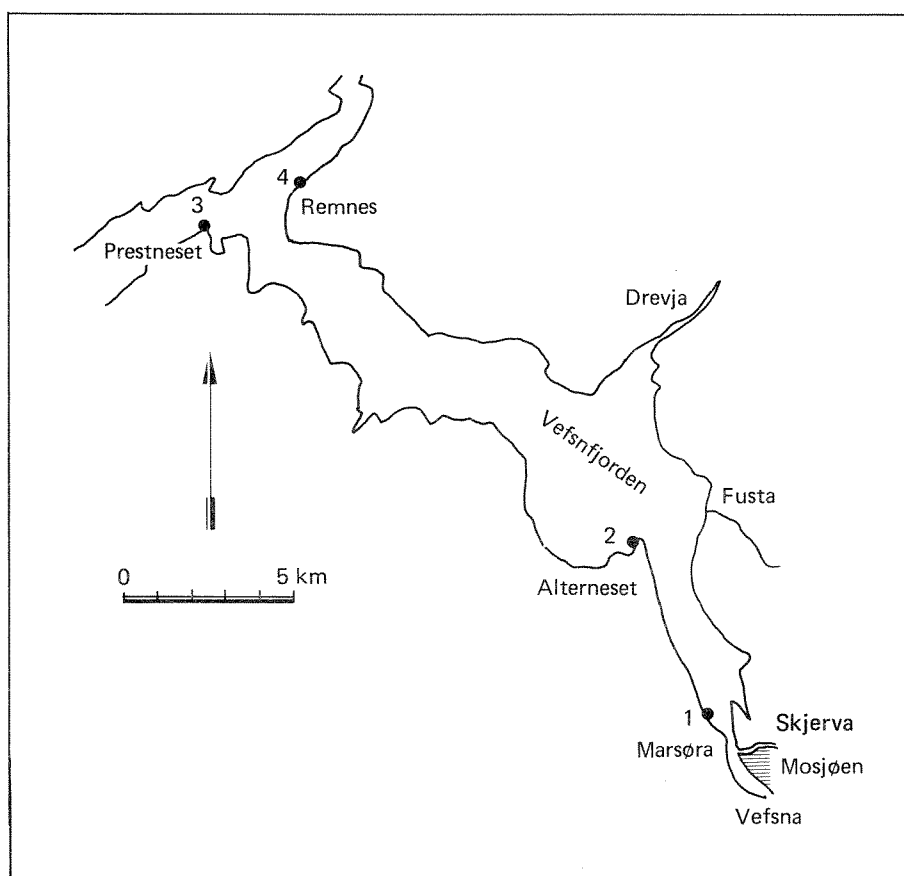


1876  
02-1876

O - 84019

# Overvåking i Vefsnfjorden for Mosjøen Aluminiumverk 1984



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 84019
Undernummer:
Løpenummer: 1876
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking i Vefsnfjorden for Mosjøen Aluminiumverk 1984	Dato: 11/7 1986
Forfatter (e): Jon Knutzen Jens Skei	Prosjektnummer: 84019
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Nordland
	Antall sider (inkl. bilag): 31

Oppdragsgiver: Mosjøen Aluminiumverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Observasjoner i Vefsnfjorden 1984 viste høye konsentrasjoner av poly-sykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell og sedimenter. Nivåene i blåskjell var omtrent som tidligere (1978-1979), mens det i øverste lag av sedimentene var en økning. Da enkelte av disse tjærestoffene er potensielt kreftfremkallende, er det begrensninger på fjordens utnyttelse til rekreasjonsformål og for akvakultur. Det ble også konstatert forhøyet innhold av fluorid i sedimentene, mens nivåene i skjell og tang var moderate/normale (forbehold mht. innerste del av fjorden). Metallforurensning ble ikke observert.

4 emneord, norske:

1. Gassvaskevann
  2. PAH
  3. Fluorid
  4. Sedimenter
- Indikatororganismer

4 emneord, engelske:

1. Gas scrubber effluent
  2. PAH
  3. Fluoride
  4. Sediments
- Indicator organisms

Prosjektleder:

Jon Knutzen

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN 82-577-1090-3

0-84019

OVERVÅKING I VEFSNFJORDEN

for

MOSJØEN ALUMINIUMVERK

1984

Oslo, 11. juli 1986

Prosjektleder: Lars Kirkerud (inntil 1/9-85)  
Jon Knutzen (etter 1/9-85)

Medarbeidere: Jens Skei  
Lasse Berglind

## INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD .....	side	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER		3
2. BAKGRUNN OG FORMÅL .....		5
3. MILJØGIFTER I ORGANISMER		7
3.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell .....		8
3.2 Samenligning av PAH-sammensetning i blåskjell, avløpsvann og sedimenter .....		10
3.3 Fluorid i blåskjell og grisetang .....		11
3.4 Metaller i blåskjell .....		12
4. SEDIMENTUNDERSØKELSER .....		13
4.1 Tidligere undersøkelser og formål .....		13
4.2 Feltarbeid og analyser .....		13
4.3 Resultater og diskusjon .....		14
4.3.1 Sedimentbeskrivelse .....		14
4.3.2 Kvikksølv .....		15
4.3.3 Fluor .....		15
4.3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)		18
4.3.5 Transport og sedimentering av fluor og PAH		20
5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER OG MOMENTER VEDRØRENDE OVERVÅKING		22
6. LITTERATUR .....		23
APPENDIKS - tabell A1 - A7 .....		25-31

## FORORD

Foreliggende undersøkelse er utført etter oppdrag fra Mosjøen Aluminiumsverk. Med mindre endringer av praktiske grunner er arbeidet gjort i henhold til i revidert programforslag av 20/8 1984.

Rapporten omhandler resultatene av undersøkelsene i 1984. I tillegg til et årlig rutineopplegg med analyse av forurensende stoffer i skjell og tang, er det i 1984 tilveiebragt ajourførte data om forurensende stoffer i sedimentene.

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært R. Karstensen, som bl.a. har gitt opplysninger om produksjons- og avløpsforhold og bistått med praktisk hjelp.

Takk rettes til de lokale medarbeidere Tore Christoffersen og Per Pedersen for innsamling av biologiske prøver.

Fluoridanalysene er dels utført ved Mosjøen Aluminiumsverk, dels SINTEF, med enkelte parallellanalyser ved SI.

Ved instituttet har Lars Kirkerud vært prosjektleder og hovedansvarlig for planlegging og gjennomføring inntil 1/9-85. Ansvarlig for sedimentundersøkelsene har vært Jens Skei, som også har skrevet denne del av rapporten. Ansvarlig for PAH-analysene har vært Lasse Berglind.

Oslo, 11/7 1986

Jon Knutzen  
Prosjektleder

JOK/SVE/EDA  
1986 08 05

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I I forbindelse med delvis omlegging av produksjonsprosessen ved Mosjøen Aluminiumsverk og forventede reduserte utslipp, er det i 1984-1985 gjennomført supplerende undersøkelser i Vefsnfjorden for å få ajourførte referansedata for overvåking. Foreliggende rapport gjengir resultatene fra 1984.
- II Undersøkelsene har omfattet analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), metaller og fluorid i blåskjell, tang og sedimenter (kfr. tabell 1 og stasjonskart fig. 1-2).
- III PAH-innholdet i blåskjell var høyt fra indre fjord til munningen dvs. minimum 50-100 ganger "bakgrunnsnivået" i skjell fra områder uten nærliggende punktkilder.

Det ble ikke funnet avtagende konsentrasjoner med økende avstand fra utslippet, men observasjonene omfattet ikke de innerste 5 km.

Andelen av potensielt kreftfremkallende stoffer var 20-25%. PAH-nivået var omtrent som observert i 1978-79.

Det var ingen tydelig forskjell i PAH-innhold hos ulike størrelseskategorier av skjell.

- IV I overflatesedimentene (0-1 cm) var overkonsentrasjonene av PAH opp til mer enn 500 ganger "bakgrunnsnivået", men hurtig fallende med økende avstand fra utslippet til 30-50(100) ganger normalinnholdet 8-10 km utover fjorden (fig. 4).

Overflatesedimentenes PAH-innhold var høyere i 1984 enn i 1978, hvilket tyder på høyere utslipp fra slutten av 1970-årene.

Beregning av hvor mye PAH som lagres i indre fjord tyder på at størrelsesorden 90% fraktes forbi Alterneset (fig. 2, tabell 5).

Utenfor Alterneset var fluoridinnholdet i blåskjell som normalt (stasjoner bare fra 6 km og utover), mens det i grise-tang muligens var moderat forhøyet innerst i fjorden (st. 1 Marsøra, fig. 1).

I sedimenter var fluoridinnholdet omkring dobbelt så høyt nær

utslippet som lenger ut i fjorden. Imidlertid synes bare en ubetydelig del av belastningen å ende i bunnvleiringene (tabell 5).

VI Metallinnholdet i blåskjell var lavt, og kvikksølvinnholdet i sedimenter var normalt (motsatt data fra 1978, som må bero på feilanalyse eller kontaminering av prøvene).

