




O-91149

## PAH i blåskjell fra omgivelsene av Elkem Fiskaa, Kristiansand, 1991-1992



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-91149	Underrn:
Løpenr.: 2923	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 18 51 00 Telefax (47 2) 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: PAH i blåskjell fra omgivelsene av Elkem Fiskaa, Kristiansand, 1991 - 1992	Dato: 15/11-92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Jon Knutzen Lasse Berglind	Geografisk område: Vest-Agder	
	Antall sider: 17	Opplag:

Oppdragsgiver: Elkem Fiskaa, Kristiansand S.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

## Ekstrakt:

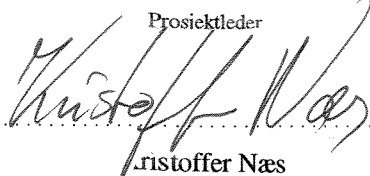
Jevnført med antatt høyt bakgrunnsnivå er det registrert størrelsesorden 20 - 25 gangers overkonsentrasjon i blåskjell fra nærområdet til bedriften. I skjell fra Myrodden var forurensningsnivået omkring halvparten av dette. På en mellomliggende stasjon ga mistenkt deponiavrenning heller lavere PAH-innhold. I skjell fra alle prøvestedene var det et markert innslag av potensielt kreftfremkallende stoffer. Oppvirvling av forurenset sediment, tilførsel av PAH-holdig støv fra Elkem Fiskaa og lokalt sotnedfall kan forklare PAH-innholdet i blåskjell fra bedriftens nærområde. Større usikkerhet råder mht. kildene for de forhøyede nivåene på Myrodden. Det tilrås undersøkelse av PAH i skjell fra også andre deler av Kristiansandsfjorden.

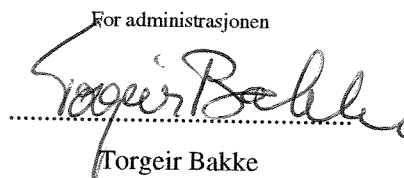
4 emneord, norske

1. PAH
2. Industriforurensning
3. Indikatororganismer
4. Overvåking

4 emneord, engelske

1. PAH
2. Industrial effluents
3. Indicator organisms
4. Monitoring

Prosjektleder  
  
Kristoffer Næs

For administrasjonen  
  
Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2224-3

## **Forord**

*Denne undersøkelsen er foretatt etter oppdrag fra Elkem Fiskaa i henhold til programforslag av 17. januar 1991. Den delen som angår forurensning i sediment, er rapportert tidligere.*

*Kontakten med oppdragsgiver har vært ved Johan Arnold Johansen, som har administrert innsamlingen av prøver og som dessuten takkes for opplysninger om forhold vedrørende aktuelle PAH-kilder og prøvestedene. Prøveinnsamlingen er foretatt av dykkere fra Søgne Rørservice.*

*Ved instituttet har Kristoffer Næs (NIVA/Sørlandet) vært prosjektleder og Lasse Berglind hovedansvarlig for PAH-analysene.*

*Oslo, 15. desember 1992.*

*Jon Knutzen.*

# **INNHold**

# **Side**

FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	5
3. MATERIALE OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	8
5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER	12
6. LITTERATUR	13
VEDLEGG	15

# 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I Det er analysert PAH-innhold i fem blandprøver av blåskjell fra henholdsvis nærområdet til Elkem Fiskaa og Myrodden (fig. 1). Fra Lusevika (st. 2, fig. 1), er det analysert en blandprøve. Materialet er innsamlet i perioden oktober 1991 - april 1992.
- II Opp til 20 - 25 gangers forhøyelse av "normalt" PAH-innhold er konstatert i skjellene fra bedriftskaia (tabell 1). Forurensningsnivået i skjellene fra Myrodden lå på omkring halvparten av dette. Den ene prøven fra Lusevika viste mer moderat overkonsentrasjon. Alle prøvene hadde et markert innslag av potensielt kreftfremkallende stoffer.
- III Det forhøyede PAH-innholdet i skjellene fra bedriftskaia kommer sannsynligvis i det vesentlige fra tre kilder.
- Oppvirvling av forurensede sedimenter ved skipstrafikk.
  - PAH-holdig støv fra bedriften (reduert de siste årene).
  - Lokalt sotnedfall fra røyk.

I tillegg kommer tilfeldig oljespill o.a. forurensning fra båter og avrenning fra det lokale nedbørfelt til indre fjord.

Avrenning fra tidligere deponier synes å spille mindre rolle (forbehold om bare én prøve).

Det er ikke grunnlag for å anslå de ulike kilders relative betydning.

