Sistnevnte parameter er kun analysert i en prøve fra hver stasjon.

Prøvene av blåskjell er ikke analysert. De vil etter avtale med Statoil bli oppbevart frosset inntil videre.

I tillegg til utregning av totalkonsentrasjoner av PAH og av utvalgte grupperinger av PAH-forbindelsene, er det gjennomført prinsipalkomponent-analyser (PCA) av likheter i PAH-sammensetning (PAH-profil) i de ulike prøvene. Denne analysen grupperer de enkelte prøvene etter likhet i hvor mye hver forbindelse utgjør i prosent av totalen. Grupperingen fremstilles grafisk. Samtidig gir analysen informasjon om hvilke av PAH-forbindelsene som i størst grad karakteriserer hver av gruppene.

3. Resultater

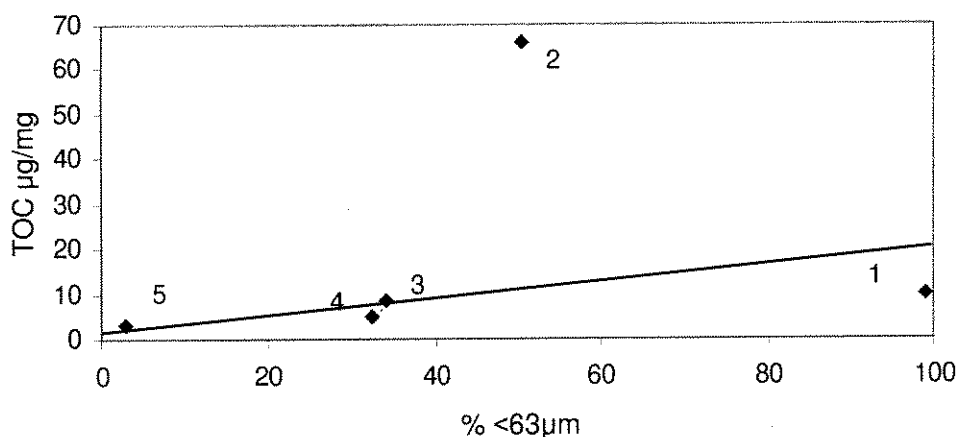
Hovedresultatene fra analyse av PAH og hjelpeparametre i sedimentprøvene er vist i Tabell 2 og Figur 2 - Figur 7. Rådata-tabeller finnes i Vedlegg A.

Som vist i Tabell 2 var det betydelige forskjeller i organisk innhold på de ulike stasjonene. Stasjon 2, Vik hadde klart høyest organisk innhold. Det var også stor forskjell i kornfordeling mellom stasjonene.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdi pr stasjon av utvalgte sedimentparametre. TTS: prosent tørrvekt; TOC: totalt organisk karbon; TN: total nitrogen; <63µm: vektprosent partikler mindre enn 63 µm; sum-PAH: sum av alle analyserte PAH-forbindelsene (se vedlegg A); %KPAH: andel potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser av sum PAH (se vedlegg A). Verdien for <63µm er basert på en prøve pr stasjon.

Stasjon	TTS %	TOC µg/mg	TN µg/mg	<63µm %	sum-PAH	%KPAH
1	41.9	9.9	1.8	99.0	147	37.5
2	34.7	65.9	6.4	50.5	4181	41.3
3	68.7	8.4	1.5	34.1	1165	32.1
4	68.3	5.0	1.4	32.2	162	26.0
5	75.7	3.0	<1.0	2.9	54	14.8

Ytterpunktene ble representert ved stasjon 1, den dypeste stasjonen, med over 99 % av sedimentet finere enn 63 µm, dvs dominert av silt og leire; og stasjon 5 med bare 3 % finere enn 63 µm. Sistnevnte er en åpen og grunn stasjon og fraværet av finere sedimenter kan trolig forklares med at disse vaskes vekk av bølgebevegelser. I Figur 2 er TOC og andel finfraksjon plottet mot hverandre. I tillegg er det lagt inn en "normallinje" for dette forholdet basert på 128 observasjoner i norske kyststrøk (Rygg 1995). Denne linjen er også representativ for normale fjordområder, men grunne områder med mye tilførsel av planterester fra land, eller fra tang- og tarebeltet må forventes å ha et høyere forhold TOC/<63µm enn linjen angir.



Figur 2. Forholdet mellom TOC (totalt organisk karbon) og andel av sedimentet finere enn 63 µm. Nummer henviser til stasjonsnummer. Linjen angir "normalforholdet" mellom disse parametrene basert på 128 observasjoner i norske kyststrøk (Rygg 1995).

Figuren viser således at Stasjon 2, som er en skjermet grunn bukt med mye algerester på bunnen avviker meget sterkt fra "normalen" i den retningen. Stasjon 1 har i forhold til kornfordelingen et noe

lavt organisk innhold, men likevel ikke unormalt lavt. Utseendet av kjerneprøvene på stasjon 1, med et veldefinert ca 4 cm tykt grått overflatesjikt, indikerte sterk sedimentering av fine mineralpartikler de senere årene, muligens forårsaket av de store utbyggingene i området. De øvrige stasjonene synes ikke å avvike i særlig grad fra normallinjen.