VII Fremtidig overvåking av sedimenter kan innskrenkes til PAH og fluorid.

Trendovervåking av PAH i blåskjell behøver ikke omfatte mer enn en størrelseskategori.

Hvis man ønsker avstandsgradienter for PAH-innhold i blåskjell, må overvåkingen utvides med minst en stasjon innenfor Alterneset (fig. 1).

Overvåking av blåskjells og tangs fluorinnhold synes eventuelt bare aktuelt innenfor Alterneset.

Ut fra erfaring i andre PAH-belastede fjorder bør det gjøres analyser av PAH-innholdet i bunnfisk fra indre fjord.

Orienterende analyser bør foretas av klororganiske stoffer (særlig PCB) i sedimenter, fisk og muslinger.

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

På oppdrag fra Mosjøen Aluminiumverk gjennomførte NIVA i 1978-1980 en undersøkelse av forurensningstilstanden i Vefsnfjorden (Kirkerud og medarb. 1981). Resultatene viste små skader på plante- og dyresamfunn, begrenset til fjordens innerste del, men det ble observert sterkt forhøyet innhold av tjærestoffer (polysykliske aromatiske hydrokarboner : PAH) i skjell og bunnnavleiringer. Noen av de funn stoffene innen gruppen PAH er potensielt kreftfremkallende, og forekomster av slike stoffer begrenser utnyttelsen av fjorden til rekreasjonsformål (skjellsanking) og akvakultur. Høye PAH-konsentrasjoner i skjell ble funnet helt ut til munningen av fjorden og utenfor.

Ved undersøkelsene i 1978-80 ble det videre registrert forhøyet innhold av kvikksølv og fluorid i bunnsedimentene og sannsynliggjort noe høyere fluoridinnhold i overflatevannet enn normalt.

Utslippene til fjorden av PAH er tidligere anslått/beregnet til 35 t/år, derav 1-4 tonn av potensielt kreftfremkallende stoffer (KPAH i henhold til definisjon gitt i appendiks tabell A1). Konsentrasjonene i de to viktigste avløp (hallgassvaskevann og utslipp fra dorrlegg varierer imidlertid betydelig). Middel av 6 analyser i 1982 (kfr. Tryland 1983) og nedjustering av hallgassvaskeavløp fra 9000 til 7000 m<sup>3</sup>/timer gir samlet utslipp i hallgassvaskevann, dorravløp og hovedkloakk på nær 30 t/år derav ca. 6 t KPAH og ca 1.5 t benzo(a)pyrene. Senere analyser fra 1983-84 tydet på markert lavere utslipp: av tot. PAH mindre enn 10 t/år og av KPAH og B(a)P henholdsvis under 2.5 og mindre enn 0.5 t/år.

På bakgrunn av delvis omlegging til nye produksjons- og rense/gjenvinningsprosesser har bedriften ønsket å følge utviklingen i fjorden.

De viktigste endringer i prosessen er overgangen fra Søderbergelektroder til prebakte anoder for ca. halve produksjonen (1989-90) og innstallering av et tørr-reanseanlegg for fluorid. Produksjonskapasiteten økes samtidig fra 89 000 t/år til 121 000 t/år i 1995. Omleggingen til prebakte anoder skjer gradvis fra 1986-87.

I korthet vil de viktigste forandringene i forurensningsbelastning bli:

- Nedleggelse av dorrlegg og dermed slutt på slamutslipp på 120 m. Dette slammet inneholdt betydelige PAH-mengder, og slammet ble ved de tidligere undersøkelser sporet opp til 30-80 m (Kirkerud og medarb. 1981). Dorrlegget vil bli lagt ned i løpet av 1988.



- Prebakte anoder vil redusere hallgassenes PAH-innhold, og dette må antas å gjenspeiles i minsket PAH-tilførsel fra gassvaskevannet, som imidlertid vil fortsette å gå ut i overflatelaget i Vefsnas munning.
- Elektrofiltersot vil bli deponert bak sandvoll ca. 50 m fra sjøen. Mao. vil sigevannsbelastningen med PAH avta. (En gjennværende belastning, som det er vanskelig å kvantifisere, er utskylning av tørravsetningen i det lokale nedbørfelt).

Det arbeides for tiden med gjenvinning av gallium i soten. Hvis dette lar seg gjennomføre, vil deponeringen av elektrofiltersot opphøre.

Hovedformålet med den igangsatte overvåking er å belyse spørsmål som:

- Hvordan utvikler forurensningssituasjonen i fjorden seg mht. grad og omfang (dvs. nivå av forurensende stoffer i økende avstand fra utslippene)?
- Kan prosessomleggingen spores på tilstanden i fjorden, og på hvilken måte? (Tilveiebringelse av referansedata.)

I forbindelse med førundersøkelsene i 1984-85 har det vært nødvendig å ajourføre og supplere data fra 1978-80. Målingene av PAH i sedimenter og blåskjell er gjentatt, og det samme gjelder registreringene av fluorid og kvikksølv i bunnnavleiringene. Undersøkelser av tang og blåskjells fluoridinnhold og av metaller i blåskjell er derimot ikke foretatt tidligere.

For redegjørelse om observasjonsmateriale og metoder henvises til kap. 3-4.

### 3. MILJØGIFTER I ORGANISMER

Blåskjell og grisetang er samlet inn fra stasjoner vist fig. 1. Oversikt over stasjoner, prøver og analyser er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Innsamlingssteder, prøvemateriale og analysevariable for overvåking av miljøgiftnivået i organismer fra Vefsnfjorden 1984.

Stasjoner:	Organismer/Analyser:
1, nær hytte, ca 1 km N for Marsøra	Grisetang <sup>1</sup> : Fluorid
2, Vestspissen av Alterneset	Grisetang <sup>1</sup> : Fluorid Blåskjell: PAH <sup>2</sup> , fluorid <sup>2</sup> , metaller <sup>3</sup>
3, Spissen av Prestneset	Grisetang <sup>1</sup> ): Fluorid Blåskjell: PAH <sup>3</sup> , fluorid <sup>2</sup> , metaller <sup>3</sup>
4, Nordsidan av Remneset	Grisetang <sup>1</sup> : Fluorid Blåskjell: PAH <sup>2</sup> , fluorid <sup>2</sup> , metaller <sup>3</sup>

- 1) Blandprøve av 10-20 skuddspisser kuttet over 3dje blære ovenfra.
- 2) (12) 25-50 skjell i blandprøve av forskjellige størrelseskategorier (2-3cm til 5-6cm).
- 3) Blandprøver av 25-50 skjell av størrelse 4-5cm.

Analysene av fluorid er vesentlig foretatt ved Mosjøen Aluminiumsverk, etter SINTEF's patenterte, ikke offentlig tilgjengelige metode, med enkelte parallellanalyser ved SINTEF og SI (Riley 1961).

Metallanalysene i blåskjell er foretatt ved NIVA med oppslutning etter Norsk standard (NS 4783) og analyse ved atomabsorpsjon (kvikksølv ved kalddamp-teknikk). PAH er analysert gasskromatografisk med glasskapillarkolonnes ved NIVA (Berglind og Gjessing 1980).

Før analyse har blåskjellene gått 1 døgn i vann for tømning av tarm.

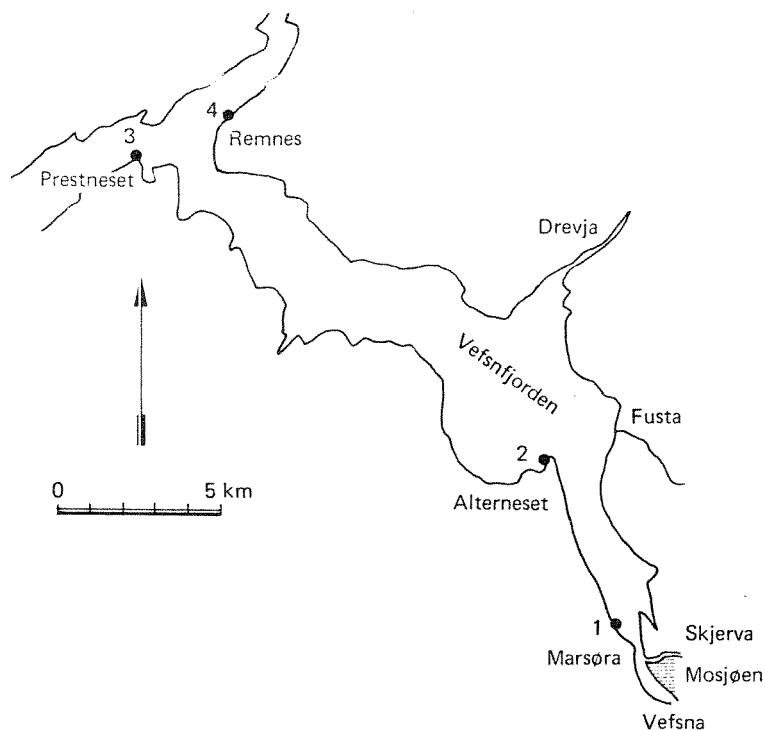


Fig. 1. Stasjoner for innsamling av blåskjell og grisetang.

