

RAPPORT LNR 4243-2000

**Miljøundersøkelse i sjøen
utenfor Hurum
Papirfabrikk 1999**

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

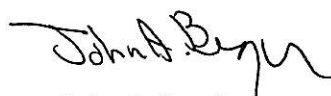
Tittel Miljøundersøkelse i sjøen utenfor Hurum Papirfabrikk 1999	Løpenr. (for bestilling) 4243-2000	Dato 7/6-2000
	Prosjektnr. Undernr. O-20060	Sider Pris 37
Forfatter(e) John Arthur Berge Lasse Berglind	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skogindustrier ASA	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

NIVA har for Norske Skogindustrier ASA gjennomført miljøundersøkelser i sjøen utenfor Hurum Papirfabrikk. Bakgrunnen var at grunnen på fabrikkområdet var forurenset med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyl (PCB), terpentin (C₆-C₁₀) og mineralolje (C₁₀-C₄₀). Undersøkelsene omfattet analyse av disse miljøgifter i sediment og blåskjell. Resultatene avdekket at sedimentet utenfor fabrikkområdet var meget sterkt forurenset med PCB og markert forurenset med PAH ifølge SFTs klassifisering av miljøkvalitet. Sedimentet i sjøen utenfor bedriften var også sterkt til markert forurenset med HCB og nedbrytningsprodukter av DDT. Fordelingsmønsteret av enkeltforbindelser av PCB og PAH i sediment fra stasjonen rett utenfor bedriften var meget likt det en observerte på bedriftsområdet og sannsynliggjør at PCB og PAH som er observert i sedimentet ved bedriften stammer fra samme kilde som observert i kum på land. De observerte mineralolje konsentrasjonene i sedimentet rett utenfor og ca 600 m øst for fabrikkens anses som relativt høye. Hverken for PCB eller for PAH var det tydelig likhet mellom fordelingsmønster i skjell og materialet fra bedriftsområdet. Blåskjell innsamlet utenfor bedriften var markert forurenset med PCB og moderat forurenset med PAH ifølge SFTs klassifisering. Det relativt høye PCB-nivået i skjell nær bedriften tyder på tilførsel av PCB til overflatelaget fra en aktiv kilde. Undersøkelsene har sannsynliggjort at det er eller har vært en transport av miljøgifter fra land til sjøen utenfor fabrikkens. Alvorligheten av dette er avhengig av utbredelsen av områder som er mest forurenset (særlig gjelder dette for PCB). Eventuelle tiltak bør i første rekke rette seg mot å stoppe videre utlekking av PCB, PAH og andre oljehydrokarboner fra land til sjø. Demest bør en kartlegge det berørte området for å ha grunnlag til å avgjøre om det er behov for tiltak i sjøen.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Grunnforurensning Fjord Hydrokarboner PCB 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Soil pollution Fjord Hydrocarbons PCB
---	---



John Arthur Berge
Prosjektleder



Ketil Hylland
Forskningsleder



Bjørn Braaten
Forskningsssjef

**Miljøundersøkelse utenfor Hurum Papirfabrikk
1999**

Forord

På bakgrunn av en henvendelse (brev av 9/12-99) fra Rune Andersen, Norske Skogindustrier ASA og registreringer av forurensninger i grunnen rundt Hurum Papirfabrikk utarbeidet NIVA et programforslag for miljøundersøkelser i sjøen utenfor bedriften (brev av 20/12-99). I elektronisk post av 27/1 2000 bekreftet Norske Skogindustrier ASA at de ønsket at NIVA skulle gjennomføre undersøkelser som skulle omfatte miljøgifter i blåskjell og sediment.

Feltarbeidet ble gjennomført av Torgeir Bakke, John Arthur Berge og Aud Helland fra NIVA. En prøve av slam fra en kum på land ble skaffet til veie av bedriften.

Uttak av vevsprøver av blåskjell, og bestemmelse av partikkelstørrelesfordeling i sediment ble foretatt av Unni Efraimsen.

Analyser av miljøgifter ble utført på NIVA under ledelse av Einar Brevik (klororganiske forbindelser) og Rainer Lichtenthaler/Lasse Berglind (PAH, mineralolje og terpentin)

Prosjektleder på NIVA har vært John Arthur Berge.

Kontaktperson hos Norske Skogindustrier ASA har vært Rune Andersen og lokal kontakt på Hurum Papirfabrikk har vært Alexander Vedeler.

Oslo, 7/6-2000

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
2. Metode	10
2.1 Prøvetaking	10
2.1.1 Sediment.	10
2.1.2 Blåskjell	12
2.1.3 Kildeidentifikasjon	13
2.2 Kjemiske analysemetoder	14
3. Resultater	16
3.1 Miljøgifter i sediment	16
3.1.1 PCB og andre klororganiske forbindelser	16
3.1.2 Polysykliske aromatiske hydrokarboner	18
3.1.3 Olje og terpentin	20
3.2 Miljøgifter i blåskjell	22
3.2.1 PCB og andre klororganiske forbindelser	22
3.2.2 Polysykliske aromatiske hydrokarboner	23
3.2.3 Olje og terpentin	25
4. Konklusjoner	26
5. Referanser	27
Vedlegg A. Beskrivelse av innsamlede sedimentprøver.	28
Vedlegg B. Rådata for analyse av sediment	30
Vedlegg C. Rådata for analyse av blåskjell	33
Vedlegg D. PAH komponenter brukt til fingerprinting, sediment	36
Vedlegg E. PAH komponenter brukt til fingerprinting, skjell	37

Sammendrag

På bakgrunn av en henvendelse fra Norske Skogindustrier ASA har NIVA gjennomført miljøundersøkelser i sjøen utenfor Hurum Papirfabrikk. Bakgrunnen for undersøkelsen var at en i grunnen på fabrikkområdet som består av sand, grus og fjell hadde avdekket forurensninger bestående av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), terpentin (C₆-C₁₀) og mineralolje (C₁₀-C₄₀).

Det var en mulighet for at disse forbindelser kunne følge grunnvannet og annen avrenning og dermed påvirke sjøen utenfor fabrikk. Bedriften besluttet dermed i samråd med SFT å gjennomføre undersøkelser for å avklare om forurenset grunn på bedriftsområdet påvirket forholdene i sjøen i nærområdet til fabrikk.

Det ble lagt opp til undersøkelser som først og fremst var beregnet på å kunne avgjøre om sig til sjø var et problem eller ikke. Undersøkelsene omfattet analyse av miljøgifter i sediment og blåskjell innenfor en avstand av maksimalt ca 1 km fra bedriften samt på en lokal referansestasjon ca 2 km fra bedriften.

På bakgrunn av analyseresultatene er forurensningsgraden på de enkelte stasjoner klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al., 1997).

Resultatene avdekket at sedimentet rett utenfor fabrikkområdet er meget sterkt forurenset med PCB (375 µg/kg t.v.) og markert forurenset med PAH (3707 µg/kg t.v.). PCB-nivået var lavere på stasjonen øst (markert forurenset) og vest (moderat forurenset) for bedriften mens konsentrasjonen på referansestasjonen lå slik en forventer i et område uten tydelig påvirkning fra punktkilder. Sedimentet i sjøen rett utenfor bedriften var også sterkt til markert forurenset med HCB og nedbrytningsprodukter av diklordifenyltrikloretan (DDT).

Fordelingsmønstrer av enkeltforbindelser av PCB og PAH i sediment fra stasjonen rett utenfor bedriften var meget likt det en observerte i en kum-prøve tatt på bedriftsområdet, mens stasjonene 0.6 og 1 km unna hadde et ulikt mønster. Likheten i fordelingsmønstrer gjør det meget sannsynlig at den PCB og PAH som er observert i sedimentet rett utenfor bedriften stammer fra samme kilde som observert på land. Kummen er en del av en ca. 150 m lang kulvert som går over deler av fabrikkområdet og munnar ut i en fylling ut mot sjøen. Mye tyder på at slam i bunnen av denne kulverten er hovedkilden til PCB -forurensningen som er funnet i sjøen utenfor.

Konsentrasjonen av PCB og PAH i det partikulære materialet i prøven fra kummen på land var henholdsvis 2 og 3 ganger høyere enn den konsentrasjonen som ble funnet i sedimentet rett utenfor bedriften.

De observerte konsentrasjoner av mineralolje (68 og 100 mg/kg v.v.) i sediment rett utenfor og ca 600 m øst for fabrikk anses som relativt høye. Oljeinnholdet i prøven fra kummen på land var meget høyt (30-45 ganger høyere enn i sedimentet på de nærmeste stasjoner). Resultatene kan tyde på en tilførsel av oljerelaterte produkter til sedimentene nær fabrikk. Konsentrasjonen av olje i sediment fra stasjonen ca 1 km syd for fabrikk og på referansestasjonen lå derimot tilnærmet på nivå med det som anses som normalt i Nordsjøen og tyder på at en på disse stasjoner ikke har noen oljepåvirkning av betydning

I kumprøven ble det observert terpentin, noe som bekrefter tidligere undersøkelser på land. Konsentrasjonen av den lettere terpeninfraksjonen lå imidlertid under deteksjonsgrensen (eller kunne

ikke bestemmes) i alle sedimentprøvene. Dette tyder på at en ikke har noen vesentlig utlekking som medfører akkumulering av terpentin i sedimentene.