Konsentrasjonen av sum-PAH viste betydelig variasjon fra stasjon til stasjon, mens konsentrasjonene i parallelle prøver fra hver stasjon samsvarte bra (Figur 3a). Sett i forhold til SFTs klassifiseringssystem for miljøtilstand (Molvær et al., 1997) lå stasjon 1, 4 og 5 i klasse I (ubetydelig forurensset).¹ Stasjon 3 lå i klasse II (moderat forurensset), og stasjon 2 i klasse III (markert forurensset). Konsentrasjonen av den potensielt mest kreftfremkallende forbindelsen, benzo(a)pyren, viste i store trekk den samme fordelingen som sum-PAH (Figur 3b).

Ved å beregne PAH-konsentrasjon pr vektenhet organisk materiale (som TOC) vil man til dels eliminere effektene av stor tilførsel av mineralpartikler som "tynner ut" PAH-forekomsten. Figur 4 viser at Stasjon 3 hadde høyest PAH-innhold etter normalisering, fulgt av Stasjon 2. Stasjon 4 ved lekkasjeutløpet hadde svak overkonsentrasjon av PAH i forhold til Falkeidflæet og Ognkalven etter normalisering.

Andelen av potensielt kreftfremkallende PAH-komponenter i sum-PAH er vist i Figur 5. Resultatene er noe usystematiske, men indikerer at andelen var lavere i sedimentene i Kårstø havneområde enn i områdene rundt. Selektiv tilførsel av denne fraksjonen PAH synes derfor ikke å være noe problem i Kårstøområdet.

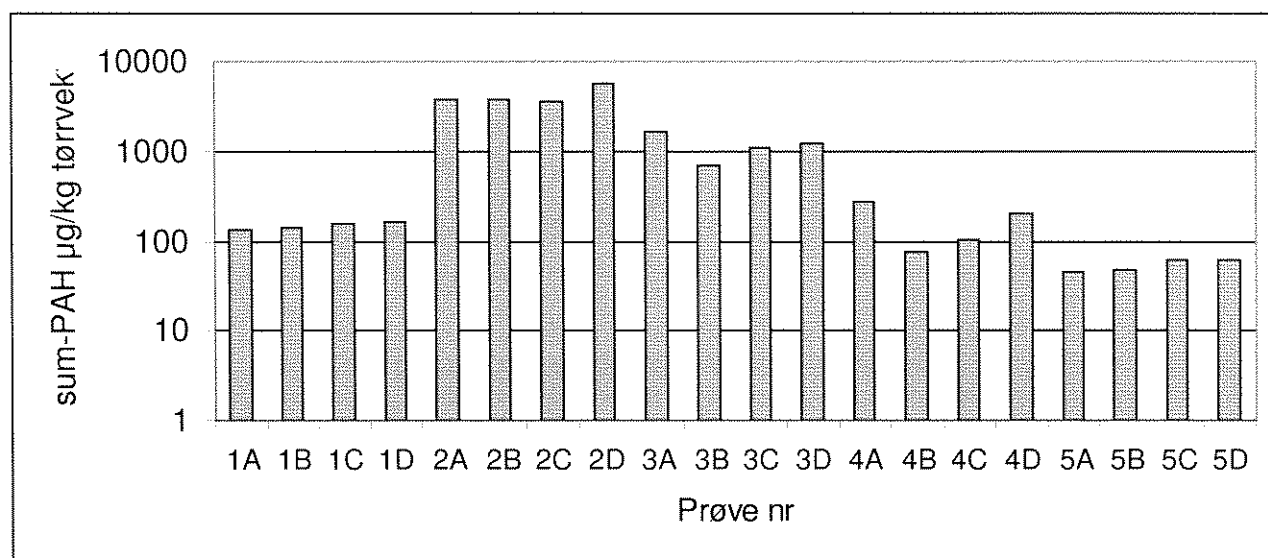
Prinsipalkomponentanalyse av likhet i PAH-profil mellom prøvene ble av tekniske grunner delt i en analyse av diaromatene (molekyler med 2 aromat-ringer) og polyaromatene (3-6 ringer) hver for seg.

I analysen av likhet i diaromat-sammensetning grupperte sedimentprøvene fra hver stasjon seg i klart atskilte grupper (Figur 6), dvs at stasjonene hadde relativt ulik diaromat-sammensetning. Prinsipalkomponent-akse 1 sorterte stasjon 2 og 3 i positiv retning, og stasjon 1, 4 og 5 i negativ. Dette var den klareste forskjellen. Karakteristisk for stasjon 2 og 3 var høy andel 1-metyl-naftalen, acenaften og fluoren. Videre skilte stasjon 3 seg fra stasjon 2 langs PCA-akse 2 på grunn av høyere fluoren.