### 3.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell

Resultatene av disse analysene fremgår av appendikstabell A1, og et sammendrag er gitt i tabell 2 nedenfor (kfr. fig. 1 for stasjonsplasing). Av tabell A1 fremgår at det ikke lar seg trekke ut noen systematisk variasjon i PAH-innhold med skjellenes størrelse, hverken mht. totalkonsentrasjon eller forekomst av enkeltstoffer. I den følgende behandling og vurdering benyttes derfor delvis aritmetriske middelverdier for de stasjoner der flere størrelseskategorier er analysert (st 2 og st 4).

PAH-innholdet synes heller ikke å variere systematisk med blåskjellenes fettinnhold, som ble registrert til 0,5 - 0,7 % av friskvekten.

Tabell 2. Total-PAH, sum KPAH\* og benzo(a)pyren (B(a)P) i blåskjell fra Vefsnfjorden 1984, med angivelse av stasjonenes ca. avstand fra utslippet, konsentrasjoner i mg/kg tørrvekt. For stasjonene 2 og 4 er gjengitt middelverdier for flere størrelseskategorier.

	St 2, 6km	St 3, 24km	St 4, 24km
Tot PAH	65.2	30.8	72.2
ca KPAH	15	5.5	14
B(a)P	1.6	0.4	1.3
ca% KPAH	25	18	20

\*KPAH Sum av benzo(b)fluoranten, benzo(j) fluoranten, benzo(a)pyren og dibenz (a,h) antracen (halvparten av dennes konsentrasjon pga. mulig

blanding med den ikke kreftfremkallende dibenz(a,c)antracen).

Fra tabell 1 kan det først konstateres at blåskjellene hadde et høyt PAH-innhold. Overkonsentrasjonene, dvs. jevnført med "normalverdien" fra bare diffust belastede områder var minimum 50 - 100 ganger, kanskje oppmot 200 - 300 ganger for de høyeste konsentrasjonene. Normalverdiene eller bakgrunnskonsentrasjonene er da satt til 0,2-0,5 mgPAH/kg tørrvekt. (Etter å ha fått et fyldigere erfaringsmateriale er "Bakgrunnsverdien" halvert i forhold til det som tidligere er regnet med på basis av resultatene til Knutzen og Sortland (1982). Kfr. bl.a. Knutzen og Kvalvågnæs (1982), og Knutzen (1982, 1984)).

Andelen av potensielt kreftfremkallende stoffer var 20-25% av total-PAH, men den mest kjente av disse forbindelsene - benzo(a)pyren - utgjorde ikke mer enn 1-3%.

Den registrerte grad av PAH-forurensning samsvarte rimelig godt med et som ble funnet i 1978 - 79. På stasjoner ved og utenfor munningen av fjorden (22-25 km) ble det da til ulike tidspunkter funnet konsentrasjoner på 11-99 mg PAH/kg tørrvekt, mao. en markert variasjon med tiden. Registreringene fra 1984 ligger innenfor dette intervallet (tabell 1).

Variasjon i blåskjellenes PAH-innhold med avstand fra kilden er det sparsomt grunnlag for å uttale seg om på grunnlag av bare 3 stasjoner, hvorav ingen ligger nærmere enn 6 km fra Mosjøen. Det er imidlertid bemerkelsesverdig at maksimalkonsentrasjonene utenfor fjordmunningen (st. 4) var like høye som ved Alterneset. Det er mulig at forholdet kan skyldes forholdsmessig mindre belastning på Alterneset enn tilsvarende langt inn på motsatt side av fjorden. PAH-forurensningen er i utgangspunktet knyttet til ferskvannet, og ved undersøkelsene i 1978-80 ble det sannsynliggjort at ferskvannspåvirkningen var størst på fjordens østside. Under alle omstendigheter er konklusjonen - i likhet med tidligere - at hele Vefsnfjordens overflatemiljø er sterkt PAH-påvirket.

En nærmere analyse av data i appendikstabell A1 viser også at det ikke er noen tydelig forskjell mellom PAH-sammensetningen i blåskjell fra ulike stasjoner.

De praktiske konsekvenser av dette er begrensninger på fjordens utnyttelse til fiske-, akvakultur- og rekreasjonsformål. Nyere erfaringer fra PAH-forurensende fjorder har også vist at fisks innhold av PAH kan bli forhøyet i størrelsesorden 5-10 ganger jevnført med "normalnivået", og at forekomsten av potensielt kreftfremkallende forbindelser

kan komme opp i samme nivå som man har i f.eks. røkt fisk (Knutzen, 1986 og upubl. materiale fra oppdrettsanlegg i Saudafjorden). Dette forholdet kan også aktualisere en revurdering av innholdet i det nåværende overvåkingsprogram (kfr.kap.6).

### 3.2 Sammenligning av PAH-sammensetningen i blåskjell, avløpsvann og sedimenter.

Formålet med denne jevnføringen i tabell 2 er å se om det er spesielle fraksjoner i avløpsvannet som oppkonsentreres i skjell og sedimenter. Med fraksjoner menes PAH-forbindelser med noe ulik løselighet. Alle PAH-forbindelser (og beslektede heterosykliske stoffer) er lite løselige i vann, mens graden av løselighet følger mer eller mindre molekylstørrelsen. Noen av de fremtredende komponentene i avløpsvannet fra hallgassrenningen og dorravløpet kan derfor grupperes som nedenunder (etter økende molekylstørrelse og antatt minskende løselighet):

- Fenantren (F), fluoranten (F1), pyren (P)
- Benzo(a)antracen (B(a)A), trifenylen/chrysen (T/C)
- Benzo (b,j,k) fluoranten(B(b,j,k)F), benzo(a,e) pyren (B(a,e)P)
- Indeno (1,2,3,c,d)pyren (IP), benzo(g,h,i)perylene (BPe)

Tabell 3. PAH-profiler (prosentvis sammensetning) i ulike materiale fra Mosjøen Aluminiumverk 1983-84 og Vefsnfjorden 1984. Middelerverdier og variasjonsområde.

Antall analyser Medium PAH	3 DORRAVLØP 1983-84	4 AVLØP KLARINGS- BASSENG	8 SEDIM. 0-1 cm	8 SEDIM. 1-2 cm	8 SEDIM. 2-3 cm	8 BLÅSKJELL
Sum F + F1 + P	9(5-12)	20(15-25)	21(10-51)	20(16-34)	18(15-26)	24(28-41)
Sum B(a)A + T/C	22(19-26)	18(8-22)	18(9-22)	18(15-21)	18(14-23)	22(20-24)
Sum B(b,j,k)F+B(e,a)P	55(51-58)	31(21-43)	36(17-47)	38(29-40)	40(34-45)	36(32-40)
Sum IP + BPe	4(3-6)*-IP	4(1-7)*-IP	14(9-20)	15(8-20)	15(10-19)	3(2-5)
Sum KPAH	24(24-25)	14(10-17)	22(13-29)	24(16-29)	25(16-31)	22(16-26)

\*SINTEF-analyser, rapporter 18/1 og 25/9 1985, ikke påvist IP

Bortsett fra dorravløpet, som er sterkt slamholdig, ses av tabell 3 at det er stor grad av likhet mellom PAH-sammensetningen i ulike medier. Av forskjeller kan primært pekes på:

- Relativ anrikning på de lettest løslige forbindelser (F+Fl+P) i blåskjell jevnført med gassvaskeanlegget.
- Relativ anrikning på de mest tungtløslige PAH i sedimenter (primært IP+8pe, men også B(b,j,k)F og B(a,e)P)
- Andelen av KPAH var noe høyere i skjell og sedimenter enn i avløpsvannet fra gassrenningen. Det samme fremgår av resultatene ved forrige undersøkelse (Kirkerud og medarb. 1981).

Ovenstående stemmer stort sett overens med resultatene ved forrige undersøkelse (Kirkerud og medarb. 1981) En forskjell fra observasjoner i 1978-79 var likevel at det relative innslaget av de mest løselige komponentene var noe større i blåskjell fra 1978-79 enn i 1984. Midlere forhold mellom gruppene F+Fl+P, B(a)A+T/C, B(b,j,k)F+B(a,e)P var i 1978-79 ca 50:10:15 mot ca. 35:20:35 i 1984. En sammenligning med data fra tidligere viser også større andel potensielt kreftfremkallende forbindelser i 1984-skjellene: 15-25% mot 10-15% fra forrige gang. Med sparsomme data for avløpsvannet er det ikke grunnlag for å ha noen mening om dette representerer en reell forandring i belastningenes sammensetning eller er mer tilfeldig. Det kan imidlertid påpekes at midlere KPAH-innhold i avløpsvann 1983-1984 (~ 12-15%) var noe høyere enn observert 1976-1979 (Kirkerud og medarb. 1981).