PAH-tilførselen fra bedriften og oppvirvling av forurensede sedimenter utenfor bedriftskaia kan neppe forklare PAH-innholdet i skjell fra Myrodden. Årsaken må heller være "bakgrunnsforurensningen" i en større del av indre fjord.

Det ble konstatert en bemerkelsesverdig ulikhet i PAH-sammensetningen i sedimenter og skjell. Overflatesedimentene hadde et markert innslag av forbindelser som bl.a. er indikatorer på olje-forurensning. Disse stoffene ble bare påvist i meget liten grad i blåskjell.

- IV Resultatene fra undersøkelsen må vurderes av næringsmiddelmyndighetene mht. skjellenes spiselighet. En slik bedømmelse bør baseres på opplysninger om forekomst av PAH i en større del av fjorden.
- V Det tilrås å PAH-analysere blåskjellprøver innsamlet innen Statlig program for forurensningsovervåking høsten 1992. Informasjon om tilstanden fra flere deler av Kristiansandsfjorden vil gi opplysninger om PAH-forurensningens utbredelse og grad. Slike data kan ha betydning ved eventuell revurdering av gjeldende omsetningsforbud og kostholdsråd. De vil også gi bedre grunnlag for å vurdere hvilke PAH-kilder som kan være aktuelle utover oppvirvling av sediment.

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Det er fra før konstatert høye PAH-konsentrasjoner i sediment fra omgivelsene til Elkem Fiskaa (Næs, 1985). Bedriften har vært hovedkilden for denne forurensningen. Resultatene fra sedimentundersøkelsene viste at belastningen hadde avtatt i senere år (Næs, 1992).

Tidligere analyser av blåskjell fra Myrodden har også vist overkonsentrasjoner av PAH (Knutzen og Sortland, 1982; Knutzen et al., 1986). Men overkonsentrasjonene var mer moderate enn i sediment. Analyser av blåskjell fra andre steder på vestsiden av indre Kristiansandsfjorden har gitt lavere PAH-konsentrasjoner enn på Myrodden (Knutzen og Sortland, 1982; Knutzen et al., 1986).

Bedriften har ønsket å få:

- ajourførte opplysninger om tilstanden i sediment og blåskjell.
- en vurdering av om PAH-innholdet i blåskjell kan ses i sammenheng med tilførsel fra bedriftsområdet.

Resultatene er ment å tjene som referanse for senere overvåking.

### 3. MATERIALE OG METODER

Blåskjell er samlet inn fem ganger i perioden oktober 1991 - april 1992 fra (fig. 1):

- Kai ved pumpehus.
- Myrodden.