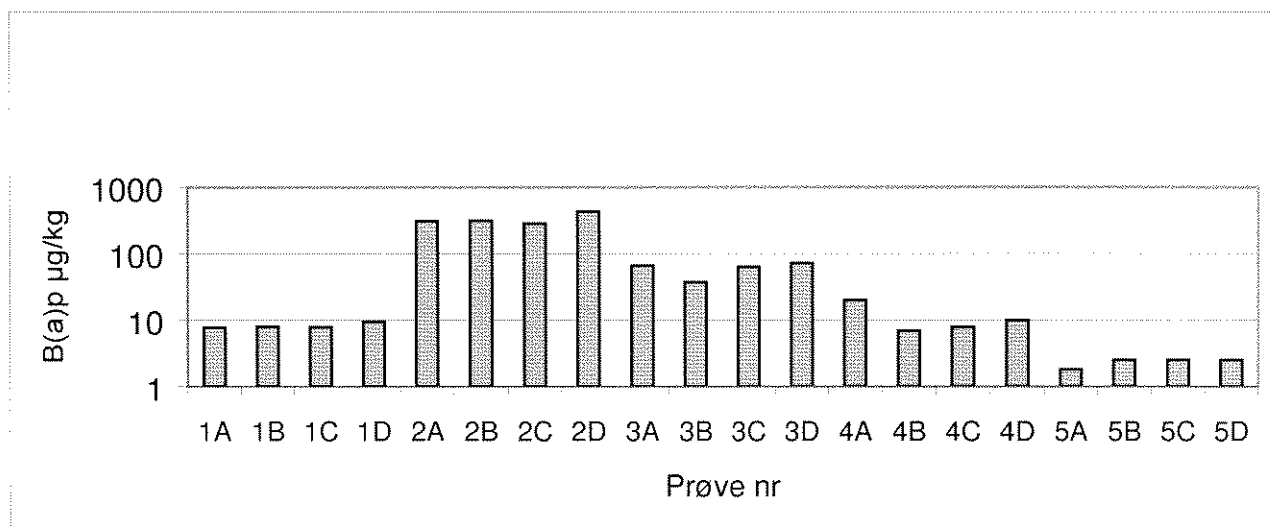
I analysen av likhet i polyaromat-sammensetning (Figur 7) dannet sedimentprøvene fra hver av stasjonene 1, 2 og 3 klart definerte grupper. Enkeltprøvene fra stasjon 4 og 5 var langt mer heterogene og analysen skilte ikke stasjonene fra hverandre. Stasjon 1 skilte seg klart ut fra de øvrige stasjonene. Prøvene fra stasjon 1 hadde overvekt av alle de tunge PAH-forbindelsene (5-6 ringer). Stasjon 2 og 3 viste også her likhet i profil langs PCA-akse 1, og hadde overvekt av 3-4 ringers forbindelser. Langs PCA-akse 2 skilte stasjon 2 seg fra stasjon 3 med overvekt av 4-ringers forbindelser.

¹ Verdiene for prøve 5B, 5C og 5D er noe kunstig siden bare få av PAH-komponentene forekom i konsentrasjoner over metodens deteksjonsgrenser. Av hensyn til de statistiske analysene er konsentrasjonen av disse komponentene satt som halve deteksjonsgrensen og sum-PAH er for en stor del summen av disse halve grenseverdiene.