### 3.3 Fluorid i blåskjell og grisetang

Blåskjell hadde lavt innhold av fluorid på alle stasjoner; (appendikstabell A2), mao. ingen forskjell med avstand fra utslippet fra Alterneset og ut til munningen. Ut fra de overkonsentrasjoner i vann som ble sannsynliggjort for indre fjords vedkommende ved observasjoner i 1978-1979 (kap. 6.3.1 i Kirkerud og medarb. 1981) var dette noe uventet. De observerte overkonsentrasjonene var riktignok beskjedne som absoluttverdier (stort sett 0.2-1.0 mg F/l unntatt en ekstremverdi), men prosentvis er dette en betydelig økning, særlig i vann med nedsatt saltholdighet.

Grisetang inneholdt mer fluorid i materialet fra den innerste stasjonen enn fra de øvrige (appendikstabell A3), men heller ikke for tangs vedkommende var det noen forskjell fra Alterneset og utover.

Det kan konkluderes med at eventuelt fortsatt overvåking av fluorid i organismer kan begrenses til de innerste 4-5 km av fjorden, og at det vel er mest sannsynlig å få utslag på østsiden av fjorden.

Det er sparsomt med sammenligningsmateriale for fluorid i blåskjell, men det som er registrert i Vefsnfjorden ligger lavere enn både i Fedafjorden (Knutzen, 1986) Kristiansandsfjorden (Knutzen og medarb. 1986) og Sørfjorden (Knutzen 1983a, Molvær og medarb. 1984). Mens det i Glomfjord og Sørfjorden er betydelige fluoridutslipp, er ikke større punktkilder kjent fra de to andre fjorder.

Selv om det synes å være en avstandsgradient, hadde også grisetangen fra Vefsnfjorden et moderat eller lavt innhold av fluorid; eksempelvis ikke høyere enn maksimalverdien på referansestasjonen for det påvirkede Lista-området (Knutzen 1985). Maksimalkonsentrasjonen fra Vefsnfjorden var også lavere enn høyeste fluoridinnhold observert i gristetang fra Sørfjorden (Knutzen 1983a) og Glomfjord (Molvær og medarb. 1984).

#### 3.4 Metaller i blåskjell

Resultatene av analysene er gjengitt i appendikstabell A4. Alle undersøkte metaller (kvikksølv, kadmium, bly, kobber, krom, nikkel) opptrådte i konsentrasjoner som ligger innenfor det normale i blåskjell fra områder uten større punktbilder (kfr. litteratursammenstilling hos Knutzen 1983b).

## 4. SEDIMENTUNDERSØKELSER

### 4.1. Tidligere undersøkelser og formål

I august 1978 ble det gjennomført en sedimentundersøkelse i Vefsnfjorden som omfattet 6 stasjoner fordelt over hele fjorden (Kirkerud et al. 1981, s. 78). Kun to av stasjonene ble plassert innenfor Alterneset. Foruten analyser av tungmetaller, organisk materiale og fluor, ble det gjort analyser på PAH. De konklusjoner som kunne trekkes fra denne undersøkelsen var følgende:

- (i) Innholdet av tungmetaller i sedimentene, bortsett fra kvikksølv, var normalt i undersøkelsesområdet.
- (ii) Sedimentene hadde et uforklarlig høyt kvikksølvinnhold (10 ganger normalt).
- (iii) Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av fluor i sedimentene, spesielt innenfor Alterneset.
- (iv) En markert forhøyning av PAH-innholdet i overflatesedimentene ble registrert opp til 20 km fra Mosjøen. Høyeste konsentrasjoner ble målt innenfor Alterneset.

I tillegg ble det i 1978-undersøkelsen foretatt aldersdateringer på sedimenter ved Alterneset og midt i Vefsnfjorden. Dette ga en sedimenttilvekst på henholdsvis  $2 \text{ mm år}^{-1}$  og  $1.7 \text{ mm år}^{-1}$ .

På bakgrunn av resultatene fra 1978-undersøkelsen ble det besluttet å gjennomføre en ny sedimentundersøkelse 6 år senere (høsten 1984). Med en sedimenttilvekst på ca.  $2 \text{ mm år}^{-1}$  tilsvarer dette en sedimentavsetning på vel 1 cm i løpet av denne perioden.

Sedimentundersøkelsen hadde følgende målsetting:

- (i) Registrere fordelingen av kvikksølv, fluor og PAH i indre deler av Vefsnfjorden i sedimentenes øvre lag (0-3 cm).
- (ii) Sammenligne resultatene fra 1984 med resultatene fra 1978 for å påvise eventuell utvikling over tid.

### 4.2. Feltarbeid og analyser

Sedimentprøvene ble tatt fra F/F Raud den Rame fra Bodø Distriktshøgskole med samme prøvetakingsutstyr som i 1978 (Niemistö gravity corer). Feltarbeidet ble utført 29. november 1984 på stasjoner vist på figur 2. Sedimentkjernene ble snittet i 1 cm sjikt og senere frysetørket i laboratoriet. Kvikksølvanalysene ble utført ved NIVA etter stan-



dard prosedyre. PAH ble analysert ved gasskromatografi og glasskapillarkolonner. Målinger av fluor i sedimentene ble utført ved Mosjøen Aluminiumverk.

#### 4.3. Resultater og diskusjon

Resultatene blir presentert som rådata i appendiks (appendikstabell A5-A7).

##### 4.3.1 Sedimentbeskrivelse

-----

Sedimentene er grove helt innerst i fjorden på grunn av elvas transport og avleiring av sand. Lenger utover blir det mere silt og leire.

En visuell beskrivelse av sedimentenes farge og beskaffenhet er gjort i tabell 4.

Tabell 4. Visuell beskrivelse av sedimentkjerner tatt i Vefsnfjorden, november 1984.

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
MOS 1	245	15	Leirig, lyst sediment
MOS 2	448	13	Svak brunfarge i overflaten
MOS 3	458	25	Siltig leire, sorfarget i nedre deler.
MOS 4	365	13	Siltig leire med innslag av sand.
MOS 5	276	16	Markert brun overflate. Noe sandig. Sort i nedre deler.
MOS 6	165	30.5	Brun overflate. Sort sjikt på 2 cm dyp. Hele kjernen er nokså mørk. Lukt av H <sub>2</sub> S i nedre deler
MOS 7	107	15	Sandig sediment. Trolig påvirket av elva.
MOS 8	39	15	Sandig, grovt sediment. Nokså lys i fargen.

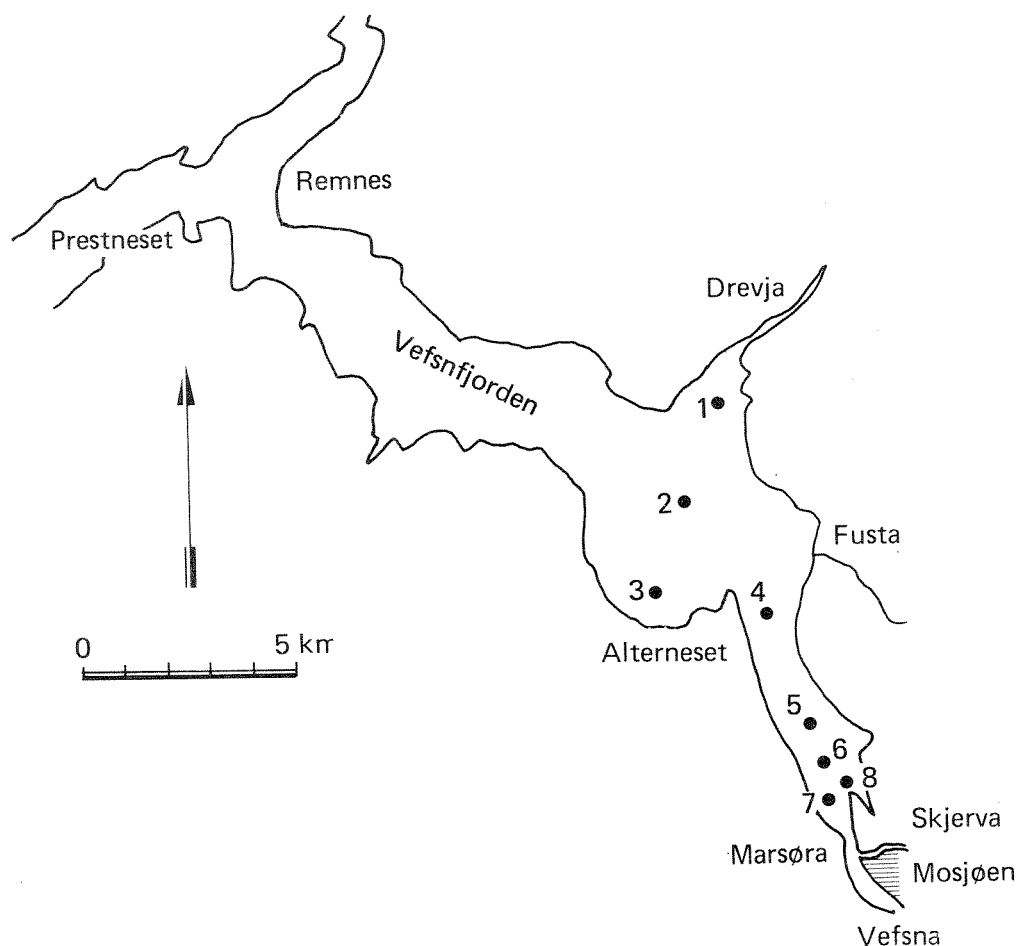


Fig. 2. Stasjonsplassering - november 1984.