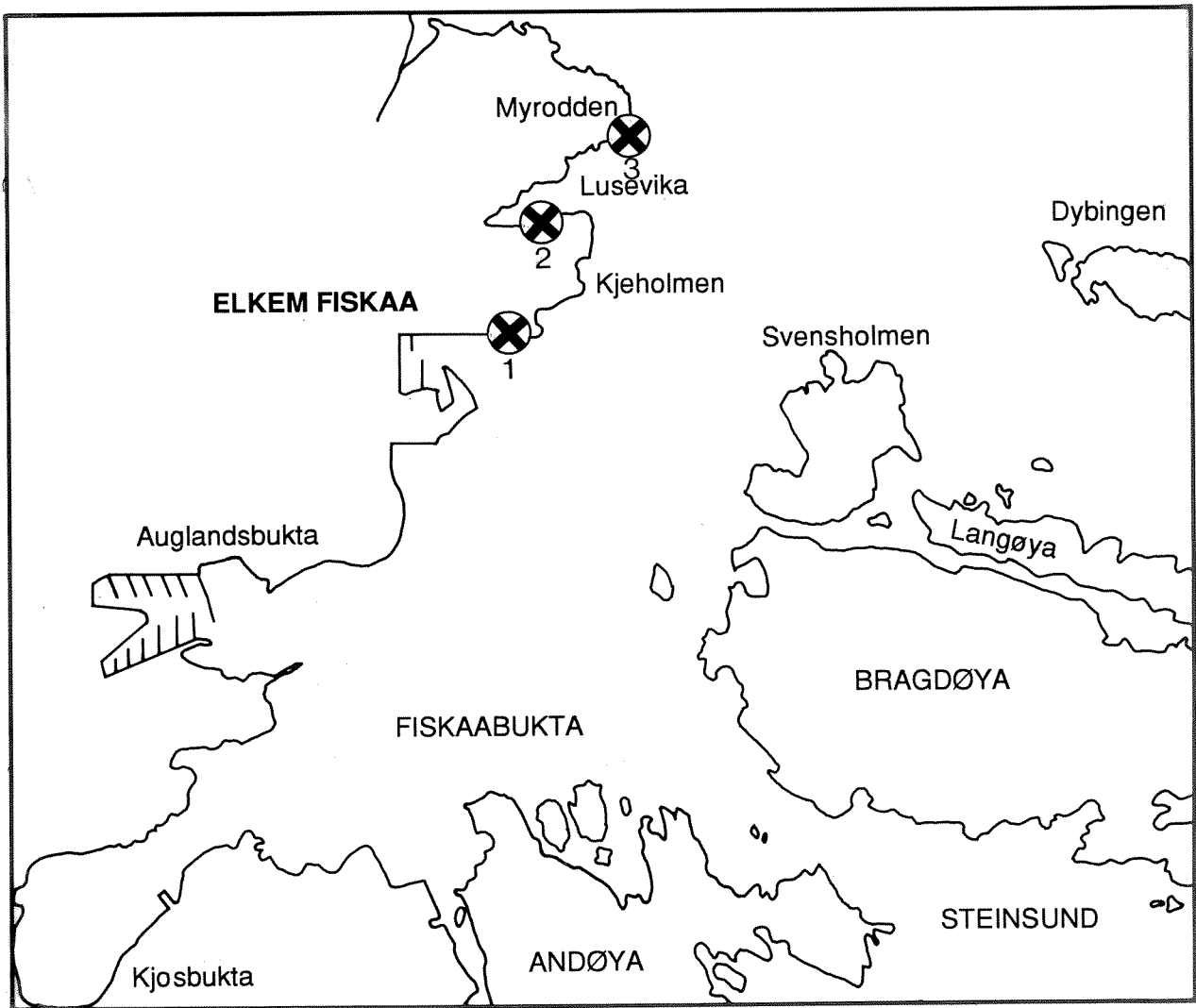
Det er også en gang samlet inn skjell fra Lusevika.

I Lusevika er prøven samlet like ved et avløp som drenerer et tidligere deponeringsområde.

Innsamlingsdatoer fremgår av vedlegg med rådata.

Av skjellene er det opparbeidet blandprøver à 50 stk. Størrelsen av de opparbeidede skjell var stort sett 5 - 6 (4.5 - 6.5) cm. Prøvene er oppbevart og transportert nedfryst. Etter tining ved opparbeidelse er de igjen fryst inntil analyse.

Opparbeidede prøver homogeniseres i TEFAL food processor. Et uttak av homogenisatet tilsettes indre standarder (7 deutererte PAH) og forsåpes med lut (KOH) og metanol. Ekstraksjonen av PAH foretas med pentan. Ekstraktet renses ved partisjonering med dimetylformamid/vann i forholdet 9 : 1 og ved kromatografering på silicagel. Identifisering og kvantifisering er utført med GC/MSD (masseselektiv detektor). GC/MSD recalibreres hyppig med standarder. Resultatene kontrolleres ved jevnlig analyse av internasjonalt og eget biologisk referansemateriale.



Figur 1. Stasjoner for innsamling av blåskjell (X) 7/10-91 - 21/4-92.



## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

Rådata fra analysene finnes i vedlegg. Tabell 1 oppsummerer hovedresultatene.

Det var PAH-konsentrasjoner utover det "normale" i skjell fra alle prøvesteder. "Høyt bakgrunnsnivå" på steder med bare diffus belastning er av Knutzen og Skei (1990) anslått til 150 µg/kg våtvekt. Observasjonene i senere år har sannsynliggjort at analysetekniske feilkilder hefter ved en del tidligere data. Imidlertid mangler systematiske observasjoner fra referansestasjoner med forbedret laboratorieprosedyre. Som foreløpig anslag for "høyt diffust bakgrunnsnivå" av PAH på Skagerrakkysten kan settes 50 - 100 µg/kg våtvekt. I mindre trafikkerte og fjernere områder kan bakgrunnsverdien ligge adskillig lavere (Varanasi et al., 1990; Næs et al, 1991 (st. B5); Holte et al., 1992; Konieczny og Knutzen, 1992).

Settes bakgrunnsnivået til 50 µg/kg, er det konstatert overkonsentrasjoner i størrelsesordenen opp til 25 ganger i blåskjellene fra bedriftens kaiområde. I gjennomsnitt inneholdt skjellene fra denne stasjonen omkring det dobbelte av skjell fra Myrodden (tabell 1).