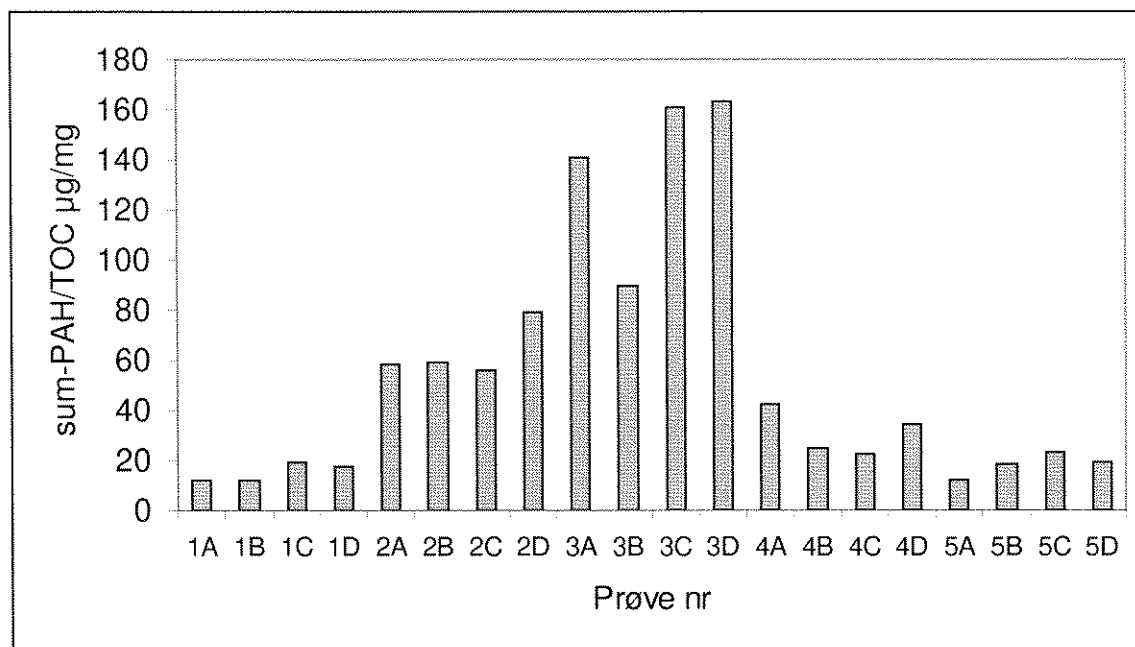
a



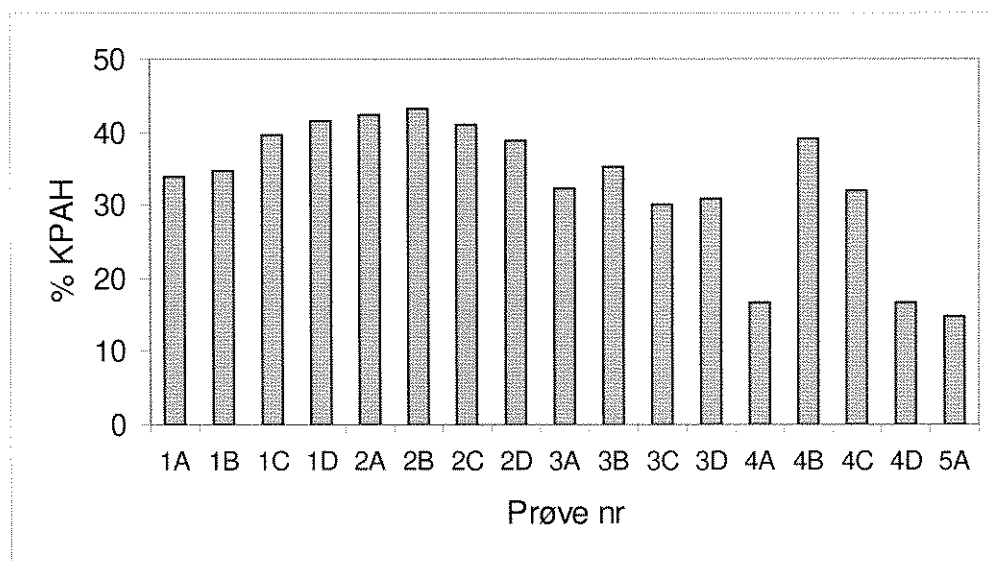
b



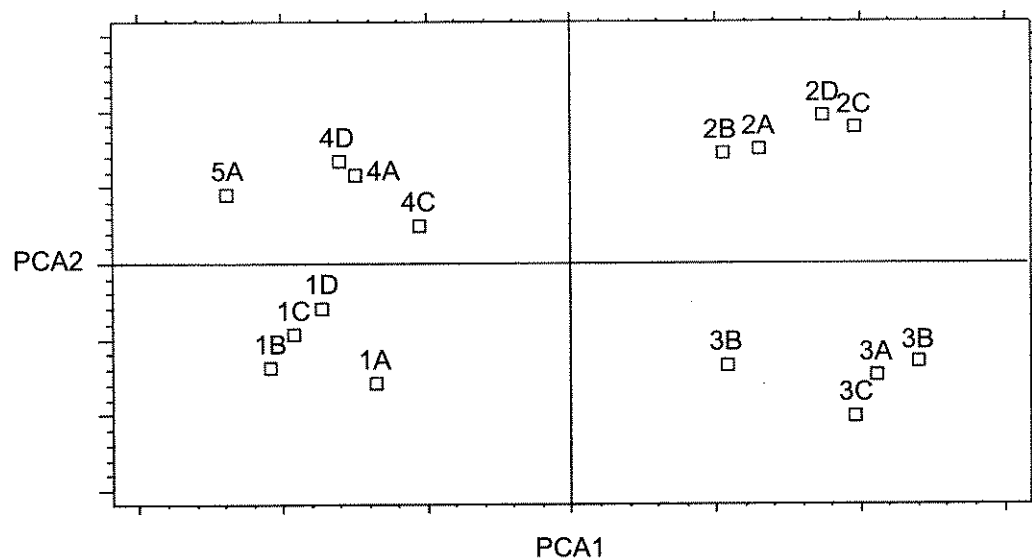
Figur 3. Konsentrasjon av sum-PAH (a) og enkeltforbindelsen benzo(a)pyren (b) i de enkelte sedimentprøvene i µg/kg tørrvekt. NB: skala på y-aksen er logaritmisk..



Figur 4. Sum-PAH som konsentrasjon av TOC i de enkelte sedimentprøvene.