#### 4.3.2 Kvikksølv

-----  
 Det er ingen forurensning av kvikksølv på bunnen av Vefsnfjorden.

Kvikksølv ble analysert i det øverste sjiktet (0-1 cm) på samtlige stasjoner, samt i dypere sjikt på noen stasjoner. Resultatene er entydige (appendikstabell A6). Innholdet av kvikksølv er normalt, også i lagene ned til 10 cm. Det øverste sedimentlaget (0-1 cm) representerer sedimenter avsatt de siste 5 år. Resultatene innebærer at Vefsnfjorden verken i dag eller tidligere har fått tilført kvikksølv utover det normale. Prøvene fra 1978, der det ble konstatert forhøyede verdier (Kirkerud og medarb. 1981), må ha blitt kontaminert under eller etter prøveinnsamling.

#### 4.3.3 Fluor

-----  
 På samtlige stasjoner innenfor Digermulen er bunnsedimentene forurenset av fluor. Konsentrasjonene har ikke endret seg mye siden 1978.

Konsentrasjonene av fluor i sedimentene viser variasjonsmønster både

horisontalt og vertikalt i sedimentet som i grove trekk er likt variasjonsmønsteret for PAH (se 4.3.4). Dette er vist i fig. 3. Høyeste konsentrasjon ble registrert nærmest utslippet til Mosjøen Aluminiumsverk (stasjon 8, 0.2% fluor). Forøvrig var det små gradienter i undersøkelsesområdet. Dette tyder på at det skjer en umiddelbar sedimentering av fluorholdig avfallsmateriale i utslippets nærområde. I tillegg skjer det en langtransport av finpartikulært materiale som inneholder fluor, slik at influensområdet blir stort.

Den vertikale fordelingen av fluor i sedimentet viser at på stasjoner nær kilden er det en markert økning i fluorsedimenteringen de siste årene. Lenger ute i fjorden er dette ikke like klart, sannsynligvis som følge av større bioturbasjon (gravende virksomhet av bunndyr) lenger ute og en større fortykning ved naturlige sedimenter. Med utgangspunkt i stasjon 8 ser det ut til at fluortilførselene har økt med ca. 20% den siste tiden. Det bør imidlertid påpekes at sedimenttilveksten i utslippsområdet ikke er kjent og at de øvre 3 cm på denne aktuelle stasjonen (8) like gjerne kan reflektere måneder i stedet for ti-år. Tar vi utgangspunkt i stasjon 4 (ved Alterneset), synes det ikke å ha skjedd endringer i fluor-tilførselen til sedimentene de senere årene.

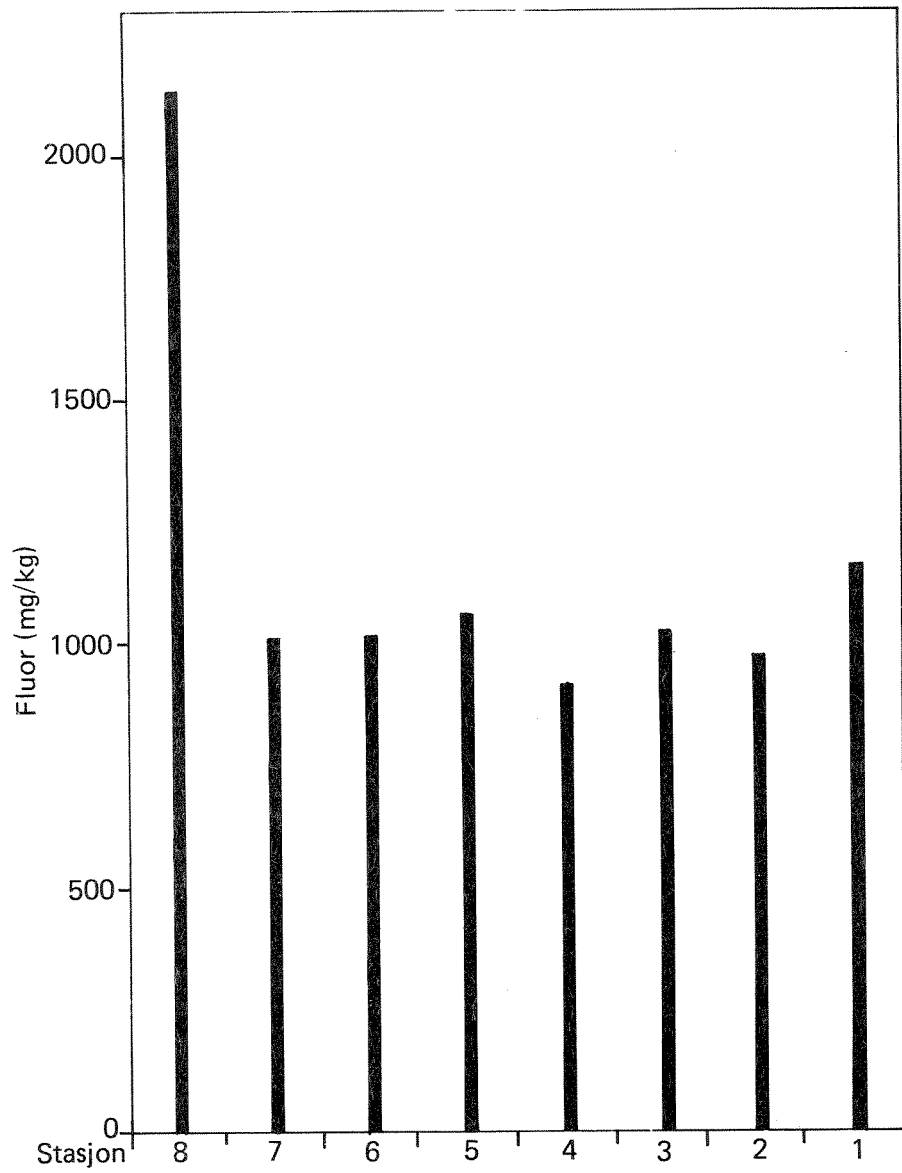


Fig. 3. Fluor i overflatesedimenter (0-1 cm) i Vefsnfjorden, mg/kg tørrvekt).

Sammenligner vi med resultater fra 1978 på sammenfallende stasjoner (M024 = VZ3 og M056 = VZ1), ser vi at det er små forskjeller. Det kan derfor slås fast at det har skjedd små endringer i fluortilførslene til sedimentene de siste 5-6 årene, bortsett fra helt lokalt i det utslippsnære området. Dette er også i overensstemmelse med utslippstallene (årsutslipp ca. 1700 tonn).

#### 4.3.4. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

---

PAH-forurensningen av det øvre sedimentlaget i Vefsnfjorden synes å ha økt, men økningen gjenspeiles ikke i resultatene fra utslippsmålinger.

Utslippene av PAH fra Mosjøen Aluminiumsverk ble tidligere anslått/beregnet til ca. 35 tonn pr. år (Kirkerud og medarb. 1981), mens nyere utslippstall tydet på som nevnt i kap. 2 noe lavere utslipp: <10-30 t./år (kfr. kap. 2).

Ved undersøkelsen i 1978 ble det påvist 35.7 ppm total PAH i overflatesedimentene ca. 2 km fra kilden. I en avstand på 6 km fra utslippet ble det registrert en konsentrasjon på 8.1 ppm, mens ved munningen av Vefsnfjorden var konsentrasjonene ca. 0.8 ppm PAH. Bakgrunnskonsentrasjonen kan anslås til 0.2-0.5 ppm (Bjørseth et al. 1979). På stasjonene 2 og 6 km fra Mosjøen ble det i 1984 målt henholdsvis 68 og 40 ppm PAH (st. 6 og 4, fig. 2 og appendikstabell A7). Det kan derfor slås fast at PAH-innholdet i sedimentene har økt betydelig og at denne økningen har skjedd fra perioden 1968-1978 til 1978-1984. Dette kan synes i uoverensstemmelse med ovennevnte utslippsdata. Imidlertid er konsentrasjonene i avløpsvannet sterkt varierende i forhold til antallet målinger, og for perioden 1968-78 er det bare data fra 1976-1978. (Utslippsanslaget på 35 t/år kan være for høyt).