Hverken for PCB eller for PAH var det tydelig likhet mellom fordelingsmønster i blåskjell og partikulært materiale fra kum. Blåskjell innsamlet på steinfyllingen på ca 1m dyp utenfor bedriften (B1) var imidlertid markert forurenset med PCB (17 µg/kg v.v.) og moderat forurenset med PAH (78 µg/kg v.v.). Skjell fra de øvrige stasjoner var moderat forurenset med PCB.

Det relativt høye PCB-nivået i skjell nær bedriften tyder på nåtidig tilførsel av PCB til overflatelaget (sannsynligvis en punktkilde) utover det som en skulle forvente fra diffuse kilder og støtter antagelsen av at kulverten er kilden. PAH-resultatene tyder imidlertid på at tilførslene til overflatelaget er mer uniforme over et større område og ikke spesielt stor nær bedriften til tross for at sedimentet der var markert forurenset med PAH.

Undersøkelsene har sannsynliggjort at det er eller har vært en transport av PCB og PAH fra land til sjøen utenfor fabrikken (sannsynligvis også mineralolje). Dette har ført til at sedimentet lokalt er blitt meget sterk forurenset med PCB og markert forurenset med PAH. Alvorligheten av denne forurensning er i første rekke avhengig av utbredelsen av områder som er mest forurenset (særlig gjelder dette for PCB).

Eventuelle tiltak bør i første rekke rette seg mot å stoppe videre utlekking av PCB, PAH og oljehydrokarboner fra land til sjø. Dermed bør en kartlegge det berørte området for å ha grunnlag til, i samråd med miljømyndighetene, å avgjøre om det er behov for tiltak i sjøen for å hindre videre spredning av de miljøgiftlagrene som ligger utenfor bedriftsområde. En kartlegging av det berørte området ved bedriften krever et tettere stasjonsnett enn det som ble benyttet her.

Summary

Title: Environmental investigations in the sea outside a paper mill (Hurum Papirfabrikk) in Norway 1999.

Year: 2000

Author: John Arthur Berge, Rainer Lichtenthaler, Lasse Berglind

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3867-0

NIVA have on contract with Norske Skogindustrier ASA performed investigations in the sea outside a paper mill (Hurum papirfabrikk) situated by the Oslofjord, Norway. The investigation includes analysis of contaminants in sediments and blue mussels (*Mytilus edulis*). The reason for the investigation was the high levels of polycyclic aromatic hydrokarbones (PAH), polychlorinated biphenyles (PCB), turpentine (C₆-C₁₀) and mineral oil (C₁₀-C₄₀) observed in the soil around the paper mill.

The objective for the investigation was to clarify whether the pollutants found on land are transported to the sea outside the paper mill and affect the conditions locally.

The results from the analysis of sediment and mussels are classified according to the environmental quality criteria from The Norwegian State Pollution Control Authority (Molvær, et al. 1997).

The sediments outside the plant were extremely polluted with PCB (375 µg/kg d.w.) and markedly polluted with PAH (3707 µg/kg d.w.). The PCB concentrations were lower at a stations 0.6 km East (markedly polluted) and 1 km West (moderately polluted) of the plant. The PCB concentration at the local references site was as expected in areas without nearby point sources of PCB. The sediments immediately outside the plant was also strongly to markedly polluted with hexachlorbenzene (HCB) and breakdown products of DDT.

Fingerprints based on the distribution of individual PCB congeners and PAH components indicated that the PCB and PAH profiles found in the sediments immediately outside the paper mill were very similar to what had been found in particulate material from a drainage basin on land. The more distant stations did not show the same similarity. The observed similarity makes it highly probable that the PCB and PAH observed in the sediments near the plant come from the same source as on land.

The concentration of PCB and PAH in particulate material from the drainage basin was approximately 2 and 3 times the concentration in the sediment immediately outside the paper mill.

The observed mineral oil concentration observed in the sediment immediately outside (68 mg/kg w.w.) and 0.6 km east of the plant (100 mg/kg w.w.) were considered relatively high whereas the concentration 1 km south of the plant was as expected as normal offshore. The concentration of mineral oil in the sample taken on land was 30-35 times higher than in the sediments immediately outside the plant. The results suggest transport of mineral oil from land to the sediments outside the plant area.

Turpentine was not detected in the sediment samples. This indicates that there is no significant leakage of turpentine that results in accumulation in the sediments.

Neither for PCB nor PAH did fingerprinting indicate a clear similarity between mussel samples and sample from drainage basin on land. The mussels collected immediately outside the paper mill were markedly polluted with PCB (17 µg/kg w.w.) and moderately polluted with PAH (78 µg/kg w.w.)

The relatively high levels of PCB found in the mussels near the paper mill indicates a present supply (possibly a point source) of PCB to the surface water. The concentration of PCB in the mussels near the mill was beyond what would be expected from a supply from diffuse regional sources. The results indicate that the supply of PAH to the surface water is uniform over a larger area and not particularly large near the paper mill in spite of the high concentration of PAH found in the sediment.

The investigations have revealed that a transport of PCB and PAH (possibly also mineral oil) from land to the area immediately outside the paper mill is highly probable. The severity of the documented level of contamination in the sea outside the paper mill is first of all determined by the distribution of the most polluted area (particularly relevant for PCB).

Action should primarily focus on measures to stop further transport of PCB, PAH and mineral oil from land to the sea. Secondly a more detailed mapping of the most contaminated area should be performed. After consultation with the environmental authorities the result of the mapping will form a basis for deciding if it is necessary to perform any further action in order to reduce spreading of the contaminants in the sediments.

1. Innledning

Bedriftsområdet ligger ved sjøen. Grunnen på fabrikkområdet består av sand og grus med fjell under. Under arbeid med kartlegging av forholdene på fabrikkområdet er det registrert sterk lukt av terpentin. Terpentinen er antatt å komme fra tidligere produksjon. Undersøkelser (Havik og Ness, 2000) på fabrikkområdet har påvist forurensninger i grunnen. Forurensningen består først og fremst av forhøyede konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenylar (PCB), terpentin (C₆-C₁₀) og mineralolje (C₁₀-C₄₀).

Det var en mulighet for at disse forbindelser kunne følge grunnvannet og påvirke sjøen utenfor fabrikkområdet. Bedriften hadde i samråd med SFT besluttet å gjennomføre undersøkelser for å avklare om forurenset grunn på bedriftsområdet påvirket forholdene i sjøen i nærområdet rundt fabrikkområdet.

Eventuelle forurensninger som lekker ut til sjø vil over tid kunne akkumulere i sedimentene. Slike forbindelser vil også kunne tas opp blåskjell. Overflatesediment og blåskjell er en av de mest hyppig benyttede matrikser for overvåking i fjorder og inngår i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet. NIVA foreslo derfor å foreta undersøkelser av miljøgifter i blåskjell og overflatesediment (0-2 cm) i sjøen i bedriftens nærområde. Det ble lagt opp til undersøkelser av orienterende karakter hvor målet først og fremst var å kunne avgjøre om sig til sjø var et problem eller ikke.

2. Metode

Feltarbeidet ble gjennomført av NIVA personell (3 stk) 27/01-2000. Feltarbeidet ble foretatt fra en åpen båt (14 fot) med påhengsmotor. Bedriften anviste hvor de antok det som mest sannsynlig at det kunne forekomme sig av forurensninger til sjø.