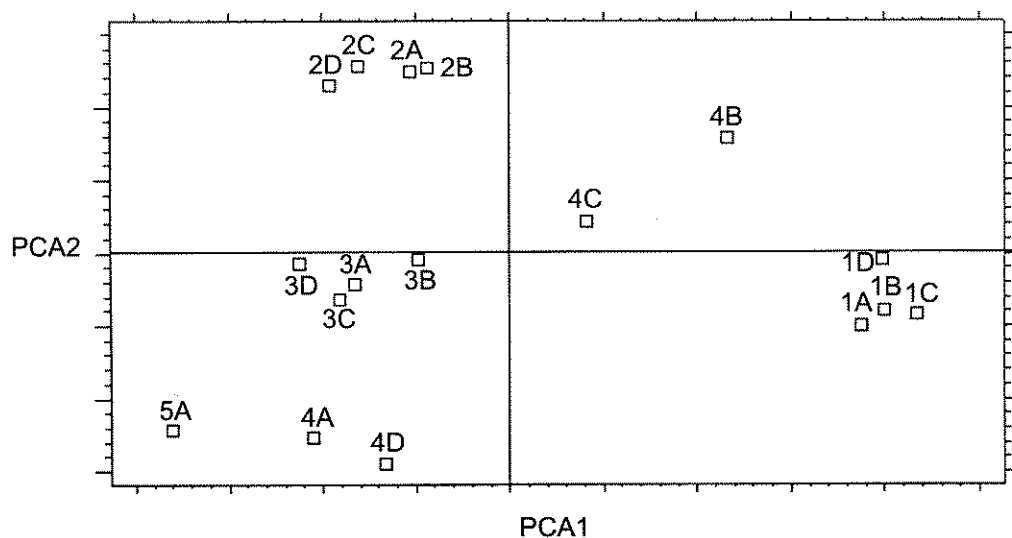


Figur 5. Prosentandel potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser i sum-PAH (se Vedlegg A for identifikasjon av de utvalgte forbindelsene).



Figur 6. Prinsipalkomponentanalyse av likhet mellom sedimentprøvene i sammensetning av diaromatiske PAH-forbindelser. PCA-akse 1 og 2 forklarer til sammen 60 % av materialets totale varians. Stasjon 4, prøve B, og stasjon 5, prøve B, C og D er utelatt fra analysen siden de fleste forbindelsene lå under analysemetodens deteksjonsgrense.²

² Figuren viser de enkelte prøvene som punkter i et koordinatsystem der aksene er de to prinsipalkomponent-aksene som forklarer størst andel av variabiliteten i prøvematerialet. Nærhet mellom punktene viser likhet i komponentsammensetning. Analysen angir også hvilke av PAH-komponentene som er mest karakteristisk for de ulike gruppene av prøver (ikke vist på figuren).



Figur 7. Prinsipalkomponentanalyse av likhet mellom sedimentprøvene i sammensetning av polyaromatiske PAH-forbindelser (3-6 ringer). PCA-akse 1 og 2 forklarer til sammen 67 % av materialets totale varians. Stasjon 5, prøve B, C og D er utelatt fra analysen siden de fleste forbindelsene lå under analysemetodens deteksjonsgrense. Se forøvrig figurforklaring i fotnote til Figur 6.

4. Diskusjon

Stasjon 3 og 4 ble analysert for PAH våren 1998 (Waldy & Bakke 1998), men verdiene for sum-PAH fra vår-98 og høst-98 er ikke direkte sammenliknbare fordi antallet komponenter inkludert i analysene er noe forskjellig (flere forbindelser høsten 98). I Tabell 3 er summen av fellesforbindelser presentert. Tabellen viser at resultatene fra høst 98 bekrefter og til dels forsterker observasjonene fra vår 98, dvs at sedimentene innerst i Sandvikbukta har lavere innhold av PAH enn de ved modulkaaien, lenger vekk fra utslippet fra ballasttanken. Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum-PAH i Sandvikbukta var på linje med den dype kontrollstasjonen på Falkeidflæet, og både disse og kontrollstasjonen på Ognøy var etter SFTs klassifisering lite PAH-forurensset (klasse I).

Tabell 3. Sum av felles PAH-forbindelser analysert på stasjon 3 og 4 vår og høst 1998. verdiene for høst 98 er gjennomsnitt av de fire parallelle prøvene.

	Stasjon 3	Stasjon 4
Vår 98	759.79	255.31
Høst 98	917.28	103.90

Det kan fortsatt ikke endelig avgjøres om forskjellen mellom Sandvikbukta og modulkaaien skyldes lavere tilførsel av PAH til sedimentene i Sandvikbukta, eller om samtidig tilførsel av mineralpartikler til bukta har vært så stor at PAH i bunnsedimentet "fortynnes". De fysiske sediment-egenskapene i de to områdene er imidlertid ganske like: samme vanninnhold og samme andel silt- og leir-partikler. Dette tyder på likhet i partikkelsedimentering. Normalisering mot organisk innhold i sedimentet, som langt på vei bør eliminere "fortynningen" ved mineralpartikler, viste også klart lavere PAH i Sandvikbukta enn ved modulkaaien. Dette indikerer at tilførselen av PAH til sedimentene i bukta reelt sett har vært lav, dvs at evt PAH i lekkasjevannet i liten grad har blitt transportert til bunnen lokalt.

Likhetsanalysene viste at sedimentene i Sandvikbukta og modulkaaien hadde en tydelig forskjell i PAH-profil både mht diaromater og polyaromater. Dette tyder på at kildene til PAH er ulike de to stedene. Stasjon 3 (modulkaaien) hadde størst profil-likhet med stasjon 2 (Vik), som hadde klart høyest PAH-belastning. Den mest sannsynlige PAH-kilden for stasjon 2 er hyppig trafikk av små og mellomstore båter. Likheten mellom stasjon 2 og 3 kan tyde på at PAH i sedimentet på stasjon 3 er preget av tilførsel fra båttrafikken ved modulkaaien.

Stasjon 4 hadde en PAH-profil som var mer variabel enn på stasjon 3 og som mest liknet kontrollstasjon 5 på Ognøy.

Stasjon 1 avvek fra de øvrige stasjonene i de fleste målte parametre, noe som til dels kan forventes med beliggenhet langt fra de øvrige og på mye større dyp. Det vel avgrensede toppsjiktet med fine grå mineralpartikler, er en klar indikasjon på forhøyet sedimentering de senere årene. Årsaken er antakelig det omfattende anleggsarbeidet på og vest for Kårstø etter 1980. PAH-innholdet i dette toppsjiktet var lavt (SFT klasse 1). PAH-profilen skilte seg klart fra de øvrige stasjonene og mest karakteristisk var en overvekt av tyngre (5-6 ringer) forbindelser. Slike forbindelser er typisk for forbrenningsavledet PAH og er sterkt assosiert til partikler f.eks. sot.

5. Konklusjoner

Det kan konkluderes med at en eventuell tilførsel av PAH gjennom lekkasjevannet fra ballasttanken på Kårstø, ikke i særlig grad har påvirket bunnsedimentene i Sandvikbukten. Ut fra konsentrasjon av PAH må bunnen klassifiseres som lite/ubetydelig forurensset.

PAH-nivået i bunnsedimentet under modulkaien øst for Sandvikbukta er høyere enn innerst i bukta og bunnen må klassifiseres som moderat forurensset. Resultatene tyder på at PAH-kilden her er båttrafikken i området.

6. Litteratur

- Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J. & J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03, TA-1467/1997, 36s.
- Niemistö L. 1974. A gravity corer for studies of soft sediments, Havsforskningsinst. Skr., Helsinki, 283, 33-38.
- Rygg B. 1995. Vanlige konsentrasjoner av organisk karbon (TOC) i sedimenter i norske fjorder og kystfarvann. Norsk institutt for vannforskning Rapport nr 3364-95. 8s.
- Waldøy M. & T. Bakke. 1998. Lekkasje av produksjonsvann fra en ballasttank ved Statoils anlegg på Kårstø. Sediment- og vannanalyser samt en biologisk befaring. Norsk institutt for vannforskning Rapport nr 3902-98. 36s.

Vedlegg A.

PAH-analyser og sedimentkarakterisering -Rådata

Reanalyse

Navn/lokalitet Kårsto
Adresse :
Oppdragsnr. 98080
Prøver mottatt 29.10.98
Lab.kode 2465-17
Jobb nr. 98/252
Prøvetype Sedimenter
Kons. i Ug/kg tørrvekt
Metode H2-3
Dato 15.1.99
Analytiker Brg

1: St.5a 0-2 cm
2:
3:
4:
5:
6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	<1					
2-M-Naf.	2.8					
1-M-Naf.	<0.5					
Bifenyl	3					
2,6-Dimetylnaftalen	2.4					
Acenaftalen	3.1					
Acenaften	<0.5					
2,3,5-Trimetylnaftalen	1.4					
Fluoren	4.7					
Fenantren	4.2					
Antracen	<0.5					
1-Metylfenantren	2.6					
Fluoranten	4.8					
Pyren	4.4					
Benz(a)antracen*	1.7					
Chrysen/trifenylene	1.4					
Benzo(b,j,k)fluoranten*	1					
Benzo(e)pyren	1					
Benzo(a)pyren*	1.8					
Perylen	<0.5					
Ind.(1,2,3cd)pyren*	2					
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	<0.5					
Benzo(ghi)perylene	1.7					
SUM	44					
Derav KPAH(*)	6.5					
%KPAH	14.8					
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

Navn/lokalitet KÅRSTØ
Adresse :
Oppdragsnr. 98080
Prøver mottatt 29.10.98
Lab.kode 2465 1-6
Jobb nr. 98/252
Prøvetype Sedimenter
Kons. i Ug/kg tørrvekt
Metode H2-3
Dato 8.12.98
Analytiker Brg

1: St.1A 0-2cm
2: St.1B 0-2cm
3: St.1C 0-2cm
4: St.1D 0-2cm
5: St.2A 0-2cm
6: St.2B 0-2cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	4,4	4,6	5,3	3,6	17	15
2-M-Naf.	4,4	4,5	5,7	3,5	8,7	8,1
1-M-Naf.	3,1	2,7	3,3	2,1	7,2	6,3
Bifenyl	1,7	5,2	2,5	2,4	3,4	3,9
2,6-Dimetylnaftalen	3,7	4,1	4,4	3,1	11	10
Acenaftalen	2,7	3,6	3,4	3,1	7,1	7,7
Acenaften	1	1	<1	1	10	7,4
2,3,5-Trimetylnaftalen	1	2,2	4,3	2,9	10	6,6
Fluoren	1,5	1,4	1,3	1,3	26	25
Fenantren	6,4	6,2	5,4	6,3	231	216
Antracen	1	<1	<1	1	52	47
1-Metylfenantren	2,5	<1	2,8	1,2	35	35
Fluoranten	2,6	2,8	4,2	5,6	515	482
Pyren	6,6	6,8	7,3	8	427	403
Benz(a)antracen*	<1	1	1,7	2,2	349	338
Chrysen/trifenyl	5,9	6,3	5	7	379	374
Benzo(b)fluoranten*	7,9	10	13	15	376	384
Benzo(j,k)fluoranten*	6,6	6,9	7,8	8,4	158	138
Benzo(e)pyren	8,3	8,9	10	11	228	233
Benzo(a)pyren*	7,7	7,9	7,8	9,4	309	315
Perylen	19	19	13	15	71	75
Ind.(1,2,3cd)pyren*	15	15	22	22	351	358
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	7,9	7,9	8,9	9,4	77	78
Benzo(ghi)perylene	12	12	15	15	160	161
SUM	132,9	140	154,1	159,5	3818,4	3727
Derav KPAH(*)	45,1	48,7	61,2	66,4	1620	1611
%KPAH	33,9	34,8	39,7	41,6	42,4	43,2
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+rolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

Navn/lokalitet KÅRSTØ
Adresse :
Oppdragsnr. 98080
Prøver mottatt 29.10.98
Lab.kode 2465 7-12
Jobb nr. 98/252
Prøvetype Sedimenter
Kons. i Ug/kg tørrvekt
Metode H2-3
Dato 8.12.98
Analytiker Brg

1: St.2C 0-2cm
2: St.2D 0-2cm
3: St.3A 0-2cm
4: St.3B 0-2cm
5: St.3C 0-2cm
6: St.3D 0-2cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	16	23	15	7,5	8,9	9,2
2-M-Naf.	7,6	13	16	7	12	10
1-M-Naf.	5,7	15	17	5,7	14	11
Bifenyl	2,8	5,3	9,9	3,1	7,7	6,6
2,6-Dimetylnaftalen	8,5	16	7,8	4,2	5,2	6
Acenaftalen	5,9	12	4,4	2,8	3,6	3,5
Acenaften	9,9	14	24	6,5	15	19
2,3,5-Trimetylnaftalen	4,9	22	4,4	<1	1,7	1
Fluoren	31	58	21	7,3	15	16
Fenantren	254	460	194	69	135	142
Antracen	59	99	4,5	1,6	3,6	3,6
1-Metylfenantren	35	69	11	6,1	6,6	9,8
Fluoranten	517	772	311	116	207	239
Pyren	420	690	209	83	143	169
Benz(a)antracen*	348	503	64	32	48	78
Chrysen/trifenylen	366	539	107	45	71	80
Benzo(b)fluoranten*	343	476	157	71	66	116
Benzo(j,k)fluoranten*	127	187	87	26	52	47
Benzo(e)pyren	207	302	80	40	58	66
Benzo(a)pyren*	285	428	66	37	63	72
Perylen	65	89	18	14	16	18
Ind.(1,2,3cd)pyren*	309	454	129	61	82	45
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	71	104	24	16	19	26
Benzo(ghi)perylene	131	199	53	29	40	47
st. 2 st. 3						
SUM	3629,3	5549,3	1634	690,8	1093,3	1240,7
Derav KPAH(*)	1483	2152	527	243	330	384
%KPAH	40,9	38,8	32,3	35,2	30,2	31,0
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

Navn/lokalitet KÅRSTØ
Adresse :
Oppdragsnr. 98080
Prøver mottatt 29.10.98
Lab.kode 2465 13-18
Jobb nr. 98/252
Provetype Sedimenter
Kons. i Ug/kg tørrvekt
Metode H2-3
Dato 8.12.98
Analytiker Brg

- 1: St.4A 0-2cm
2: St.4B 0-2cm
3: St.4C 0-2cm
4: St.4D 0-2cm
5: St.5A 0-2cm
6: St.5B 0-2cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	7,1	<1	2,1	6,4	1,7	<1
2-M-Naf.	8,9	1	2,2	7,1	<1	<1
1-M-Naf.	4	<1	1	2,9	<1	<1
Bifenyl	3	<1	1	2	<1	1,1
2,6-Dimetylnaftalen	8,8	2,8	3,6	6	1,9	5
Acenaftilen	3,2	2,3	<1	3,2	2,3	2,4
Acenaften	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,3,5-Trimetylnaftalen	18	3,4	<1	17	1	1,9
Fluoren	5,3	<1	2,7	2,7	1	<1
Fenantren	21	2,4	7,1	14	15	1
Antracen	1,5	<1	<1	<1	5,9	<1
1-Metylfenantren	31	<1	<1	19	<1	1,2
Fluoranten	20	3,5	4,8	14	31	1,2
Pyren	42	8,5	15	28	27	4,9
Benz(a)antracen*	3,3	<1	2	3,5	17	<5
Chrysen/trifenyl	13	5,5	8,9	12	13	<5
Benzo(b)fluoranten*	5,9	7,5	6,3	3,4	16	<5
Benzo(j,k)fluoranten*	6	5,8	6,2	6,2	10	<5
Benzo(e)pyren	13	5,3	7,4	8,4	8,6	<5
Benzo(a)pyren*	20	6,9	7,8	9,9	17	<5
Perylen	8	<1	<1	8,3	9,4	<5
Ind.(1,2,3cd)pyren*	9	6,9	8,9	11	21	<5
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	<1	<1	<1	<1	7,2	<5
Benzo(ghi)perylene	15	7,8	11	18	13	<5
5+4 5+5						
SUM	267	69,6	98	203	219	18,7
Derav KPAH(*)	44,2	27,1	31,2	34	88,2	
%KPAH	16,6	38,9	31,8	16,7	40,3	
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

Navn/lokalitet KÅRSTØ
Adresse :
Oppdragsnr. 98080
Prøver mottatt 36097
Lab.kode 2465 19-20
Jobb nr. 98/252
Prøvetype Sedimenter
Kons. i Ug/kg tørrvekt
Metode H2-3
Dato 8.12.98
Analytiker Brg

1: St.5C 0-2cm
2: St.5D 0-2cm
3:
4:
5:
6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	<5	<5				
2-M-Naf.	<5	<5				
1-M-Naf.	<5	<5				
Bifenyli	<5	<5				
2,6-Dimetylnaftalen	<5	<5				
Acenafitylen	<5	<5				
Acenafiten	<5	<5				
2,3,5-Trimetylnaftalen	<5	<5				
Fluoren	<5	<5				
Fenantren	<5	<5				
Antracen	<5	<5				
1-Metylfenantren	<5	<5				
Fluoranten	<5	<5				
Pyren	5	<5				
Benz(a)antracen*	<5	<5				
Chrysen/trifenylen	<5	<5				
Benzo(b)fluoranten*	<5	<5				
Benzo(j,k)fluoranten*	<5	<5				
Benzo(e)pyren	<5	<5				
Benzo(a)pyren*	<5	<5				
Perylen	<5	<5				
Ind.(1,2,3cd)pyren*	<5	<5				
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	<5	<5				
Benzo(ghi)perylene	<5	<5				

5+5						
SUM	5					
Derav KPAH(*)						
%KPAH						
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Denne testrapport får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Testresultat gjelder kun for den prøve som er testet.

ANALYSERAPPORT Interne saksbehandlere

Rapportert: 09.12.98

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m rapporteringsdato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Rekvisisjonsnr : 1998-02465 Mottatt dato : 19981030 Godkjent av : KAS Godkjent dato: 19981209
Prosjektur : O 98080
Kunde/Stikkord : KÅRBAL
Kontakt p./Saksbeh. : MAT

Analysevar/jabel			TDS/%	TN/F	TOC/F	PAH-Sm
Enhet			%	µg/mg TS	µg/mg TS	µg/kg t.v.
Metode			B 3	G 6	G 6	H 2-3
PrNr	PrDato	Merking				
1	981014	St. 1A 0-2 cm	41.0	1.9	11.0	u
2	981014	St. 1B 0-2 cm	37.8	2.0	11.6	u
3	981014	St. 1C 0-2 cm	44.5	1.7	8.0	u
4	981014	St. 1D 0-2 cm	44.4	1.6	9.1	u
5	981014	St. 2A 0-2 cm	33.5	6.5	65.8	u
6	981014	St. 2B 0-2 cm	34.5	6.1	63.1	u
7	981014	St. 2C 0-2 cm	35.4	6.4	64.6	u
8	981014	St. 2D 0-2 cm	35.5	6.6	70.2	u
9	981014	St. 3A 0-2 cm	64.2	2.2	11.6	u
10	981014	St. 3B 0-2 cm	69.5	1.2	7.7	u
11	981014	St. 3C 0-2 cm	72.1	1.1	6.8	u
12	981014	St. 3D 0-2 cm	69.0	1.6	7.6	u
13	981014	St. 4A 0-2 cm	61.9	1.8	6.3	u
14	981014	St. 4B 0-2 cm	75.6	1.4	3.0	u
15	981014	St. 4C 0-2 cm	70.9	1.0	4.6	u
16	981014	St. 4D 0-2 cm	64.7	1.3	5.9	u
17	981014	St. 5A 0-2 cm	77.0	<1.0	3.8	u
18	981014	St. 5B 0-2 cm	74.9	<1.0	2.5	u
19	981014	St. 5C 0-2 cm	74.9	<1.0	2.7	u
20	981014	St. 5D 0-2 cm	76.0	<1.0	3.1	u

u Analyseresultat er vedlagt i egen analyserapport.

Stasjon 20 Kuppelstion November 08

O-98080

Stasjon	Sediment +tara	Boks tara	Filter tara	Filter + >63	gram siktet	gram >63	gram <63	% <63
1	20.4893	6.9347	1.3202	1.4538	13,5546	0,1336	13,4210	99,01
2	29.7751	6.9391	1.3878	12,6879	22,8360	11,3001	11,5359	50,52
3	67.6753	6.9453	1.3466	41,3999	60,7300	40,0533	20,6767	34,05
4	80.4066	6.9722	1.4391	51,2407	73,4344	49,8016	23,6328	32,18
5	99.3698	6.9405	1.2998	91,0236	92,4293	89,7238	2,7055	2,93