De tidligere analyser av avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumsverk har vist at størstedelen av PAH er bundet til partikler (Kirkerud et al. 1981). Av den grunn må man forvente en betydelig påvirkning av bunnsedimentene. Konsentrasjonsgradienten fra kilden og utover fjorden viser en kraftig anrikning i sedimentene i det utslippsnære området og forholdsvis mindre forskjeller lenger ut (fig. 4). Fluor viste samme tendens (se 4.3.3). Dette kan ikke forklares på annen måte enn at det skjer en umiddelbar sedimentering av PAH i utslippsområdet og at dette i stor grad er PAH bundet til grovt slam. I tillegg skjer det en spredning av finpartikulært PAH-holdig materiale som påvirker hele Vefsnfjorden og sannsynligvis områdene utenfor.

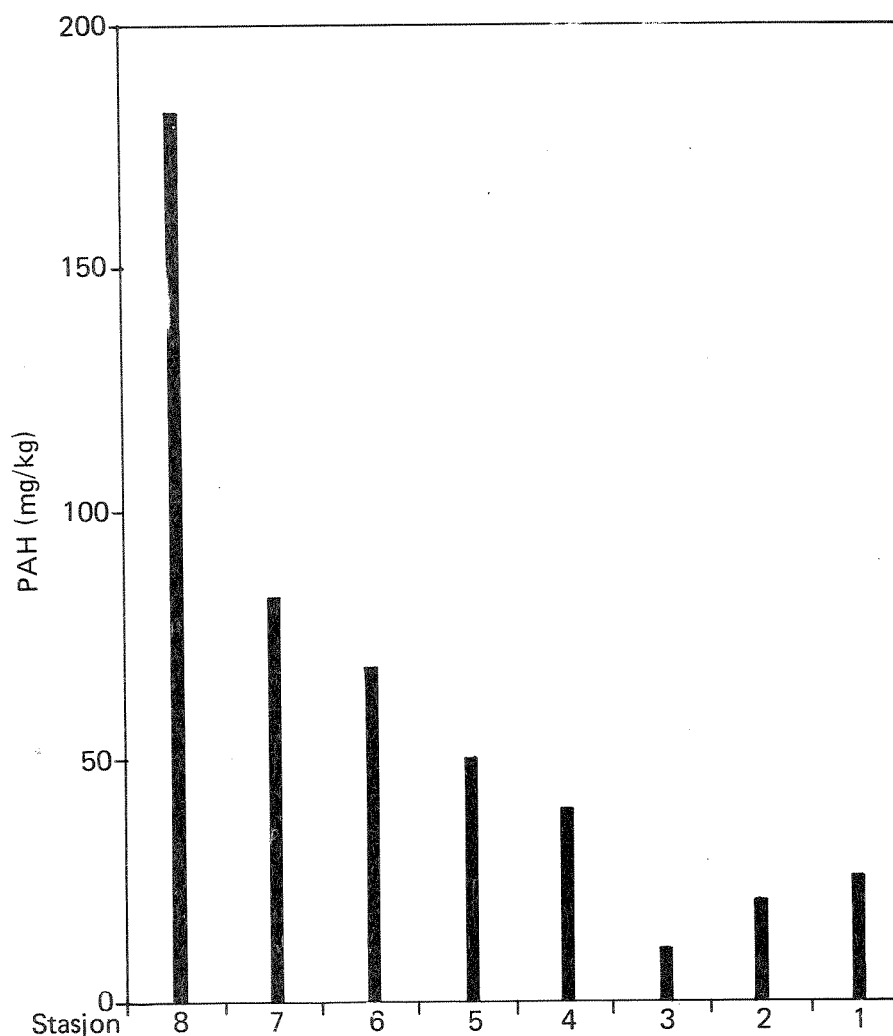


Fig. 4. PAH i overflatesedimenter (0-1 cm) i Vefsnfjorden, mg/kg tørrvekt.

Betrakter vi den vertikale fordelingen av PAH på stasjonen nærmest kilden (stasjon 8) er det en tendens til høyere nivåer i 2-3 cm sedimentdyp enn nær overflaten. Sedimenttilveksten så nær utslippet er ikke kjent, så det er ikke mulig å fastslå hva de øvre 3 cm representerer i form av tid. Variasjonene kan derfor reflektere kortvarige fluktuasjoner i utslippsmengdene. På stasjon 6 derimot er sedimenttilveksten tidligere målt til  $2 \text{ mm år}^{-1}$ . Her ble det i de øverste 2 cm i 1978 målt ca 35 ppm PAH, mens det i perioden 1978-1984 er avsatt sedimenter med et PAH-innhold på 68 ppm. Dette er bortimot en dobling. Gjennomsnittsinholdet av PAH i sjiktet 1-3 cm som noenlunde er sammenlignbart med de øvre 2 cm tatt i 1978 viser ca 49 ppm.

På stasjon 4 hvor sedimenttilveksten ble målt til  $1.7 \text{ mm år}^{-1}$ , representerer de øvre 1 cm ca 6 år. Her ble det målt 40 ppm i de øvre 0-1 cm i 1984, sammenlignet med 8 ppm i 1978, mao. en fem-dobling. De øvre 2 cm tatt i 1978 representerer sedimenter avsatt i perioden 1966-1978, slik at de relativt lave konsentrasjoner målt dengang sannsynligvis

reflekterer mindre PAH-utslipp på 60-tallet.

De PAH-komponentene som dominerer i sedimentene nær utslippet er benzo(b,j,k)-fluorantener, triphenylen/chrysen, benzo(e)pyren, 0-phenylenpyren, fluoranthen og fenantren. Av disse er det ingen som regnes som de sterkeste kreftfremkallende (kfr. fotnote til appendikstabell A7), selv om slike forbindelser også finnes i prøvene. Se forøvrig kap. 3.2 om PAH-sammensetningen i sediment sammenlignet med i avløpsvann og skjell. Sedimentenes PAH-profil (prosentvise sammensetning mht. til ulike forbindelser) synes ikke vesentlig endret siden 1978 (Kirkerud et al. 1981).

#### 4.3.5 Transport og sedimentering av fluor og PAH

-----

Bare en liten del (< 4%) av de mengder som slippes ut av fluor og PAH fra aluminiumsverket avsetter seg på bunnen innenfor Alterneset. Resten transporteres ut i ytre deler av Vefsnfjorden, eventuelt tilstøtende fjorder.

Konsentrasjonene av forurensede stoffer i sedimenter kan vanskelig gi informasjon om transporten av forurensning til sedimentet. Konsentrasjonen vil bl.a. være avhengig av fortynningen med naturlige sedimenter. For å kunne beregne hvor store mengder av et stoff som sedimenterer pr. tidsenhet, må vi ta i betraktning sedimenttilveksten.

Det er av stor betydning å få gjort overslag over hvor mye som avsettes i sedimentene av et stoff i løpet av et år og innenfor et bestemt areal. Dette kan brukes direkte i sammenligning med utslippstall fra en forurensningskilde.

Det er gjort forsøk på å beregne hvor mye fluor og PAH som avsettes årlig innenfor Alterneset. En slik beregning er beheftet med tildels store usikkerheter:

- (i) Få stasjoner (5), med tildels store konsentrasjonsforskjeller.
- (ii) Usikkerhet omkring størrelsen på arealet av bunnen hvor sedimentering skjer.

De antagelser som ligger bak beregningene er som følger:

1. Arealet av området sør for Alterneset er satt til  $7 \text{ km}^2$  (fjordoverflatens areal er planimetrert til  $6.84 \text{ km}^2$ ).

2. Det er gjort både minimumsanslag og maksimumsanslag mht. konsentrasjon i sedimentene. Dvs. at både laveste, høyeste og middelkonsentrasjonene i de øvre 1 cm av sedimentet er brukt.
3. Det er forutsatt at årsutslippet (partikulært og løst) av fluor og PAH er henholdsvis 1700 tonn og 10 tonn (minimumsanslag).
4. Det er forutsatt at bakgrunnsnivået for fluor i sedimentene er 0.05% og for PAH 0.5 ppm.
5. Sedimenttilveksten er satt gjennomsnittlig til  $2 \text{ mm år}^{-1}$  og sedimentets vanninnhold til 60 vektprosent.

Tabell 5. Beregninger av transport av fluor og PAH til sedimentene i indre Vefsnfjord (sør for Alterneset).

A = Konsentrasjon av stoff i de øvre 0-1 cm (ppm). B = A korrigert for bakgrunnsnivå av vedkommende stoff (ppm). C = Mengde avsatt i sedimentet sør for Alterneset i løpet av et år (kg). D = Prosent stoff gjenfunnet i sedimentet relativt til utslipp.

	A	B	C	D
<u>Fluor</u>				
Min.	904	404	2.986	0.2
Maks	2.129	1.629	12.042	0.7
Middel	1.224	724	5.353	0.3
<u>PAH</u>				
Min.	40.125	39.625	293	3
Maks	182.902	182.402	1.348	13
Middel	85.813	85.313	631	6

Det fremgår av tabell 5 at for fluors vedkommende sedimenterer mindre enn 1% av utslippet innenfor Alterneset. Det skyldes trolig at fluor i stor grad er tilstede i løst form i avløpsvannet. PAH derimot er kjent for sin partikkelaffinitet og det var overraskende at mindre enn 10% av PAH-utslippet kan gjenfinnes i sedimentene innenfor Alterneset. Årsaken må være at PAH i stor grad er knyttet til fine støvpartikler som meget lett holder seg svevende i vannmassene.