Den enslige observasjonen fra Lusevika kan ha gitt en tilfeldig lavere verdi enn representativt for området. Et standardavvik på 25 - 30% av middelverdien indikerer imidlertid moderate variasjoner i belastningen på de to hovedstasjonene.

**Tabell 1.** Σ PAH, KPAH (sum potensielt kreftfremkallende PAH<sup>1</sup>) og benzo(a)pyren (B(a)P) i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra omgivelsene av Elkem Fiskaa, Kristiansand, okt. 1991 - april 1992, µg/kg våtvekt.

Stasjon	Kai ved Fiskaa			Myrodden			Lusevika		
	Σ PAH	KPAH	B(a)P	Σ PAH	KPAH	B(a)P	Σ PAH	KPAH	B(a)P
Dato:									
7/10-91	763	296	45	555	117+?	19			
6/1-92	739	332	60	304	128	14			
10/2-92	1341	558	94	521	160	21			
18/3-92	1248	390	48	772	152	14			
21/4-92	1071	398	55	780	146	15	296	79	9
Middel	1032	395	60	586	141	17			
St.avvik	275	101	20	198	18	3			

<sup>1</sup>) Sum av gr. 2A og gr. 2B stoffer i IARC (1987).

Gjennomsnittsandelen av KPAH i skjellene fra Fiskaakaia var såvidt høy som ca. 39%. Tilsvarende for Myrodden var ca. 25%. Vanlige andeler av KPAH i blåskjell fra smelteverksresipienter har ofte vært 15 - 20% (Knutzen, 1989, 1991a; Knutzen og Green, 1991; Knutzen og Konieczny, 1992). Men det er også eksempler på KPAH-andeler på 30 - 40% og i ekstremtilfeller enda høyere (Knutzen og Skei, 1988; Knutzen, 1991b).

Imidlertid kan belastningen fra Fiskaa være ganske forskjellig fra aluminiums- og ferromanganverkenes spillvann. Sistnevnte er gassvaskeravløp, mens tidligere tilførsel fra kaiområdet er karakterisert ved partikler inneholdende bindemidler og antatt mest tungtløselige PAH-forbindelser. Nåværende belastning angis mest å stamme fra sotnedfall og microsilicastøv med 5 - 10 ppm PAH. Microsilicastøvet omfatter en varierende fraksjon (opp til 20 - 25%) med partikler av størrelse over 1 µm, som i prinsippet således er tilgjengelig for blåskjell (Moore, 1971; Jørgensen, 1975). Blåskjellene selekterer imidlertid mellom partikler (Kiørboe et al., 1980), og graden av

tilgjengelighet av PAH fra microsilicastøv kan det ikke sies noe bestemt om uten eksperimenter.

De tidligere observasjoner fra Myrodden viste konsentrasjoner av sum PAH på ca. 800 µg/kg våtvekt (Knutzen og Sortland, 1982) og ca. 250/1200 µg/kg (Knutzen et al., 1986). De høyeste verdiene fra 1991 - 1992 var følgelig bare svakt lavere enn tidligere observert. 1992-skjellenes innhold av B(a)P og andre KPAH var heller (usikkert) høyere enn før.

Blåskjellanalysene viste relativt høyere innslag av "lette" PAH som fenantren/fluoranten/pyren enn i sediment (tabell 2). (Med "lette" PAH forstås forbindelser som er blant de mest vannløselige forbindelser innen gruppen). Imidlertid hadde skjellene fra bedriftskaia også et høyere gjennomsnittsinhold av utvalgte forbindelser med høyere molekylvekt og meget lav vannløselighet (Benzofluorantener (BFl) og benzopyrener (BP)). I en majoritet av smelteverksresipienter registreres høyere andel BFl + BP og andre tyngre PAH i sediment enn i blåskjell (Knutzen 1986, Næs og Oug 1991, samholdt med Knutzen og Green 1991, Knutzen 1991a, Konieczny og Knutzen, 1992). Noe av den tilsynelatende motsetning til dette i den foreliggende undersøkelse (tabell 2) rettes opp ved sedimentenes høyere relative innslag av benzo(ghi)perylene og indeno(1, 2, 3 cd)pyren. Hver av disse var stort sett representert med 5 - 10% av total PAH (Næs, 1992).

Av tabell 2 ses også at PAH-profilen i prøvene varierte i moderat grad. Spesielt var sammensetningen av PAH i sedimentene ensartet. Det spiller mao. ingen rolle for utfallet av sammenligningen at også sedimentstasjoner fjernt fra prøvestedene for blåskjell er inkludert.

Det bemerkelsesverdige høye innslaget av di- og heterosykliske forbindelser (5 - 10%) i alle sedimentprøvene (Næs, 1992, vedleggstabeller) var det ingen spor av i blåskjell (kfr. vedlegg). Spesielt metylerte naftalener og enkelte heterosykliske forbindelser (dibenzothiofen, dibenzofuran) er bl.a. karakteristisk for oljepåvirkning (også metylerte fenantrener). Ved undersøkelsene i 1983 var det bare på sedimentstasjonene K17, K17X og K17Y at det ble registrert relativt høy konsentrasjon av denne stoffgruppen (Næs, 1985). Alle disse prøvestedene lå i Fiskaabukta. I blåskjellene fra 1982 - 83 ble det derimot bare funnet spor av naftalener og ingen heterosykliske oljeindikatorer.

Det er vanskelig å forklare hvorfor det ved to anledninger er funnet så mye di- og heterosykliske forbindelser i sediment, men ikke i blåskjell. Sedimentresultatene indikerer en stadig påvirkning med disse relativt sett flyktige og omsettelige stoffene. En slik påvirkning burde også ha kommet til syne i hvert fall i noen av blåskjellprøvene. I et så trafikkert område skulle man nærmest vente et visst innslag av oljeavledede forbindelser i skjellene. Noen egen kilde eller virksomhet som vesentlig skulle påvirke bunnen og ikke overflatelaget, er derimot ikke kjent.

Direkte utslipp til vann fra prosessen er stanset for flere år tilbake. Bedriften opplyser dessuten at råvarespill og annen tilførsel fra lossing og lasting er sterkt begrenset i de senere år. Lossing av bek foregår nå i lukket system. Likevel må det regnes med noe tilførsel ved nedfall fra bedriftens røykutslipp (tjæredamp, sot, microsilicastøv). Denne belastningen er ikke forsøkt kvantifisert.

Ut fra resultatene for Lusebukta-skjell synes ikke avrenningen fra et tidligere deponi å spille noen vesentlig rolle (tabell 2). Imidlertid er det bare analysert en prøve fra denne stasjonen.

**Tabell 2.** Sammenligning av PAH-profil i sediment og blåskjell. Sediment: data for 0 - 1 cm fra stasjonene 1 - 8 i Næs (1992). Middell og standardavvik for ulike grupper % - andel av sum PAH (inkludert di- og heterosykliske).

PAH-gr.	Kai v/Fiskaa n = 5	Myrodden n = 5	Lusebukta n = 1	Sediment n = 8
F+Fl+P <sup>1)</sup>	35/4	45/18	44	27/4
BA+C/T <sup>2)</sup>	12/6	18/6 <sup>4)</sup>	21	13/2
BFl+BP <sup>3)</sup>	41/9	27/11	26	31/4
Sum ovenst.	88/1	86/1	91	71/3
KPAH	39/5	26/10	26	39/6

1) Fenantren/Fluoranten/Pyren.

2) Benz(a)antracen/Chrysen/Trifenylen.

3) Benzo(b,j,k)fluoranten/Benzo(a,e)pyren.

4) n = 4, BA og C/T maskert 7/10-91.

Noe tilførsel må ventes ved utvasking av røykgasser med regn og sotnedfall. Men det er usannsynlig at dette dreier seg om mengder som kan bidra vesentlig til 20 - 25 gangers overkonsentrasjon i blåskjell. PAH-profilen i skjellene er også meget forskjellig fra røykgassenes sannsynlige sammensetning. En analyse av avdampningsgassene fra Tarcobek viste at ca. 40% av sum PAH besto av di- og hetero-sykliske forbindelser. KPAH utgjorde bare ca. 3% av totalen.

Gjenstående mulige kilder til overkonsentrasjonene i skjell blir da:

- oppvirvling av forurensede bunnsedimenter.
- rengjøring/spyling av dekk og lasterom (fra skipstrafikk generelt til og fra Kristiansand).
- tilfeldig oljespill fra skip og småbåter.
- kommunalt avløpsvann og avrenning fra det industrialiserte og trafikkbelastede lokale nedbørfelt til hele vestre, indre fjord.

Førstnevnte faktor kan for så vidt være hovedårsaken til det høye innhold av PAH i skjellene fra bedriftskaia. Imidlertid burde da også forekomsten av di- og heterosykliske stoffer i sedimenter blitt gjenfunnet i blåskjellene. Den forholdsmessige betydning av de øvrige kilder er det ikke grunnlag for å bedømme. Det som kan slås fast er at de høyeste konsentrasjonene er funnet på stasjonen nærmest bedriften, og dermed at det er en lokal belastning fra denne virksomheten.