2.1 Prøvetaking

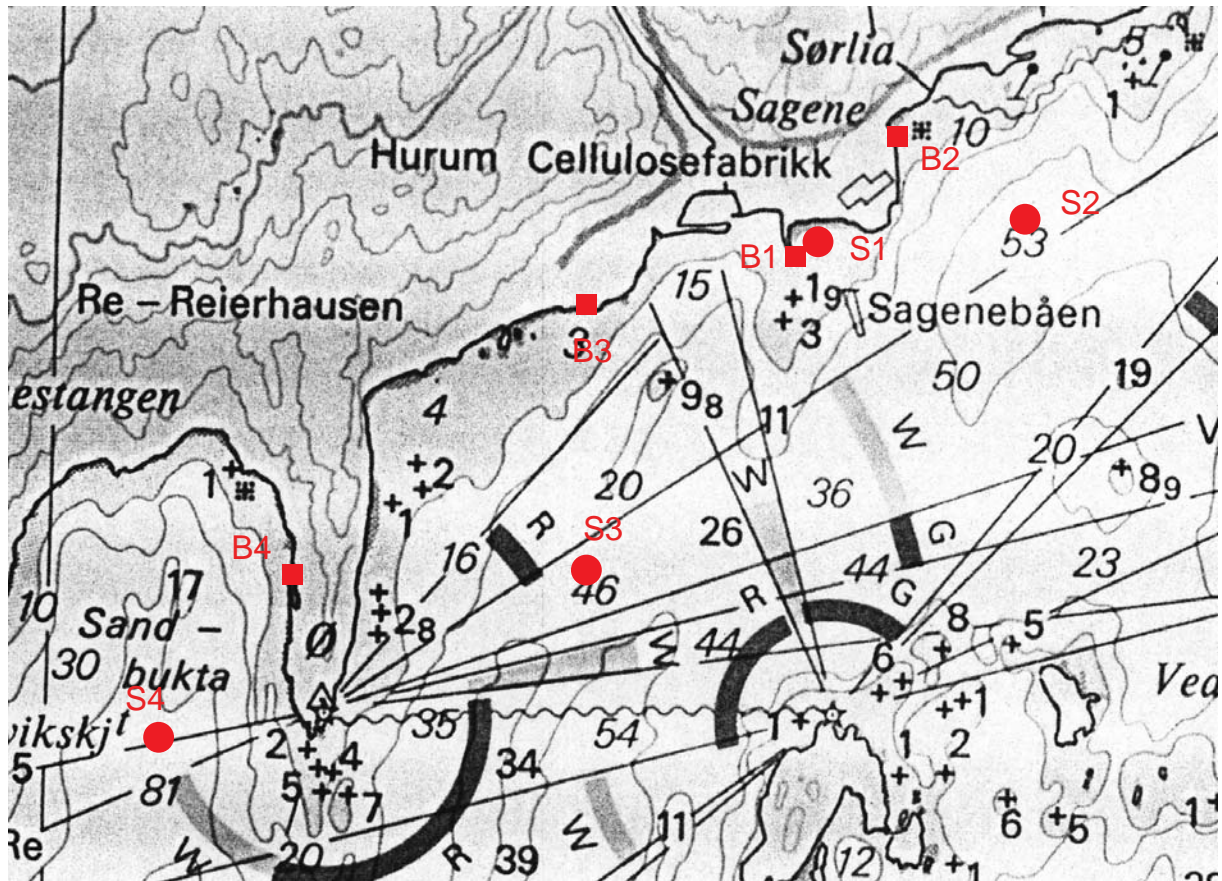
2.1.1 Sediment.

Oversikt over sediment stasjoner ses i tabell 1 og figur 1. Utgangspunktet for valg av stasjoner var at en ønsket:

- en lokalitet med finkornig sediment på grunt vann (<10 m) så nær opptil det området på bedriften hvor det er sannsynlig at det forekommer sig til sjø. Denne stasjonen er ment å representere et område med direkte påvirkning fra land.
- stasjoner på akkumuleringsbunn på noe dypere vann litt lenger vekk fra bedriften. Fra sjøkartet ble det plukket ut et område rett øst for fabrikk og et område sydvest for fabrikk (**Figur 1**). Disse to områdene er ment å representere områder med en eventuell langsiktig påvirkning av forurensede partikler som sedimenterer.

En ønsket i utgangspunktet å foreta prøvetaking ved bruk av kjerneprøvetager. Det viste seg imidlertid vanskelig å få opp sediment på alle stasjoner med kjerneprøvetager slik at en gikk over til også å benyttet grabb. På stasjonen nærmest bedriften ble sedimentprøvene tatt av dykker med håndoperert kjerneprøvetager. Se vedlegg A for en beskrivelse av de enkelte sedimentprøver.

På hver lokalitet ble det tatt 2-3 parallelle prøver. Overflatesedimentet (ca. 0-2 cm) ble slått sammen til en blandprøve for kjemiske analyser. Sedimentet ble analysert for PAH, PCB, terpentin (C₆-C₁₀) og mineralolje (C₁₀-C₄₀). Som støtteparametere ble det analysert for % tørrstoff og andel av sedimentet som har en partikkelstørrelse mindre enn 64 µm. PAH og PCB inngår i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997). Terpentin (C₆-C₁₀) og mineralolje (C₁₀-C₄₀) er ikke inkludert i klassifiseringssystemet.



Figur 1. Utsnitt av sjøkart som viser stasjoner hvor det ble innsamlet sediment (S1-S4 sirkler) og blåskjell (B1-B4 kvadrate).

Tabell 1. Oversikt over sedimentstasjoner.

Stasjon nr	Beskrivelse av stasjon	Dyp (m)
S1	Nærmest mulig potensielt sig til sjø.	4-5
S2	Rett øst for fabrikk ca 600 m fra stasjon S1	55.5
S3	Området sydvest for fabrikk ca 1 km fra stasjon S1	46-50
S4	Referanse: Sandbukta ca 2 km fra bedriften	68-83 m

2.1.2 Blåskjell

Blåskjell ble innsamlet på grunt vann (0-2 m) ved dykking/svømmedykking.

Figur 1 og Tabell 3 gir en oversikt over blåskjellstasjonene. I utgangspunktet ønsket en blåskjell fra det område hvor det er størst sannsynlig at det forekommer sig til sjø. Ut fra det en hadde opplyst i fra NGI (Havik og Ness, 2000) var det påvist forurensning av blant annet PCB, PAH (og andre hydrokarboner) i grunnen på land (Tabell 2). Det ble valgt et sjøområde rett utenfor bedriften. En anså at en eventuell observasjon av høye konsentrasjoner i skjell fra denne stasjonen ville være en indikasjon på sig til sjø. Relativt høye konsentrasjoner av miljøgifter ble observert i en kum på land innenfor dette punkt (Tabell 2).

Tabell 2. Resultater fra tidligere analyse av materiale fra kum på land (punkt 20, se Havik og Ness, 2000).

Forbindelsestype	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{kg t.s.}$)
% Tørrstoff	65,8
PCB	51
PAH	5 600
Olje (C ₆ -C ₁₀)	225 000
Mineraloljer (C ₁₀ -C ₄₀)	5 700 000

Det ble også gjennomførte analyser av skjell innsamlet ca 0.5 km nordøst og sydvest for stasjon B1. Analyseresultater for disse skjellene var ment å kunne påvise en eventuell spredning av forurensninger langs land i overflatevannet.

I tillegg ble det tatt skjell fra en referanselokalitet hvor det er liten sannsynlighet for påvirkning fra sivevann fra bedriften. Til dette formål valgte en Sandbukta.

Fra hver lokalitet ble det analysert en blandprøve bestående av ca 50 skjell (se Tabell 4) Skjellene ble analysert for PAH, PCB, terpentin (C₆-C₁₀), mineraloljer (C₁₀-C₄₀).

Tabell 3. Oversikt over blåskjellstasjoner.

Stasjon nr	Beskrivelse av stasjon
B1	Nærmest mulig potensielt sig til sjø (i nærheten av grunnvannskum 17)
B2	ca 400 m nordøst for stasjon B1
B3	ca 550 m sydvest for stasjon B1
B4	Referanse: Sandbukta ca 2 km fra bedriften

Tabell 4. Oversikt over analyserte skjell.

Stasjon	Antall skjell	Min. lengde (mm)	Max. lengde (mm)	Midlere skall-lengde i mm (standardavvik)	Midlere bløtdelsvekt (g)
B1	49	4.2	6.8	56.4 (7.4)	6.8
B2	50	4.5	5.9	52.1 (3.7)	5.3
B3	50	4.1	5.9	50.4 (4.3)	4.7
B4	50	4.1	5.9	52.5 (4.2)	5.6

2.1.3 Kildeidentifikasjon

For å kunne bekrefte/ avkrefte om eventuelle funn av overkonsentrasjoner i sediment kan knyttes til sig fra bedriften er det behov for å kunne sammenligne komponentsammensetningen i sedimentet med tilsvarende analyser på forurenset materiale som med sikkerhet kan knyttes til bedriftens virksomhet. En har derfor foretatt analyse (PAH, PCB, terpentin (C₆-C₁₀), mineraloljer (C₁₀-C₄₀)) av partikulært materiale fra en kum på land (Punkt 20, rapport nr. 994066-2 fra NGI) som bedriften skaffet tilveie. Kummen er en del av en ca. 150 m lang kulvert som går over deler av fabrikkområdet og munner ut i en fylling ut mot sjøen.

2.2 Kjemiske analysemetoder

En oversikt over de anvendte analysemetoder ses i Tabell 5

Tabell 5. Oversikt over anvendte analysemetoder.

AED= atomemisjonsdetektor. ICP-MS=Induktivt koblet plasma - massespektrometri. GC/ECD=gasskromatograf med elektroninnfangingsdetektor. MSD=masseselektiv detektor. GC-AED=gasskromatograf med atomemisjonsdetektor. GC/MSD=gasskromatograf med masseselektiv detektor. FID=flammeionisasjonsdetektor.

Prøvetype	Parameter	Analysemetode
Sediment	Partikkelstørrelse (fraksjon <64µm)	Frysetørking, tørrsiktning og gravimetri
Sediment	PCB og andre industri- og landbruks relaterte klororganiske forbindelser	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres utfra de respektive retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.
Sediment	PAH	Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Ekstraktet gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet med GC/FID eller GC/MSD. PAH identifiseres med FID ut fra retensjonstider og med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.
Sediment	THC/mineralolje	GC med FID
Sediment	Terpentin	1-8 g vått materiale ble veid og tilsatt indre standarder for henholdsvis terpentin og olje og deretter ristet to ganger med en blanding av n-pentan og metanol. Vann ble tilsatt for fjerning av metanol, deretter ble ekstraktene rensset på silicagel før analyse med GC/FID. Vanlig handelsvare av terpentin og Esso Marine Special ble brukt til kalibrerings-standard.

Tabell 3 (fortsettelse)

Prøvetype	Parameter	Analysemetode
Blåskjell	PCB og andre utvalgte klororganiske forbindelser	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.
Blåskjell	% Fett	Ultrasonde ekstraksjon, gravimetri
Blåskjell	PAH	Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.
Blåskjell	Terpentin og mineralolje	Ca. 20 g vått materiale ble etter tilsetning av indre standarder ristet 2 ganger på ristebord i 1 time med en blanding av isopropanol og n-pentan. Etter vanntilsetning/vasking av de samlede ekstraktene ble n-pentanfasene isolert, tørket og inndampet til et lite volum og renses på Silicagel Bond-Elut kolonner ved eluering med 10%DCM i n-pentan. Ekstraktene ble deretter ristet med 2 N NaOH for ytterligere fjerning av fett før analyse på GC/FID. Som standard ble benyttet en blanding av vanlig terpentin og Esso Marine Special bunkerolje.

3. Resultater

3.1 Miljøgifter i sediment

Det innsamlede sedimentet var med unntak av den grunne stasjonen (S1) nærmest bedriften dominert av partikler med en størrelse på mindre enn 63µm (silt/leire fraksjonen) Tabell 6. Ut fra lukt, gassutvikling og farge på sedimentet synes det å være oksiske forhold ved bunnen på stasjonene S2-S4 mens en på den grunne stasjonen ved bedriften (S1) sannsynligvis hadde reduserende forhold med dannelse av metan nede i sedimentet (se vedlegg A).

Tabell 6. Oversikt over sedimentstasjoner.

Stasjon nr	%vann	<63 µm fraksjon
S1	47.07	44.84
S2	54.33	73.82
S3	63.34	95.85
S4	50.66	91.79

3.1.1 PCB og andre klororganiske forbindelser







Sedimentet rett utenfor fabrikkområdet (S1) var meget sterkt forurenset med PCB (Tabell 7). Forurensningsnivået forårsaket av PCB på S1 ligger innefor det som er observert i sedimentet i småbåthavner i indre Oslofjord (Konieczny, 1995).

Forurensningsnivået var lavere på stasjonen øst (markert forurenset) og vest (moderat forurenset) for bedriften mens konsentrasjonen på stasjonen i Sandbukta lå slik en forventer i et diffust belastet område uten tydelig påvirkning av punktkilder. Konsentrasjonen av PCB i prøven fra kummen på land var omtrent det dobbelte av det som ble funnet i sedimentet rett utenfor bedriften.

Også for heksaklorbensen og nedbrytningsprodukter av DDT ble de høyeste konsentrasjoner funnet rett utenfor bedriften hvor sedimentet kan klassifiseres som sterkt forurenset med HCB og markert forurenset med nedbrytningsprodukter av DDT (Tabell 7).

Konsentrasjonene av PCB, HCB og nedbrytningsprodukter av DDT var relativt høy i prøven tatt i kummen på land (Tabell 7) og sedimentet i sjøen rett utenfor bedriften var meget sterkt til markert forurenset med disse forbindelser. Den mest sannsynlige forklaringen på det høye nivået av disse forbindelser i sedimentet rett utenfor bedriften er transport fra land. DDT er i første omgang et tidligere landbruksrelatert produkt som etter det en vet ikke har hatt en naturlig anvendelse innefor treforedling.

Tabell 7. Konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (ΣPCB_7), heksaklorbensen (HCB), heksaklorsykloheksan (HCH), diklordifenyldikloretan (DDE), diklordifenyldikloretan (DDD) av diklordifenyltrikloretan (DDT) i sediment fra området utenfor Hurum papirfabrikk. Enheter: $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997)

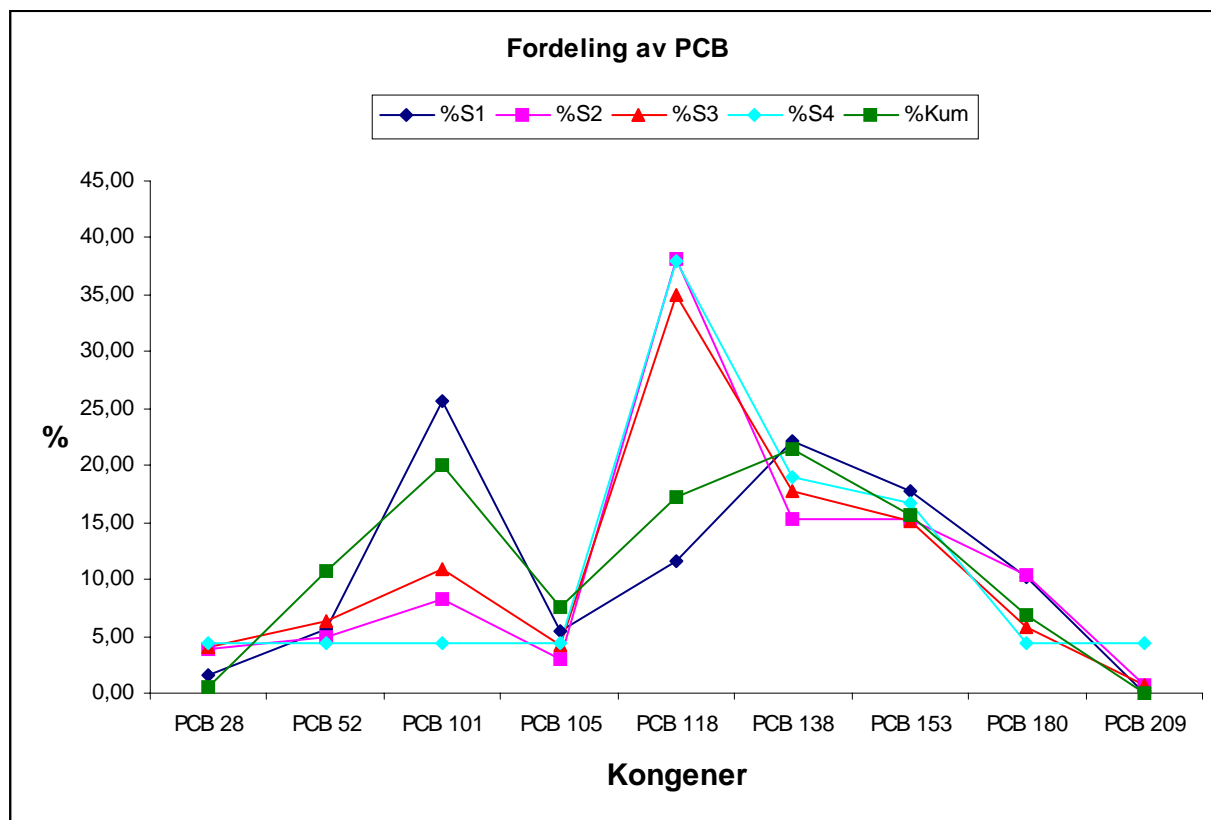
	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres				

Stasjon	ΣPCB_7	HCB	$\alpha\text{-HCH} + \gamma\text{-HCH}$	DDE+ DDD
S1	375	14	<2,5	6,6-8,6
S2	28,6	1,3	2-2,5	2,8
S3	19,0	1,1	1,7-2	0,7-2,7
S4	2,52	0,25	<1	<1,1
Kum	719	38	1,9-2,4	18-20
Øvre grense for klasse I ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.)	5	0,5		<0,5 ²⁾

²⁾Grenseverdi gjelder for ΣDDE , DDD, DDT. Klassifisering som er gjort i tabellen kan derfor ha underestimert forurensningsgraden. (har ikke med DDT).

Basis for de presenterte PCB resultater (Tabell 7) er analyse av 10 enkeltforbindelser (kongenerer) av PCB (se vedlegg B). Fordelingsmønsteret for konsentrasjonen av disse kongenerer i kumprøve og sedimentprøver kan sannsynliggjøre om PCB som observeres i sedimentet stammer fra PCB på land.

Fordeling av de ulike kongenerer i sedimentet ses i Figur 2. Fordelingsmønsteret i sediment fra stasjonen rett utenfor bedriften (S1) var meget likt det en observerte i kumprøven, mens stasjonene 0.6 og 1 km unna hadde et noe mer avvikende mønster (hovedsakelig for PCB 101, PCB 118) fra det en fant på land. Fordelingsmønstrene tyder på at det er meget sannsynlig at den PCB som er observert i sedimentet rett utenfor bedriften stammer fra samme kilde som PCB observert i kum på land.



Figur 2. Prosentvis fordeling av de ulike PCB kongenerer i sedimentprøver og prøve fra kum på land. For konsentrasjoner som lå under deteksjonsgrensen har en i beregningen benyttet 50% av deteksjonsgrensen. Pga. maskering av resultatene for to av prøvene er PCB 156 ikke tatt med. Merk at fordelingsmønsteret for referanseprøven i Sandbukta (S4) er mer usikkert enn de øvrige prøvene da konsentrasjonen av 6 av kongenerene lå under deteksjonsgrensen.







3.1.2 Polisykliske aromatiske hydrokarboner

Med unntak av referansestasjonene var alle stasjoner markert forurenset med PAH og benzo(a)pyren (**Tabell 8**) (resultatet av de øvrige enkeltkomponenter ses i vedlegg B). Konsentrasjonen av Σ PAH, Σ KPAH og NPD i den analyserte kumprøven var ca 3 ganger høyere enn i sedimentet rett utenfor bedriften. Resultatene fra referansestasjonen (moderat forurenset) tyder på at også stasjoner relativt langt borte fra bedriften er noe PAH forurenset. For den lettere NPD fraksjonen var det en klarere avstandsgradient med økende konsentrasjoner inn mot bedriften enn for Σ PAH.

Tabell 8. Polysykliske aromatiske hydrokarboner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) i sediment fra stasjoner utenfor Hurum Papirfabrikk. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær, et al.1997).

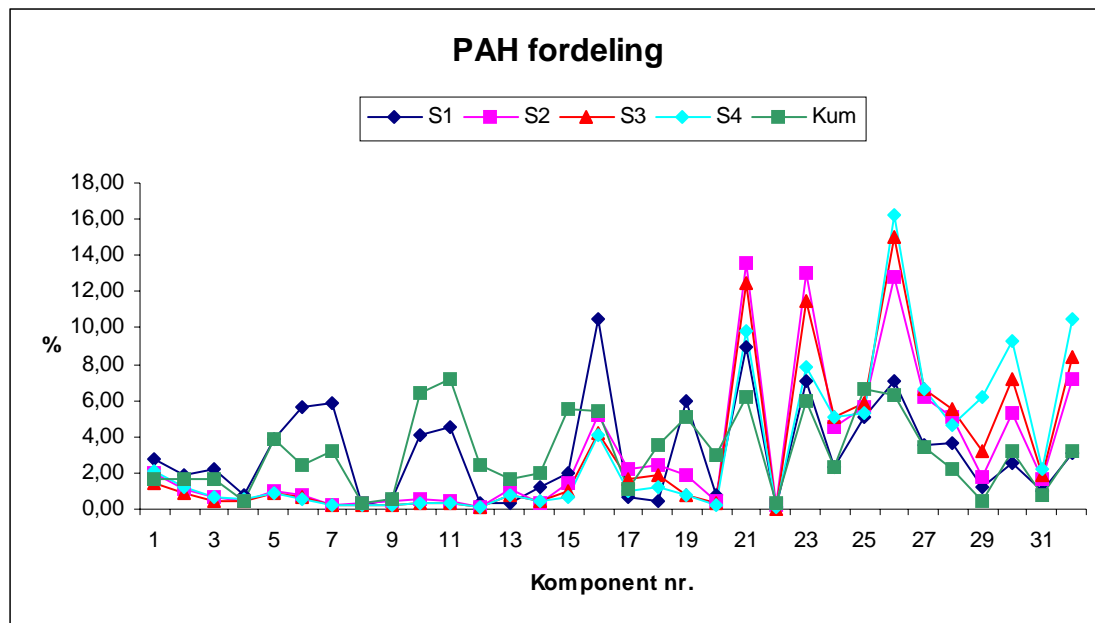
ΣPAH =summen av analyserte enkeltforbindelser (se vedlegg D), NPD =summen av naftalener, fenantrener og dibenzotiofener. ΣKPAH =summen av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

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

Stasjon	ΣPAH	ΣKPAH	NPD	Benzo(a)pyren
S1	3707	612	1927	136
S2	2593	762	485	133
S3	2044	708	285	112
S4	714	267	98	33
Kum	12962	1921	7164	286
Øvre grense for klasse I ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.)	300			10

På samme måte som for PCB kan fordelingsmønsteret for konsentrasjonen av de ulike PAH komponenter i kumprøve og sedimentprøver sannsynliggjøre om PAH som observeres i sedimentet stammer fra PCB på land. Den relative fordelingen av de ulike PAH komponenter viser en stor grad av likhet for kumprøve og sedimentprøven fra stasjonen nærmest bedriften (S1). Fordelingen på de øvrige stasjoner var innbyrdes like og avvok vesentlig fra kumprøven (Figur 3). Avviket var særlig stort for metylnaftalener (komponent nr. 5-7, 10, 11) og benzo(b+j,k)fluoranten (komponent nr. 26). På basis av likheter i fordelingsmønsteret (Figur 3) kan det konkluderes at PAH i sedimentet rett utenfor bedriften (S1) mest sannsynlig har samme kilde som den PAH som er observert i prøven fra kummen.



Figur 3. Prosentvis fordeling av PAH komponenter i sedimentprøver og prøve fra kum på land. For konsentrasjoner som lå under deteksjonsgrensen har en i beregningen benyttet 50% av deteksjonsgrensen. Komponentene er spesifisert i vedlegg D.

3.1.3 Olje og terpentin

De observerte konsentrasjoner av mineralolje rett utenfor (S1) og ca 600 m øst for fabrikken (S2) (Tabell 9) anses som relativt høye. Høyt bakgrunnsnivå i sediment fra Nordsjøen tilsvarer ca 10 mg/kg. Konsentrasjonen av olje i sediment fra stasjonen ca 1 km syd for fabrikken (S3) og på referansestasjonen (S4) lå tilnærmet på dette nivå og tyder på at en der ikke har noen oljepåvirkning av betydning. Oljeinnholdet i prøven fra kummen var meget høyt (30-45 ganger høyere enn i sedimentet på de nærmeste stasjoner S1, S2). Resultatene kan tyde på en tilførsel av oljerelaterte produkter til sedimentene nær fabrikken. Den mest sannsynlige kilden er olje i grunnen på land.

Konsentrasjonen av den lettere terpentinfraksjonen lå under deteksjonsgrensen (eller kunne ikke bestemmes) i alle sedimentprøvene. Dette tyder på at en ikke har noen utlekking som medfører akkumulering av terpentin i sedimentene. I kumprøven ble det observert terpentin (54 mg/kg v.v.). Dette bekrefter således tidligere undersøkelser på land selv om nivået var noe forskjellig (148 mg/kg t.s. omregnet til v.v fra verdi i Tabell 2).

Tabell 9. Olje og terpentin (mg/kg v.v.) i sediment fra stasjoner utenfor Hurum Papirfabrikk.

Stasjon	Olje**	Terpentin*
S1	68	<20
S2	100	<20
S3	<20	M***
S4	<20	<20
Kum	3084	54

* forbindelser i området C6-C10

** forbindelser I området C10-C40. Kromatogrammene viste forbindelser i området ca. C15-C35

*** ukjente forbindelser maskerer

3.2 Miljøgifter i blåskjell







3.2.1 PCB og andre klororganiske forbindelser

Hovedresultatene av analyser av klororganiske forbindelser presenteres i Tabell 10 (rådata ses i vedlegg B). Blåskjell innsamlet på steinfyllingen utenfor bedriften (B1) var markert forurenset med PCB mens skjell fra de øvrige stasjoner var moderat forurenset (klasse II) (Tabell 10). I skjell fra stasjonen sørvest for bedriften og på referansestasjonen i Sandbukta lå imidlertid PCB nivået relativt nær nedre grense for tilstandsklasse II. Til sammenligning kan det nevnes at en i en undersøkelse av blåskjell fra indre Oslofjord fant at PCB-nivået ($\sum\text{PCB}_7$) lå i området fra 3.2 (Spro) til 27.1 (Paddehavet) (Knutzen et al. 2000). Konsentrasjonsnivået på B1 (muligens også B2) tyder på nåtidig tilførsel av PCB til overflatelaget nær bedriften utover det som en skulle forvente fra diffuse kilder.

Konsentrasjonen av HCB, HCH og nedbrytningsprodukter av DDT var generelt lave og tyder ikke på vesentlig påvirkning fra noen punktkilde.

Tabell 10. Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler ($\sum\text{PCB}_7$), heksaklorbensen (HCB) og to nedbrytningsprodukter (diklordifenyldikloretan=DDE, diklordifenyldikloretan=DDD) av diklordifenyiltrikloretan (DDT) i blåskjell fra området utenfor Hurum papirfabrikk. Enheter: $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997)

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

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

Stasjon	$\sum\text{PCB}_7$	HCB	$\alpha\text{-HCH} + \gamma\text{-HCH}$	DDE+DDD
B1 Ved bedrift	16,79	0,11	0,35-0,45	1,7
B2 NØ for bedrift	9,35	0,10	0,24-0,34	1,4
B3 SV for bedrift	4,91	0,06	0,21-0,31	2,0
B4 Sandbukta	5,43	0,07	0,25-0,35	1,9
Øvre grense for klasse I ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.)	<4	<0,1	<1 ¹⁾	<2 ²⁾

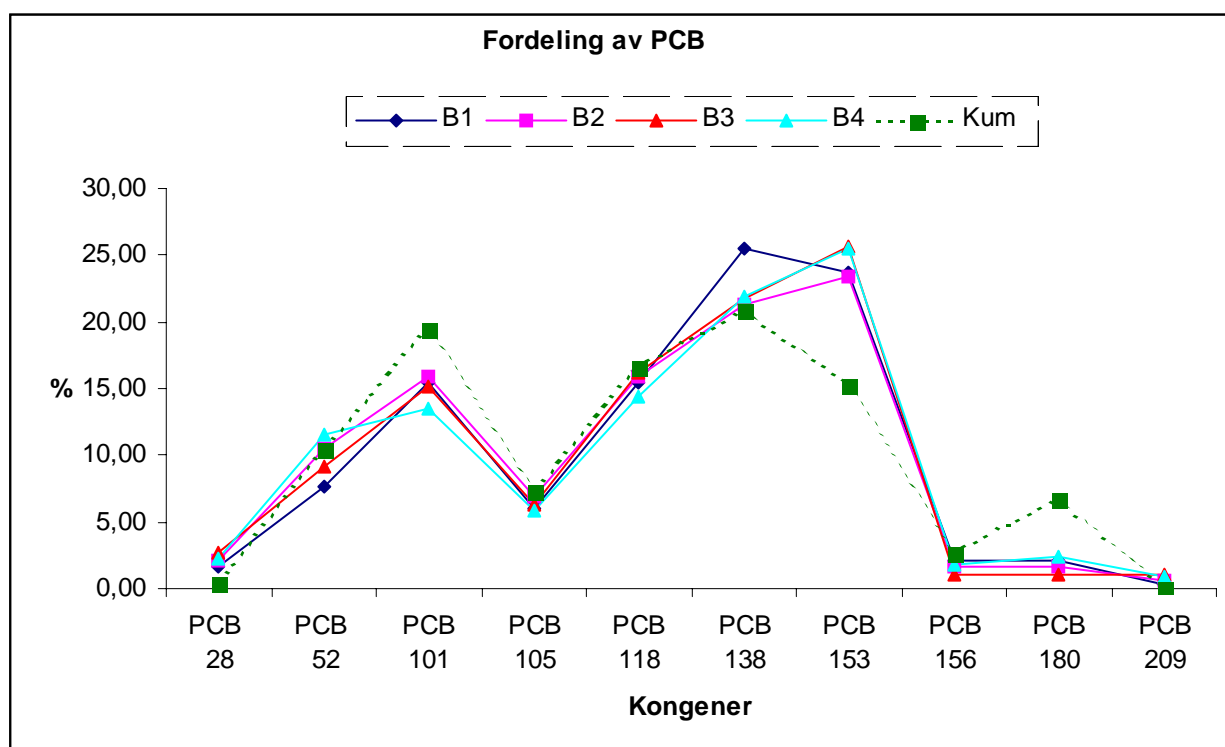
¹⁾Grenseverdi gjelder for sum α -, β - og γ -isomerene

²⁾Grenseverdi gjelder for $\sum\text{DDE}$, DDD, DDT

På samme måte som for sediment kan en sammenligne fordelingen av de ulike kongenerer i skjell med fordelingen i potensielle kilder på land. Bruk av kongenersammensetning i skjell til kildeopsporing er imidlertid i utgangspunktet noe mer problematisk enn ved bruk av sediment fordi skjell ved hjelp av selektive opptak- og utskillelses mekanismer (særlig ved lav til moderat eksponering) kan ha mulighet til å modifisere komponentsammensetningen i forhold til kilden.

Fordelingen i prøven av det partikulære materialet tatt i kummen viste et noe avvikende mønster i forhold til skjellene (hovedsakelig for PCB101, 153, 180). Kongenerfordelingen var imidlertid tilnærmet lik i alle skjellprøvene inklusiv referanseskjellene (B4) (se Figur 4) og indikerer at alle skjellene eksponeres for samme type PCB, alternativt er resultatet av opptak- og utskillelsesmekanismene ved den aktuelle belastning overstyrer slik at mønsteret blir tilnærmet likt selv om skjellene eksponeres for ulike kilder.

Ut fra den relativt høye konsentrasjonen av PCB i skjell tatt rett utenfor bedriften (B1) i forhold de mer fjerntliggende stasjoner (særlig B3 og B4) kan det tyde på at en har en kilde i nærheten av bedriften. Kongenersammensetningen i skjellene gir imidlertid ingen ytterligere bekræftelse på at kilden ligger på land ved bedriften.



Figur 4. Prosentvis fordeling av de ulike PCB kongenerer i blåskjell og prøve fra kum på land For konsentrasjoner som lå under deteksjonsgrensen har en i beregningen benyttet 50% av deteksjonsgrensen.

3.2.2 Polysykliske aromatiske hydrokarboner

Analyseresultatene er oppsummert i Tabell 11 (resultater av analyse av alle enkeltforbindelser ses i vedlegg C) og viser at skjell på alle stasjoner var moderat forurenset med PAH. Analyseresultatet for en rekke av de lettere enkeltforbindelsene lå under deteksjonsgrensen (se vedlegg c). Fordelingsmønsteret for de enkelte PAH forbindelser med konsentrasjoner over deteksjonsgrensen ses i Figur 5 (komponentene som inngår i plottet ses i vedlegg E) og viser at skjellprøvene innbyrdes er svært like og avviker fra kumprøven.

Resultatene tyder på at tilførselen av PAH til overflatelaget er relativt uniform i hele området og ikke spesielt stor nær bedriften til tross for at sedimentet der var markert forurenset (Tabell 8).

Tabell 11. PAH i blåskjell utenfor Hurum papirfabrikk. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær, et al.1997).

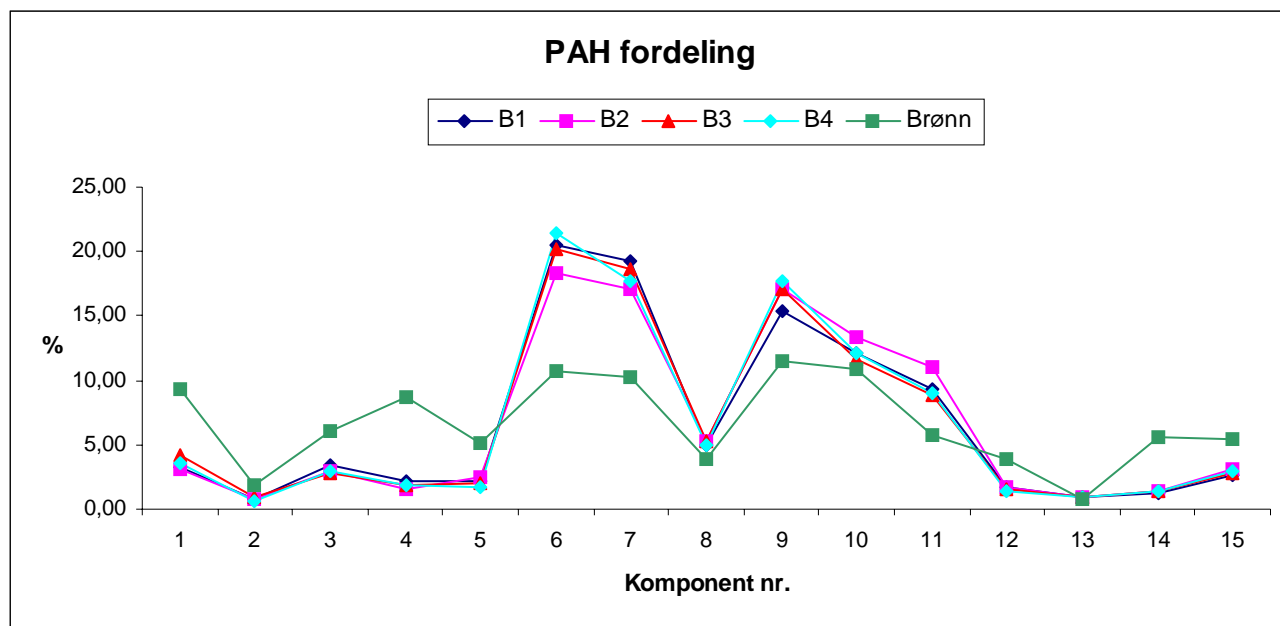
Σ PAH=summen av 24 enkeltforbindelser, KPAH=summen av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

I. Ubetydelig-lite forurenset	II. Moderat forurenset	III. Markert forurenset	IV. Sterkt forurenset
-------------------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------

Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres

Stasjon	Σ PAH	KPAH	NPD	% KPAH	Benzo(a)pyren
B1 Ved bedrift	78,4	15,6	8,7	19,9	1,3
B2 NØ for bedrift	83,7	18	9,2	21,5	1,4
B3 Sv for bedrift	67,5	12,8	9,5	19,0	1
B4 Sandbukta	80	15,7	8,1	19,6	1,1
Øvre grense for klasse I ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.)	50	10			1



Figur 5. Prosentvis fordeling av PAH komponenter i skjellprøver og prøve fra kum på land. Bare komponenter med konsentrasjoner over deteksjonsgrensen er tatt med. Komponenter er spesifisert i vedlegg E.

De relativt moderate og lite varierende konsentrasjoner av PAH i skjellene (se **Tabell 11**) tyder ikke på at PAH kilden, som sedimentundersøkelsene sannsynliggjør ligger på bedriftsområdet, gir opphav til vesentlig forhøyede konsentrasjoner i skjell.

Den relative fordeling av de enkelte komponenter av PAH i skjellene og kumprøven gir heller ikke noen ytterligere holdepunkter for å knytte de moderate overkonsentrasjonene av PAH til kilder i grunnen på land.

3.2.3 Olje og terpentin

Konsentrasjonen av mineralolje lå grovt sett i samme området på alle stasjoner (**Tabell 12**) med laveste konsentrasjon nærmest bedriften og de høyeste konsentrasjoner nordøst for denne og på referansestasjonen. Det var ingen gradienter som tyder på at bedriftsområdet er noen betydelig kilde til spredning av mineralolje.

Terpentin analysene viser noe høyere konsentrasjoner på de to stasjonene nærmest bedriften (B1, B2) i forhold til referansestasjonen og stasjonen ca. 0.5 km sydvest for bedriften. Resultatene indikerer en utlekking til overflatevannet i bedriftens nærområde.

Tabell 12. Mineralolje og terpentin ($\mu\text{g/g}$ v.v.) i blåskjell fra stasjoner utenfor Hurum Papirfabrikk.

Stasjon	Olje	Terpentin
B1 Ved bedrift	54	3,5
B2 NØ for bedrift	82	7,3
B3 Sv for bedrift	62	1,2
B4 Sandbukta	81	1,3

4. Konklusjoner

Undersøkelsene har sannsynliggjort at det er eller har vært en transport av PCB og PAH fra land til sjøen utenfor fabrikken (sannsynligvis også andre oljehydrokarboner). Dette har ført til at sedimentet lokalt er blitt meget sterk forurensset med PCB og markert forurensset med PAH ifølge SFTs kriterier. Alvorligheten av denne forurensning er i første rekke avhengig av utbredelsen av det mest forurensede området (særlig gjelder dette for PCB).

Resultatene tyder på at en ikke har noen vesentlig akkumulering av terpentin i sedimentene. De konsentrasjoner av mineralolje som ble observert i sedimentet rett utenfor og ca 600 m øst for fabrikken anses imidlertid som relativt høye.

Blåskjell innsamlet på steinfyllingen på ca 1m dyp utenfor bedriften var ifølge SFTs kriterier markert forurensset med PCB og moderat forurensset med PAH. Skjell fra de øvrige stasjonene var moderat forurensset med PCB. Det relativt høye PCB-nivået i skjell fra området nær bedriften tyder på tilførsel av PCB til overflatelaget fra en aktiv kilde. Blåskjellresultatene tyder på at en også har en aktiv terpentinkilde på området.

PAH-resultatene tyder imidlertid på at tilførslene til overflatelaget er mer uniforme over et større område og ikke spesielt stor nær bedriften til tross for at sedimentet der var markert forurensset med PAH. Også mineralolje-resultatene tyder på at tilførslene ikke er spesielt stor nære bedriften i forhold til referanseområdet.

Hverken for PCB eller for PAH var det tydelig likhet mellom fordelingsmønster i blåskjell og partikulært materiale fra kum.

Eventuelle tiltak bør i første rekke rette seg mot å stoppe videre utlekking av PCB, PAH og oljehydrokarboner fra land til sjø. Dernest bør en kartlegge det berørte området. Kartleggingen vil gi et nødvendig grunnlag for, i samråd med miljømyndighetene, å avgjøre om det er behov for tiltak i sjøen med tanke på å hindre videre spredning av de miljøgifter som allerede ligger i sedimentet utenfor bedriften. En kartlegging av det berørte området ved bedriften krever et tettere stasjonsnett enn det som ble benyttet her.

5. Referanser

Konieczny, R., 1995. Undersøkelse av mudringsmasser i kommunale småbåthavner i Bestumkilen, Ormsundet og Paddehavet. NIVA-rapport nr. 3276, 23s.

Knutzen, J., Brevik, E.M., Følsvik, N.A.H., Schlabach, M., 2000. Overvåking i indre Oslofjord. Miljøgifter i fisk og blåskjell 1997-1998. NIVA.-rapport nr. 4126-99, 89s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.

Havik, B. og Ness, M., 2000. Norske Skog Hurum Fase 2, Miljøundersøkelse av forurenset grunn. NGI rapport nr. 994066-2 , 26/5-2000, 16s+vedlegg.

Vedlegg A. Beskrivelse av innsamlede sedimentprøver.

Stasjon-Kjerne nr.	Dyp (m)	Kjerne-lengde	Beskrivelse
S1-1 (ved bedrift)	4-5 m	Ca 10 cm	Sediment tatt av dykker. Overflate grå (ca. 2 mm), lenger ned var sedimentet sort, gass boblet opp av sedimentet når sedimentet ble penetrert, hvite matter med svovelbakterien Beggiatoa. Svak hydrogensulfid lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S1-2	4-5 m	Ca 10 cm	Sediment tatt av dykker. Overflate grå (ca. 2 mm), lenger ned var sedimentet sort, gass boblet opp av sedimentet når sedimentet ble penetrert, hvite matter med svovelbakterien Beggiatoa. Svak hydrogensulfid lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S1-3	4-5 m	Ca 10 cm	Sediment tatt av dykker. Overflate grå (ca. 2 mm), lenger ned var sedimentet sort, gass boblet opp av sedimentet når sedimentet ble penetrert, hvite matter med svovelbakterien Beggiatoa., Svak hydrogensulfid lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S2-1	55.5		Sediment tatt med grabb. Grått, sand/silt. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S2-2 Ø av bedrift	55.5		Sediment tatt med grabb. Grått, sand/silt, Tok to prøver fra denne grabben. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S3-1 SV av bedrift	50	Grabb	Sediment tatt med grabb. Grått sediment med grønnskjær, silt/leire. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).

S3-2	46	Grabb	Sediment tatt med grabb. Grått sediment med grønnskjær, silt/leire. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S3-3	46	Grabb	Sediment tatt med grabb. Grått sediment med grønnskjær, silt/leire. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S4-1 Sandbukta	68	14 cm	Prøve tatt med corer. Grått hele dybden, Leire/sand. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S4-2	81	Grabb	Prøve tatt med grabb. Leire/sand. Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).
S4-3	83	Grabb	Prøve tatt med grabb. Leire/sand Ingen lukt (testet neste dag i prøve for kornfordeling).

Vedlegg B. Rådata for analyse av sediment

Side nr.30/37

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
 0411 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2000-433	
	O.nr. O 20060	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. S1 Ved bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
2	St. S2 Øst av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
3	St. S3 Sørvest av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
4	St. S4 Sandebukta	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
5	St. Forurenset jord	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
Tørrstoff	%	B 3	48,4	46,8	40,5	51,3	53,5
Polyklorertbifenyl 28	µg/kg t.v.	H 3-3	s 6,0	1,1	0,79	<0,3	3,7
Polyklorertbifenyl 52	µg/kg t.v.	H 3-3	21	1,4	1,2	<0,3	75
Polyklorertbifenyl101	µg/kg t.v.	H 3-3	95	2,4	2,1	<0,3	140
Polyklorertbifenyl118	µg/kg t.v.	H 3-3	43	11	6,7	1,3	120
Polyklorertbifenyl105	µg/kg t.v.	H 3-3	20	0,88	0,82	<0,3	53
Polyklorertbifenyl153	µg/kg t.v.	H 3-3	66	4,4	2,9	0,57	110
Polyklorertbifenyl138	µg/kg t.v.	H 3-3	82	4,4	3,4	0,65	150
Polyklorertbifenyl156	µg/kg t.v.	H 3-3	10	m	m	<0,3	19
Polyklorertbifenyl180	µg/kg t.v.	H 3-3	38	3,0	1,1	<0,3	48
Polyklorertbifenyl209	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,3	<0,4	<0,3	<0,3	<0,5
Sum PCB	µg/kg t.v.	Beregnet*	375	28,58	19,01	2,52	718,7
Seven Dutch	µg/kg t.v.	Beregnet*	345	27,7	18,19	2,52	646,7
Penta-klorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	1,1	0,36	0,33	0,22	3,6
Alfa-hexakl.cyclohex.	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Hexa-klorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	14	1,3	1,1	0,25	38
Gamma-hexakl.cyclohex	µg/kg t.v.	H 3-3	<2	2,0	1,7	<0,5	1,9
Oktaklorstyren	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,3	<0,3	<0,3	m
4,4-DDE	µg/kg t.v.	H 3-3	6,6	0,74	0,72	<0,3	18
4,4-DDD	µg/kg t.v.	H 3-3	<2	2,1	<2	<0,8	<2
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	H 2-3	102	52	30	15	212
2-Metylnaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	71	30	18	8.8	220
1-Metylnaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	81	17	10	5	219
Bifenyl	µg/kg t.v.	H 2-3	29	12	8.6	3.8	64
2,6-Dimetylnaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	144	26	19	6.6	498
1,6-Dimetylnaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	208	21	13	4	312
1,5-Dimetylnaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	216	6.3	4.2	1.3	418
Acenaftylen	µg/kg t.v.	H 2-3	7.2	9.3	5.6	1.8	36

Acenaften	µg/kg t.v. H 2-3	22	12	5	1.4	71
2,3,6-Trimetylnaf.	µg/kg t.v. H 2-3	152	13	6.8	2.1	825

m : Analyseresultat mangler.

s : Analyseresultat er suspekt.

* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

m = forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven.

s = forbindelsen er delvis dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven. Det er derfor knyttet noe større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Olje/Gc er analysert på våtvekt.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2000-433
(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. S1 Ved bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
2	St. S2 Øst av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
3	St. S3 Sørvest av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
4	St. S4 Sandebukta	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09
5	St. Forurenset jord	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.13-2000.05.09

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
2,3,5-Trimetylnaf.	µg/kg	t.v. H 2-3	166	11	6.7	2	937
1,2,4-Trimetylnaf.	µg/kg	t.v. H 2-3	11	2.5	1.4	<1	308
Fluoren	µg/kg	t.v. H 2-3	13	29	15	5.2	210
1,2,3-Trimetylnaf.	µg/kg	t.v. H 2-3	43	8.1	8.2	3.4	261
Dibenzotiofen	µg/kg	t.v. H 2-3	74	38	21	4.8	713
Fenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	390	134	86	29	700
Antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	25	57	33	6.8	139
2-Metylfenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	17	62	38	8.9	459
1-Metylfenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	220	48	16	5.2	654
3,6-Dimetylfenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	29	11	7.1	1.8	384
Fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	333	352	256	70	807
9,10-Dimetylfen.	µg/kg	t.v. H 2-3	3.2	5.1	<1	<1	44
Pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	261	337	234	56	773
Benz(a)antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	87	116	104	36	295
Chrysen+trifenylen	µg/kg	t.v. H 2-3	187	145	120	38	865
Benzo(b+j,k)flu.	µg/kg	t.v. H 2-3	260	333	307	116	821
Benzo(e)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	131	160	135	47	437
Benzo(a)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	136	133	112	33	286
Perylen	µg/kg	t.v. H 2-3	44	47	66	44	64
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	94	138	147	66	414
Dibenz(a,c/a,h)ant.	µg/kg	t.v. H 2-3	35	42	38	16	105
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	t.v. H 2-3	116	186	172	75	411
Sum PAH	µg/kg	t.v. Beregnet*	3707,4	2593,3	2043,6	713,9	12962
Oljer, sum	µg/g	v.v. Intern*	68	100	<20	<20	3080
Sum KPAH	µg/kg	t.v. Beregnet*	612	762	708	267	1921
Sum NPD	µg/kg	t.v. Beregnet*	1927,2	485	285,4	97,9	7164

* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Sum NPD er summen av naftalener, fenantrener og dibenzotiofener.

Sum KPAH er summen av Benz(a)antracen, Benzo(b+j,k)fluoranten, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Dibenz(a,c/a,h)antracen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogener).

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Vedlegg C. Rådata for analyse av blåskjell

Side nr.33/37

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
 0411 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2000-434	
	O.nr. O 20060	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater :

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. B1 Ved bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.12
2	St. B3 Sørvest av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11
3	St. B2 Nordøst av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11
4	St. B4 Sandebukta	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
Tørrstoff	%	B 3	15,9	15,2	16,6	15,9
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,83	1,45	1,78	1,81
Polyklorertbifenyl 28	µg/kg v.v.	H 3-4	0,28	0,14	0,20	0,12
Polyklorertbifenyl 52	µg/kg v.v.	H 3-4	1,3	0,46	0,99	0,63
Polyklorertbifenyl101	µg/kg v.v.	H 3-4	2,6	0,77	1,5	0,74
Polyklorertbifenyl118	µg/kg v.v.	H 3-4	2,6	0,82	1,5	0,79
Polyklorertbifenyl105	µg/kg v.v.	H 3-4	1,0	0,32	0,65	0,32
Polyklorertbifenyl153	µg/kg v.v.	H 3-4	4,0	1,3	2,2	1,4
Polyklorertbifenyl138	µg/kg v.v.	H 3-4	4,3	1,1	2,0	1,2
Polyklorertbifenyl156	µg/kg v.v.	H 3-4	0,36	<0,1	0,15	0,10
Polyklorertbifenyl180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,35	<0,1	0,16	0,13
Polyklorertbifenyl209	µg/kg v.v.	H 3-4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet*	16,79	4,91	9,35	5,43
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet*	15,43	4,59	8,55	5,01
Penta-klorbenzen	µg/kg v.v.	H 3-4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Alfa-hexakl.cyclohex.	µg/kg v.v.	H 3-4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Hexa-klorbenzen	µg/kg v.v.	H 3-4	0,11	0,06	0,10	0,07
Gamma-hexakl.cyclohex	µg/kg v.v.	H 3-4	0,35	0,21	0,24	0,25
Oktaklorstyren	µg/kg v.v.	H 3-4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
4,4-DDE	µg/kg v.v.	H 3-4	1,2	1,0	1,4	1,4
4,4-DDD	µg/kg v.v.	H 3-4	0,50	0,40	0,59	0,50
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2-Metylnaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1-Metylnaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Bifenyl	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2,6-Dimetylnaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	0,5	<0,5
1,6-Dimetylnaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,5-Dimetylnaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Acenaftylene	µg/kg v.v. H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Acenaften	µg/kg v.v. H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2000-434
(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakingsdato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St. B1 Ved bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.12
2	St. B3 Sørvest av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11
3	St. B2 Nordøst av bedrift	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11
4	St. B4 Sandebukta	2000.01.27	2000.03.09	2000.03.17-2000.04.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
2,3,6-Trimetylnaf.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	0.5	0.5	<0.5
2,3,5-Trimetylnaf.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
1,2,4-Trimetylnaf.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	0.5	0.5	0.5	0.6
1,2,3-Trimetylnaf.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	2	<0.5	<0.5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	2.6	2.7	2.5	2.8
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	0.6	0.6	0.6	0.5
2-Metylfenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	2.7	1.8	2.4	2.4
1-Metylfenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	1.7	1.2	1.3	1.5
3,6-Dimetylfenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	1.7	1.3	2	1.4
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	16	13	15	17
9,10-Dimetylfen.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	15	12	14	14
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	3.9	3.4	4.4	3.9
Chrysen+trifenylen	µg/kg v.v.	H 2-4	12	11	14	14
Benzo(b+j,k)flu.	µg/kg v.v.	H 2-4	9.4	7.5	11	9.6
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	7.3	5.7	9	7.1
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	1.3	1	1.4	1.1
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	0.7	0.6	0.8	0.7
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	1	0.9	1.2	1.1
Dibenz(a,c/a,h)ant.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	H 2-4	2	1.8	2.6	2.3
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	78,4	67,5	83,7	80
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	15,6	12,8	18	15,7
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet*	8,7	9,5	9,2	8,1

* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Sum NPD er summen av naftalener, fenantrener og dibenzotiofener.

Sum KPAH er summen av Benz(a)antracen, Benzo(b+j,k)fluoranten, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Dibenz(a,c/a,h)antracen². Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

² Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Vedlegg D. PAH komponenter brukt til fingerprinting, sediment

Nummer og komponentnavn (PAH) brukt i Figur 3.

Komp. nr	Komponent navn
1	Naftalen
2	2-Metylnaftalen
3	1-Metylnaftalen
4	Bifenyl
5	2,6-Dimetylnaftalen
6	1,6-Dimetylnaftalen
7	1,5-Dimetylnaftalen
8	Acenaftylen
9	Acenaften
10	2,3,6-Trimetylnaftylen
11	2,3,5-Trimetylnaftylen
12	1,2,4-Trimetylnaftylen
13	Fluoren
14	1,2,3-Trimetylnaftylen
15	Dibenzotiofen
16	Fenantren
17	Antracen
18	2-Metylfenantren
19	1-Metylfenantren
20	3,6-Dimetylfenantren
21	Fluoranten
22	9,10-Dimetylfenantren
23	Pyren
24	Benz(a)antracen
25	Chrysen+trifenylene
26	Benzo(b+j,k)fluoranten
27	Benzo(e)pyren
28	Benzo(a)pyren
29	Perylen
30	Indeno(1,2,3cd)pyren
31	Dibenz(a,c/a,h)antracen
32	Benzo(ghi)perylene

Vedlegg E. PAH komponenter brukt til fingerprinting, skjell

Nummer og komponentnavn (PAH) brukt i **Figur 5**.

Komp. Nr	Komponent navn
1	Fenantren
2	Antracen
3	2-Metylfenantren
4	1-Metylfenantren
5	3,6-Dimetylfenantren
6	Fluoranten
7	Pyren
8	Benz(a)antracen
9	Chrysen+trifenylen
10	Benzo(b+j,k)fluoranten
11	Benzo(e)pyren
12	Benzo(a)pyren
13	Perylen
14	Indeno(1,2,3cd)pyren
15	Benzo(ghi)perylen