## 5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER OG MOMENTER VEDRØRENDE OVERVÅKING.

Ut fra de gjengitte resultater kan senere sedimentundersøkelser innskrenkes til å omfatte PAH og eventuelt fluorid, idet metallforurensning ikke synes å være noe problem i Vefsnfjorden.

Trendovervåkingen av PAH i blåskjell behøver ikke omfatte mer enn en størrelseskategori, fortrinnsvis 4-6 cm, (om nødvendig ut fra sparsom forekomst kan blandprøver også omfatte blåskjell av mindre størrelse).

Hvis det anses å ha noen hensikt å få frem avstandsgradienten i PAH-belastningen, må stasjonsnett for blåskjell utvides til å omfatte minst en stasjon innenfor Alterneset (fig. 1), og en lokalitet mellom Alterneset og fjordmunningen. Ut fra ferskvannets fordeling i fjorden vil det sannsynligvis være mest tjenelig å ha stasjonene på fjordens øst- og nordside.

Overvåking av blåskjell og tangs fluorinnhold synes lite aktuelt annet enn innenfor Alterneset, og observasjoner av metallinnhold i blåskjell kan sløyfes. Ut fra de tilfeller av PAH-forurensning i fisk fra andre fjorder som er referert i kap. 3.1, er det aktuelt med PAH-analyser av flyndrearter og eventuelt fjordtorsk fra innerste del av fjorden. Også reker eller andre krepsedyr fra områder med PAH-forurenset sediment bør analyseres.

Videre bør det vurderes å foreta orienterende analyser på innhold av klororganiske forbindelser (særlig PCB) i sedimenter, fisk og muslinger. Erfaringsmessig er det en viss tilførsel av slike stoffer fra industrialiserte områder.

## 6. LITTERATUR

- Berglind, L. og Gjessing, E. (1980). Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster. NIVA-rapport A3-25, 25.3. 1980. 48 s.
- Bjørseth, A., Knutzen, J. og Skei, J. (1979). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels from Saudafjord, W. Norway, by glass capillary gas chromatography. *Sci. Total. Environ.* 13: 71-86.
- Kirkerud, L., Haugen, I., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J., Rygg, B. og Skei, J. (1981). Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumsverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980. NIVA-rapport O-76149 (I). 175 s.
- Knutzen, J. (1983a). Supplerende basisundersøkelse i Sørfjorden (Hardanger) 1981-1982. Metaller, PAH og fluor i organismer (med tillegg av eldre data om PAH i sedimenter). Rapport 114/83 i Statlig program for forurensningsovervåking 12/12 1983, 43 s.
- Knutzen, J. (1983b). Blåskjell som metallindikator. (The common mussel Mytilus edulis as a metal indicator). *VANN* 1(1983): 24-33. Engl. summary.
- Knutzen, J. (1984). Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Miljøgifter i organismer 1980-1981. Rapport 122/84 i Statlig program for forurensningsovervåking 25/3 1984, 38 s.
- Knutzen, J. (1985). Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1983-1984. Rapport 68019 VII fra Norsk institutt for vannforskning 6/8 1985, 25 s.
- Knutzen, J. (1986). Undersøkelser i Fedafjorden 1984-85. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport innen Statlig program for forurensningsovervåking 18/2 1986, 39 s.
- Knutzen, J. og Kvalvågnæs, K. (1982). Innledende basisundersøkelse i Stavfjorden 1981. Referansenivåer av klororganiske forbindelser, metaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), i organismer. Rapport 33/82 i Statlig program for forurensningsovervåking 18/6 1982, 18 s.

Knutzen, J. og Sortland, B. (1982). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. *Water Res.* 16(4): 421-428.

Knutzen, J., Martinsen, K. og Enger, B. (1986). Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 4. Miljøgifter i fisk og andre organismer. Rapport 220/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. 2/5 1986, 115 S.

Molvær, J., Knutzen, J., Haakstad, M. og Tangen, K. (1984). Basisundersøkelse i Glomfjord 1981-82. Delrapport II. Vannutskifting, vannkvalitet, miljøgifter i organismer og organismesamfunn på grunt vann. Rapport 128/84 i Statlig program for forurensningsovervåking 3/4 1984, 125 s.

Riley, J.P. (1961). *Anal. Chim. Acta* 25: 179.

## APPENDIKS

Tabell A1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Vefsnfjorden 1984, µg/kg tørrvekt.

PAH	Stasjon	2	2	2	2	3	4	4	4
		2-3cm	3-4cm	4-5cm	5-6cm	4-5cm	2-3cm	3-4cm	4-5cm
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyli									
Acenaftalen									
Acenaften									
4-Metylbi-fenyl									
Dibenzofuran									
Fluoren					34				
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren				56	48				
Dibenzothiophen			68	98	83				
Fenantren	1061	1064	1747	1250	552	1156	1441	1617	
Antracen	199	73	115	109		193		120	
Carbazole									
3-Metylphenantren									
2-Metylphenantren									
2-Metylantracen			1147	110	57			~150	
4,5-Metylfenantren								~160	
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren		195	295	273	159	200	341	180	
Fluoranten	11472	12606	13292	16434	8174	12372	10075	18600	
Pyren	5778	5377	5682	7288	3782	6773	8196	8700	
Benzo(a)fluoren	1633				735	1618	1953	647	
Benzo(b)fluoren	565	686	907	1759	400	820	891	349	
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten									
1-Metylpyren	619	503	709		335	749	868	802	
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***									
Benzo(a)antracen *	4379	3842	4410	5425	1696	4416	5600	4103	
Trifenylen/Chrysen *	10944	7927	8525	9245	4499	9780	12808	12342	
Benzo(b)fluoranten **	12026	11398	12660	12720	4057	10930	16371	12713	
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)	3740	~3500	~4200	~4000	2020	2678		2213	
Benzo(e)pyren *	8349	6971	6687	7283	2783	6603	9563	8276	
Benzo(a)pyren ***	2156	1146	1340	1162	386	1716	1774	498	
Perylen	311	511	437	380		320	298		
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	1491	554	735	2937	790	581	407	1108	
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	313	272	324	288		125			
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene	1875	967	888	723	300	565	581	652	
Anthanthrene									
Coronen					322	153	404	337	
4,5-Metylnapryren									
Sum	66911	58807	63217	71820	30821	61999	77654	73020	
Derav KPAH	~16200	~14400	~16300	~16000	~5500	~14100	~12700	~14300	
% KPAH	~25	~25	~26	~22	~18	~23	~16	~20	
% Torrstoff	17.7	16.5	16.4	17.0	17.0	18.8	18.5	17.9	

1)

KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub><sup>F</sup> og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH.

Tabell A2. Fluorid i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Vefsnfjorden 29/11 1984, mg/kg tørrvekt. Analysert ved Mosjøen Aluminiumsverk (M.A.) og SINTEF.

Laboratorium		
Stasjoner, størrelsesgr.	M.A.	SINTEF
St. 2, Alterneset, 3-4 cm	4.2	
" " , 4-5 cm	5.0	
" " , 5-6 cm	3.9	
St. 3, Presteneset, 2-3 cm	4.9	
" " , 3-4 cm	5.6	
" " , 4-5 cm	5.9	
St. 4, Remnes, 3-4 cm	4.1	4.1
" " , 4-5 cm	5.7	4.9

Tabell A3. Fluorid i grisetang (*Ascophyllum nodosum*) fra Vefsnfjorden 1984, mg/kg tørrvekt. Analysert ved Mosjøen Aluminiumsverk (M.A.), SINTEF og Senter for industriforskning (SI).

Laboratorium	M.A.	SINTEF	SI
Stasjoner			
St. 1 Marsøra	11.4		12.0
St. 2 Alterneset	5.7	4.5	7.2
St. 3 Presteneset	6.6		7.5
St. 4 Remnes	7.9		7.7

Tabell A4. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Vefsnfjorden november 1984. mg/kg tørrvekt. (Analysert ved NIVA).