Ut fra de relativt høye konsentrasjonene i Myrodden-skjell synes det imidlertid også å være en ikke ubetydelig lokal "bakgrunnsforurensning" fra slike kilder. Da det mangler sammenligningsmateriale, kan det ikke sies noe om overkonsentrasjoner i størrelsesordenen 10 ganger er vanlig i tilsvarende havneområder. En viss påvirkning ved oppvirvling av Fiskaa-påvirkede sedimenter og andre kilder forbundet med bedriften, må det regnes med også for Myrodden. Men størrelsesordenen av dette bidrag jevnført med den lokale "bakgrunnsforurensning" kan først vurderes ved å undersøke PAH-innholdet i skjell fra andre steder i indre fjord (lenger unna Fiskaa enn Myrodden).

Sammenlignet med data fra andre fjorder (tabell 3), ses at forurensningen i skjell fra de undersøkte lokaliteter må betegnes som relativt moderat.

**Tabell 3.** Eksempler på PAH-konsentrasjoner i skjell og snegl fra lokaliteter nær utslipp i norske fjorder og kystfarvann,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt (fra Næs et al., 1992).

	PAH	KPAH	BaP	Ref.
<b>Brevikfjorden 1990</b> Blåskjell	$\approx 100-200$	$\approx 20-50$	$<1-7$	1
<b>Lista 1989 -1990</b> Blåskjell	$\approx 45 \times 10^3$	$\approx 11.4 \times 10^3$	$\approx 1.8 \times 10^3$	2
Stor vanl. strandsnegl	$\approx 17/27 \times 10^3$	$\approx 1.6/2.7 \times 10^3$	$\approx 50/150$	2
<b>Fedafjorden 1984</b> Blåskjell	$\approx 2900$	$\approx 400$	$\approx 90$	3
<b>Saudafjorden 1990</b> Blåskjell	$\approx 4300$	$\approx 2500$	$\approx 300$	4
O-skjell	$\approx 28 \times 10^3$	$\approx 13 \times 10^3$	$\approx 2400$	4
<b>Karmsundet 1988</b> Stor strandsnegl	$\approx 26 \times 10^3$	$\approx 4600$	$\approx 500$	5
<b>Årdalsfjorden 1990</b> O-skjell	$\approx 4-6 \times 10^3$	$\approx 2500$	$\approx 300$	6
<b>Sundalsfjorden 1987 *</b> O-skjell	$\approx 22 \times 10^3$	$\approx 7200$	$\approx 500$	7
Stor strandsnegl	$\approx 10 \times 10^3$	$\approx 2000$	175	7
<b>Vefsnfjorden 1989 - 1991</b> Blåskjell	$0.5-2.8 \times 10^3$	120-200	5-12	8
O-skjell	$\approx 100-700$	$\approx 20-350$	4-27	8
<b>Ranafjorden 1989 - 1990</b> Blåskjell	$\approx 900-2300$	$\approx 300-700$	7-11	9

\* I 1991 ble betydelig lavere konsentrasjoner observert (NIVA, unpubl.).

Referanser:

- 1) Knutzen og Green, 1991
- 3) Knutzen, 1986
- 5) Knutzen et al., 1989
- 7) Knutzen, 1989

- 2) Knutzen 1991c
- 4) Knutzen 1991b
- 6) Knutzen, 1991d
- 8) Knutzen, 1991a

- 9) Unpubl. resultater (pers. medd. Norman Green, NIVA). Mer enn 90% minskning etter nedleggelse av jernverk og koksverk i 1989.

## 5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER

Den praktiske betydningen av resultatene ligger primært i spørsmålet om skjellenes spiselighet. Dette er det næringsmiddelmyndighetene som må vurdere. Vesentlig pga. utslippene av klororganiske stoffer fra Falconbridge Nikkelverk, har det fra 1984 vært forbudt å omsette skalldyr (og fisk) samlet innenfor linjen Odderøya - Bragdøya - Andøya. Det er også utstedt advarsel mot å spise bl.a. skalldyr fra Vesterhavn. Således omfattes de her observerte blåskjellbestandene både av omsetningsforbud og kostholdsråd.

I forbindelse med reduserte utslipp fra Falconbridge er det innsamlet nytt prøvemateriale av blåskjell fra en større del av fjorden. Det bør vurderes å få disse blåskjellprøvene (fra bl.a. Silokaia/Odderøya og Bragdøya) også analysert på PAH. Derved vil man få mer informasjon om forholdene generelt i indre Kristiansandsfjorden. I motsatt fall vil man fortsatt være uvitende om hvor store fjordarealer PAH-forurensningen i skjell omfatter. Ved PAH-analyse av skjell fra et større område får man også bedre grunnlag for å bedømme forurensningenes opphav. Som nevnt kan ikke dette anses tilfredsstillende oppklart for Myroddens vedkommende.

Sikrere kunnskap om PAH-kildene kan få betydning når utslippene fra Falconbridge er redusert. Det kan da bli aktuelt å lempe på omsetningsforbud og kostholdsråd. Vedvarende høyt PAH-innhold kan istedet bli en kritisk faktor. Hvorvidt en slik situasjon vil oppstå, avhenger imidlertid av hvordan næringsmiddelmyndighetene vurderer skjellenes PAH-innhold. Under alle omstendigheter antas det å være interesser knyttet til å begrense områdene belagt med restriksjoner så mye som mulig. Til det trengs mer detaljerte opplysninger om PAH-forurensningens utbredelse enn man kjenner idag.

## 6. LITTERATUR

- Holte, B., G. Bahr, B. Gulliksen, T. Jacobsen, J. Knutzen, K. Næs og E. Oug, 1992. Resipientundersøkelser i Tromsøysundet og Sandnessundet, Tromsøy kommune, 1991 - 1992. Organismesamfunn på bløtbunn, hardbunn, i fjæra, miljøgifter i bunnsedimenter og organismer og bakteriologiske undersøkelser. Rapport nr. 91247 fra Akvaplan-niva, 162 s.
- IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overfall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volume 1 to 42. Suppl. 7, Lyon, Frankrike.
- Jørgensen, C.B., 1975. On gill function in the mussel *Mytilus edulis* L. *Ophelia* 13: 187-232.
- Kjørboe, T., F. Møhlenberg og O. Nøhr, 1980. Feeding, particle selection and carbon absorption in *Mytilus edulis* in different mixtures of algae and resuspended bottom material. *Ophelia* 19: 193-205.
- Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984 - 1985. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 224/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000320 (l.nr. 1864), 39 s. ISBN 82-577-1076-8.
- Knutzen, J., 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer 1987. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000366 (l.nr. 2273), 34 s. ISBN 82-577-1572-7.
- Knutzen, J., 1991a. Overvåking i Vefsnfjorden for Elkem Aluminium Mosjøen 1989 - 91. Delrapport 2: Miljøgifter i organismer. NIVA-rapport O-84019 (l.nr. 2622), 48 s. ISBN 82-577-1926-9.
- Knutzen, J., 1991b. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og metaller i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden 1990. NIVA-rapport O-90168 (l.nr. 2585), 25 s. ISBN 82-577-1924-2.
- Knutzen, J., 1991c. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1989 - 1990. NIVA-rapport O-68019 (l.nr. 2615), 36 s. ISBN 82-577-1929-3.
- Knutzen, J., 1991d. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i oskjell fra Årdalsfjorden 1990. NIVA-rapport O-8909504/E-90446 (l.nr. F 519), 15 s. ISBN 82-577-1864-5.
- Knutzen, J. og N. Green, 1991. Overvåking av miljøgifter i fisk og blåskjell fra Grenlandsfjordene 1990. Rapport 468/91 (TA-786/1991) innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800312 (l.nr. 2636), 62 s. ISBN 82-577-1963-3.
- Knutzen, J., K. Næs og B. Rygg, 1989. Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelse av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer. Rapport 371/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000380 (l.nr. 2284), 75 s. ISBN 82-577-1585-9.

- Knutzen, J. og J. Skei. 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986 - 1987. Rapport 309/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000306 (l.nr. 2109), 50 s. ISBN 82-577-1388-0.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s. ISBN 82-577-1855-6.
- Knutzen, J. og B. Sortland, 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. *Water Res.*, 16: 421-428.
- Knutzen, J., B. Enger og K. Martinsen, 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 4. Miljøgifter i fisk og andre organismer 1982 - 1984. Rapport 220/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800356 (l.nr. 1848), 115 s. ISBN 82-577-1056-3.
- Konieczny, R. og J. Knutzen, 1992. Overvåking av PAH i muslinger, snegl og fisk fra Sunndalsfjorden 1991 - 1992. Rapport 504/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-91086 (l.nr. 2818), 28 s. ISBN 82-577-2214-6.
- Næs, K., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene 1983. Rapport 193/85 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000353 (l.nr. 1754), 62 s. ISBN 82-577-0947-6.
- Næs, K., 1992. PAH i sedimenter utenfor Elkem Fiskaa, Kristiansand 1991. NIVA-rapport O-91149 (l.nr. 2753), 44 s. ISBN 82-577-2134-4.
- Næs, K. og E. Oug, 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 1: Konsentrasjon og mengder av klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje. NIVA-rapport O-895903/E-90406 (l.nr. 2570), 193 s. ISBN 82-577-1885-8.
- Næs, K., E. Oug, J. Knutzen og F. Moy, 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunn-sedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA-rapport O-89170 (l.nr. 2645), 104 s. ISBN 82-577-1986-2.
- Næs, K., E. Oug, J. Klungsøyr og J. Knutzen, 1992. Organochlorines and PAHs in the marine environment: 3. Occurrence. S. 35 - 50 i A. Molven og A. Goksøyr (red.): Programme on Marine Pollution (PMF), NTNF, Oslo. 120 s. ISBN 82-7224-334-2.
- Varanasi, U., S.-L. Chan, W.D. MacLeod et al., 1990. Survey of subsistence fish and shellfish for exposure to oil spilled from Exxon Valdez. - First year: 1989 NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-191. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle.

## **VEDLEGG**

### **RÅDATATABELLER FOR PAH- ANALYSER I BLÅSKJELL**



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : FISKAA  
 Oppdragsnr. : 91149  
 Prøver mottatt : 18.6.92  
 Lab.kode : OIO 1-6  
 Jobb.nr. : 92/49  
 Prøvetype : Blåskjell  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 7.8.92  
 Analytiker : Brg

1: Myrodden 7.10.91  
 2: Myrodden 6.1.92  
 3: Myrodden 10.2.92  
 4: Havnebasseng 7.10.91  
 5: Pumpehus v/kai 6.1.92  
 6: Kai 10.2.92

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
2,6-Dimetylnaftalen						
Acenaftalen						
2,3,5-Trimetylnaftalen						
Fluoren	11	2	7	5	6	9
Fenantren	112	17	70	51	45	70
Antracen	27	4	20	11	11	20
1-Metylfenantren	9	6	8	7	9	6
Fluoranten	134	23	83	128	98	244
Pyren	80	18	55	87	74	172
Benz(a)antracen*	Maskert	23	36	63	8	46
Chrysen/Trifenylen	Maskert	58	58	56	9	58
Benzo(b)fluoranten*	55	{82	65	112	175	{366
Benzo(j,k)fluoranten*	26	{	23	48	56	{
Benzo(e)pyren	45	35	42	84	112	136
Benzo(a)pyren*	19	14	21	45	60	94
Perylen	8	5	7	19	20	28
Ind.(1,2,3cd)pyren*	15	8	14	23	29	48
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	2	1	1	5	4	4
Benzo(ghi)perylene	12	8	11	19	23	40
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	555	304	521	763	739	1341
Derav KPAH(*)	117+?	128	160	296	332	558
%KPAH	~21?	~42	~31	~38	~45	~42
%Tørrstoff	16.8	14.2	14.3	16.7	15.4	14

\* 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.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : FISKAA  
 Oppdragsnr. : 91149  
 Prøver mottatt : 15.6.92  
 Lab.kode : RIY 1-5  
 Jobb.nr. : 92/100  
 Prøvetype : Blåskjell  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 10.8.92  
 Analytiker : Brg

1: Kai 18.3.92  
 2: Kai 21.4.92  
 3: Myrodd 18.3.92

4: Myrodd 21.4.92  
 5: Brygge Kje.hl, Luseb.21.4.92  
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
2,6-Dimetylnaftalen						
Acenaftalen						
2,3,5-Trimetylnaftalen						
Fluoren	21	11	30	14	3	
Fenantren	138	98	204	172	39	
Antracen	33	23	63	46	8	
1-Metylfenantren	14	15	10	17	6	
Fluoranten	216	172	128	160	58	
Pyren	154	119	76	93	32	
Benz(a)antracen*	70 ?	87	38	40	24	
Chrysen /Trifenylen	137 ?	74	61	72	39	
Benzo(b)fluoranten*	193	168	88	43	19	
Benzo(j,k)fluoranten*	48	58	31 ?	17		
Benzo(e)pyren	104	117	34	42	22	
Benzo(a)pyren*	48	55	14	15	9	
Perylen	17	20	6	7	3	
Ind.(1,2,3cd)pyren*	28	25	11	15	9	
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	3	5	1	2	1	
Benzo(ghi)perylene	24	24	8	11	7	
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	1248	1071	772	780	296	
Derav KPAH(*)	390	398	152	146	79	
%KPAH	~ 31	~ 37	~ 19	~ 19	~ 26	
%Tørrstoff	14.7	15.6	14.2	16	13.9	

\* 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)-isomerer.

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2224-3