Stasjoner, størrelsesgr.	Kvikksølv	Kadmium	Krom	Kobber	Bly	Nikkel
St. 2 Alterneset, 4-5 cm	0.15	0.9	0.4	4.1	1.4	<2
St. 3 Presteneset, 4-5 cm	0.11	1.3	1.0	2.1	1.8	<2
St. 4 Remnes, 4-5 cm	0.15	1.6	1.8	4.0	1.9	<2

TABELL A5. FLUOR I SEDIMENTER

St. 1	0.1 cm	1176.1 mg F/kg	
1	1-2 "	888.3	"
1	2-3 "	1036.3	"
2	0-1 "	979.1	"
2	1-2 "	1104.4	"
2	2-3 "	1110.7	"
3	0-1 "	915.8	"
3	1-2 "	895.2	"
3	2-3 "	903.6	"
4	0-1 "	799.1	"
4	1-2 "	799.1	"
4	2-3 "	905.0	"
5	0-1 "	1070.9	"
5	1-2 "	987.9	"
5	2-3 "	951.3	"
6	0-1 "	1011.3	"
6	1-2 "	1073.3	"
6	2-3 "	731.1	"
7	0-1 "	1004.8	"
7	1-2 "	690.0	"
7	2-3 "	739.8	"
8	0-1 "	2129.6	"
8	1-2 "	1880.3	"
8	2-3 "	1740.3	"

TABELL A6. KVIKKSØLV I SEDIMENTER.

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	Hg / $\mu$ g/g)
1	0-1	<0.05
2	0-1	<0.05
3	0-1	0.08
	1-2	<0.05
	2-3	<0.05
	3-4	<0.05
	4-5	<0.05
4	0-1	<0.05
5	0-1	<0.05
6	0-1	<0.05
	1-2	<0.05
	2-3	<0.05
	3-4	<0.05
	4-5	0.06
	5-6	<0.05
	6-7	<0.05
	7-8	<0.05
	8-9	<0.05
	9-10	<0.05
7	0-1	<0.05
8	0-1	<0.05

TABELL A7. PAH I SEDIMENTER, MG/KG TØRT SEDIMENT

mg

PAH	MOS 1	MOS 1	MOS 1	MOS 2	MOS 2	MOS 2	MOS 3	MOS 3
	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2
Naftalen					35		52	
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyli								
Acenaftylen								
Acenaften	35		47		71	73	62	50
4-Metylbifenyli								
Dibenzofuran	170	69	41		44	46	44	
Fluoren	331	62	75		70	66	87	66
9-Metylfuoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfuoren	72							
1-Metylfuoren								
Dibenzothiophen	316	67	61		51	57	69	
Fenantren	6204	448	565	927	785	1050	802	627
Antracen	1372	100	103	156	159	233	189	127
Carbazole								
3-Metylfenantren								
2-Metylfenantren								
2-Metylantracen					41	59		
4,5-Metylfenantren	752	197	36		107	59	44	
4- og/eller 9-Metylfenantren								
1-Metylfenantren		122			70			
Fluoranten	3712	719	992	1587	1568	1378	836	714
Pyren	2887	623	785	1285	1202	1015	707	619
Benzo(a)fluoren	164	121	143		233	199		106
Benzo(b)fluoren	177	125	136	208	216	188	167	23
4-Metylpyren								
2-Metylpyren og/eller Metylfuoranten								
1-Metylpyren		40	49		74		44	41
Benzo(ghi)fluoranten								
Benzo(c)fenantren ***			68		90			
Benzo(a)antracen *	635	608	612	995	1085	883	558	529
Trifenylen/Chrysen *	1530	1503	1594	2757	2992	2652	1097	1055
Benzo(b)fluoranten **	1906	1682	2650	3857	4161	3455	1497	1555
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)	702	557	cr. 880	1285	903	1238	599	656
Benzo(e)pyren *	1107	1474	1520	2084	2710	1927	963	981
Benzo(a)pyren ***	749	687	763	1077	1239	1173	706	734
Perylen	138	225	203	284	330	244	176	198
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	1135	941	1171	2041	1982	1921	946	1059
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	319	266	288	600	524	594	274	310
Picen								
Benzo(g,h,i)perylene	1215	929	1219	2142	2034	2103	962	1122
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	25851	11595	14001	21255	22782	20613	10881	10659
Derav KPAH	~ 3300	~ 2900	~ 4200	~ 6200	~ 6500	~ 6600	~ 2800	~ 2900
% KPAH	~ 13	~ 25	~ 30	~ 29	~ 28	~ 31	~ 26	~ 27
± Torrstoff								

1)

KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub>F og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluorantener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH



mg

PAH	MOS 3 2-3	MOS 4 0-1	MOS 4 1-2	MOS 4 2-3	MOS 5 0-1	MOS 5 1-2	MOS 5 2-3	MOS 6 0-1
Naftalen	26		38	33				
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen				20				
Bifenyli								
Acenaften	44		90	67	83	100		56
4-Metylbifenyli								
Dibenzofuran	39			25				
Fluoren	74		81	74	102	151		95
9-Metylfuoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfuoren								
1-Metylfuoren								
Dibenzothiophen	26	48	111	58	84	136		92
Fenantren	494	936	907	670	1471	1804	1231	3070
Antracen	106	163	185	136	250	326	183	482
Carbazole								
3-Metylfenantren								
2-Metylfenantren								
2-Metylantracen	26	45	43	31		91		153
4,5-Metylfenantren	74	101	132	52	95	213		290
4- og/eller 9-Metylfenantren								
1-Metylfenantren	35	107	60	22	91	152		427
Fluoranten	935	2600	1506	1629	3487	5007	4533	10352
Pyren	754	2010	1235	1171	2278	3024	2469	5450
Benzo(a)fluoren	80	318	251		609	863		1383
Benzo(b)fluoren	121	525	326	204	398	596	(2) 790	1074
4-Metylpyn								
2-Metylpyn og/eller Metylfuoranten								
1-Metylpyn	30	131	88	68	162	236	188	354
Benzo(ghi)fluoranten								
Benzo(c)fenantren ***	48							
Benzo(a)antracen *	529	1971	1249	1076	2499	3352	2673	3721
Trifenylen/Chrysen *	1066	5724	3656	2773	2192	10644	7671	10970
Benzo(b)fluoranten **	2173	9655	6583	6118	12011	15414	13540	13415
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)	ca. 720							
Benzo(e)pyren *	1253	5107	3935	3720	5890	7626	7826	6734
Benzo(a)pyren ***	617	2172	1325	1094	2365	3208	2674	2472
Perylen	181	547	410	383	673	932	517	780
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	881	3290	2144	2510	3882	4073	3700	3024
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	239	1114	534	ca. 625	1073	1231	1248	896
Picen								
Benzo(g,h,i)perylene	918	3511	2171	1954	3704	4173	3836	2856
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	11489	40125	27320	24723	49569	63522	53379	68197
Derav KPAH	~ 3400	~ 9700	~ 6206	~ 3800	~ 11400	~ 14800	~ 12700	~ 12300
% KPAH	~ 30	~ 22	~ 23	~ 16	~ 23	~ 23	~ 24	~ 18
± Torrstoff								

1)

KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranthren og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub><sup>F</sup> og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

MG

PAH	MOS 6	MOS 6	MOS 7	MOS 7	MOS 7	MOS 8	MOS 8	MOS 8
	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3	0-1	1-2	2-3
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyli								
Acenaftyli								
Acenaften	132					574	1359	1622
4-Metyl bifenyli								
Dibenzofuran							789	900
Fluoren	203					676	1624	1535
9-Metylfluoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren							183	162
1-Metylfluoren								102
Dibenzothiophen	245					573	1309	1129
Fenantren	4673	439	1253	1153	1290	10432	16322	13917
Antracen	783	156	235	167	233	1876	3470	2721
Carbazole								
3-Metylphenantren								
2-Metylphenantren								
2-Metylantracen	105		57			452	473	
4,5-Metylfenantren	413			95		1327	1556	
4- og/eller 9-Metylphenantren								
1-Metylphenantren	409		30	119	132	689	764	
Fluoranten	14704	3223	444	4688	6773	12959	16251	17725
Pyren	8022	1567	2324	2825	3566	9649	11745	12376
Benzo(a)fluoren		411	1034	660	863	2723	3531	2812
Benzo(b)fluoren	1645	276	827	384	766	2786	2767	2747
4-Metylpyren								
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten								
1-Metylpyren	479	114	243	204	286	581	753	793
Benzo(ghi)fluoranten								
Benzo(c)fenantren ***		108	234		182	558		
Benzo(a)antracen *	4132	1190	4150	2145	3527	9232	11657	11058
Trifenylen/Chrysen *	11277	3582	14250	6407	10439	25123	26771	26220
Benzo(b)fluoranten **	13638	4512	23039	7128	15462	40716	32302	46213
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)				2354			7334	
Benzo(e)pyren *	6715	1722	12020	2022	8253	21789	20557	25147
Benzo(a)pyren ***	2989	791	3265	1891	3195	9979	12340	12208
Perylen	899		1000	416	829	2202	5223	3796
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	3258	1114	5686	2212	4064	13672	12291	13421
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	999	351	1750	720	1600	2915	3475	4212
Picen								
Benzo(g,h,i)perylene	3440	1125	5330	2295	4504	12470	12713	12547
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	79166	20687	82272	40921	67056	182902	207259	213547
Derav KPAH	~13000	~4200	~20000	~10800	~15300	~39700	~51800	~47200
% KPAH	~ 16	~ 21	~ 24	~ 26	~ 23	~ 22	~ 25	~ 22
% Torrstoff								

1)

KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub>F og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluorantener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH