

O-
85165

O-85165

Undersøkelser i SØRFJORDEN
1985 i forbindelse med
PAH-utslipp fra Odda Smelteverk

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.:	0-85165
Undernummer:	
Løpnummer:	1846
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Undersøkelser i Sørfjorden i forbindelse med PAH-utslipp fra Odda Smelteverk A/S	Dato: 6. mai 1986
	Prosjektnummer: 0-85165
Forfatter (e): Knut Kvalvågnæs Lasse Berglind Jon Knutzen	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 27

Oppdragsgiver: Odda Smelteverk A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------------	----------------------------------

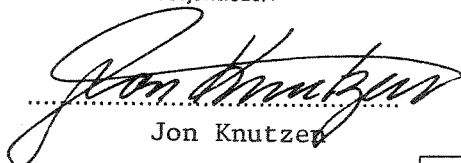
Ekstrakt:

Analyser av avløpsvann fra Odda Smelteverk A/S i oktober og desember 1985 tyder på utslipp av i størrelsesordenen 10-20 tonn PAH pr. år. 5-10 % av dette er potensielt kreftfremkallende stoffer. Pga. utslipp på dypt vann og PAHs hovedsakelige tilknytning til partikler, synes mesteparten av avfallet å avleires i de indre par km av fjorden. Foreløpige utslag på PAH-innholdet i blåskjell har vært moderat og vesentlig begrenset til området nær Odda. Det anbefales fortsatt avløpsvannanalyser for å klarlegge hvilke delprosesser som er viktige kilder, og overvåking av PAH-innhold i bunnfisk og blåskjell.

4 emneord, norske:
1. Forurensning
2. PAH
3. Sedimenter
4. Blåskjell

4 emneord, engelske:
1. Pollution
2. PAH
3. Sediments
4. Blue mussels

Prosjektleder:


Jon Knutzen

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN 82-577-1054-7

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-85165

UNDERSØKELSER I SØRFJORDEN I FORBINDELSE MED PAH-UTSLIPP
FRA ODDA SMELTEVERK A/S

Oslo, 6. mai 1986

Prosjektleder: Knut Kvalvågnæs
(inntil 1/3-86)
Medarbeidere: Lasse Berglind
Jon Knutzen

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
<i>FORORD</i>	3
1. <i>SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER</i>	4
2. <i>BAKGRUNN OG FORMÅL</i>	6
3. <i>PRØVETAKING AV AVLØPSVANN</i>	6
4. <i>RESIPIENTUNDERSØKELSEN</i>	7
5. <i>RESULTATER AV DEN VISUELLE INSPEKSJONEN</i>	9
6. <i>FØRHOLD VEDRØRENDE UTSLIPPET</i>	11
7. <i>ANALYSERESULTATER</i>	12
8. <i>KOMMENTARER TIL RESULTATENE</i>	12
8.1 Avløpsvannets sammensetning	12
8.2 Sedimentenes PAH-innhold	14
8.3 PAH i blåskjell	15
9. <i>LITTERATURHENVISNINGER</i>	17

FIGURFORTEGNELSE

Figur 1. Stasjoner for prøvetaking av sedimenter og blåskjell i Sjørfjorden 23. og 24. oktober 1985	8
Figur 2. Sedimentstasjoner i Sjørfjorden og Hardangerfjorden april 1985 (Skei og medarb. 1986)	10

TABELLFORTEGNELSE (VEDLEGGSTABELLER)

Tabell 1. Totalnitrogen i utslipp fra Odda Smelteverk A/S og i overflateprøver fra Sjørfjorden.	19
Tabell 2. PAH i stikkprøver av avløp fra venturivasker og totalavløpsvann tatt 24/10-85	20
Tabell 3. PAH i avløpsvann fra venturivasker 11-21. desember 1985.	21
Tabell 4. PAH i totalavløp til resipient 11-21 desember 1985	22
Tabell 5. PAH i sedimenter i indre del av Sjørfjorden 23. oktober 1985.	23
Tabell 6. PAH i materiale fra sedimentfeller fra Kvalnes i Sjørfjorden	24
Tabell 7. PAH i sedimenter i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 3. mai 1985.	25
Tabell 8. PAH i blåskjell fra Sjørfjorden 24. oktober 1985	26

F O R O R D

Foreliggende undersøkelse er foretatt på oppdrag fra Odda Smelteverk A/S basert på instituttets programforslag (brev av 14/10 med vedlegg).

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært laboratoriesjef J. Erdal, som takkes for samarbeidet.

Takk rettes også til Arvid Nistad, eier og skipper på båt benyttet ved dykkerbefaring og innsamling av blåskjell.

Ved instituttet har K. Kvalvågnes vært prosjektleder inntil 1. mars og har sammen med L. Berglind stått for bedriftsbefaring, feltarbeid og underlag til rapport. L. Berglind har også vært ansvarlig for PAH-analysene.

Oslo, 6. mai 1986

Jon Knutzen

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I Formålet med den foreliggende undersøkelse har primært vært:
- å tilveiebringe pålitelige prøver for analyse av PAH i avløpsvann fra Odda Smelteverk A/S og beregne belastningens størrelse.
 - analysere skjell og bunnavløringer på innhold av PAH med henblikk på å belyse utslippets influensområde (stasjonsnett fig. 1-2).
- I tilknytning til prøveinnsamlingene er det foretatt en strandbefaring og notert hovedtrekk i gruntvanns-samfunnets sammensetning.
- II Bedømt etter analyse av en stikkprøve i oktober 1985 og 3 døgnblandprøver i desember samme år, kan PAH-utslippet fra smelteverket anslås til omkring 15 (10-20) tonn pr. år, derav 5-10 % potensielt kreftfremkallende forbindelser.
- III Hovedkilden for PAH synes å være gassvaskingen av røyken fra bedriftens ovn nr. 3, men analysene av totalavløpet tyder på at det også kommer betydelige mengder PAH fra andre prosesser.
- IV Økningen i bedriftens PAH-utslipp antas å ha sammenheng med en prosessendring som ble iverksatt våren 1983
- V Studiene av sedimenters og blåskjells PAH-innhold tyder foreløpig på at PAH-utslippets influensområde vesentlig er begrenset til bunnen nær Odda. Her er det observert overkonsentrasjoner i sedimentene - jevnført med "normalverdier" - i størrelsesordenen 100 - 1000 ganger. I sedimentene er det også konstatert en relativ anrikning på de mest tungtløselige PAH, herunder potensielt kreftfremkallende forbindelser. Disse forbindelsers andel av total-PAH i bunnavløringer var 20-30 % (mot 5-10 % i avløpsvann).
- VI Konsentrasjonene av PAH i blåskjell fra en lokalitet mindre enn 1 km fra utslippet var moderat forhøyet, dvs. omkring 10 ganger antatt bakgrunnsverdi i bare diffust belastede områder. Omkring 15 km lenger ut lå nivået på omkring 2 ganger "normalverdien". Selv om dette viser en tydelig påvirkning, er det 1-2 størrelsesordener lavere konsentrasjoner enn observert i andre fjorder med tilsvarende stor belastning.

- VII I noe motsetning til sediment- og blåskjelldata, tydet relativt høye konsentrasjoner av PAH i materiale fra sedimentfeller på en viss transport utover i fjorden (men muligens vesentlig i midlere dyp).
- VIII De delvis reduserte marine samfunn observert ved strand- og dykkerbefaringen samsvarer med hovedtrekkene i tidligere observasjoner. Disse forringelser i marin flora og fauna, som er særlig tydelig innerst i fjorden, må ses som et resultat av flere påkjenningsfaktorer, og kan ikke knyttes til PAH-utslippet isolert.
- IX Det anbefales ytterligere analyser av avløpsvann med henblikk på nøyere tallfesting av belastningens størrelse, samt overvåking av PAH i bunnfisk nær utslippet. Også PAH i blåskjell bør overvåkes inntil man kan være mer trygg på at utslippet har begrenset innflytelse på PAH-innholdet i skjell utover i fjorden.

2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Analyser foretatt av avløpsvann fra Odda Smelteverk A/S har tidligere vist til dels sterkt varierende PAH-konsentrasjoner (forhold 1:5:50 ved tre analyser). De høyeste konsentrasjonene kunne indikere et uventet høyt utslipp av PAH, og det ble funnet påkrevet med nærmere undersøkelser. Dette hadde også sammenheng med at man ønsket å få nærmere belyst om og i hvilken grad en prosessomlegging ved bedriftens ovn 3 i 1983 kunne ha medført økt PAH-utslipp.

Forskjellen i analyseverdiene ble av bedriften antatt å ha sammenheng med et uheldig valgt uttakssted for vannprøvene. Prøvene ble tatt gjennom en inspeksjonsluke i kneet under venturivaskerne hvor kalkstøv og grafitt vaskes ut av ovnsgassen før den ledes inn i varmegjenvinningsanlegget.

For å vurdere de tekniske vanskeligheter forbundet med å få tak i vann som er representativt for de midlere forhold i totalavløpet, ble bedriften besøkt den 23. oktober 1985.

For å belyse utslippets influensområde er det samlet inn sedimentprøver og blåskjell til PAH-analyse. I sammenheng med blåskjellinnsamlingen er hovedtrekkene i strand- og gruntvannssamfunn notert.

3. PRØVETAKING AV AVLØPSVANN

Sted og opplegg for fremtidig prøveinnsamling, med sikte på om mulig å finne et egnet prøvetakingssted for avløpsvannet, ble gitt høy prioritet. Prøvetakingsstedet må være slik plassert at det best mulig representerer de totale mengdene av stoffer som går til resipient. Dessuten må man kunne ta ut representative prøver uten feilinnvirkning p.g.a. oppstuvning, sedimentering eller flotasjon.

Vannets gang ble fulgt gjennom bedriften fra venturivaskerne og til pumpehuset på kaia, hvorfra utslippet ledes ut i Sørfjorden i en plastledning som ender ca. 260 m fra land på ca. 20 m dyp. To mulige prøvetakingsteder ble funnet, ett etter venturivaskeren for ovn 3 og ett kort etter at samtlige avløp som går i samleledningen er ledet innpå. Dette foregår i en blandetank hvor avløpet fra dicyandiamidproduksjonen og venturivaskeren føres sammen. Mellom blandetanken og utslippet tilføres intet. Ved befaringen ble det tatt stikkprøver etter venturivaskerne og etter tilløpet fra dicyandiamidproduksjonen (totalavløpet).

For å gardere mot at periodiske fluktuasjoner i avløpsvannets sammensetning skulle kunne få innvirkning på analyseresultatene, ble det senere innstallert automatiske blandprøvetakere. I tidsrommet 11.-21. desember 1985 ble det foretatt automatisk prøvetaking av avløpsvann fra venturivasker ved ovn 3, som antas å være den viktigste kilden til PAH ved bedriften. Samtidig ble det utført tilsvarende prøvetaking ved totalavløpsvannet som går til resipient. Dette vannet består av gassvaskevannet fra venturivaskeren og avløpsvannet fra dicyandiamidproduksjonen.

Mengden av avløpsvann må registreres for å kunne beregne utslippsmengdene til resipient. Slikt måleutstyr er installert på totalavløpet.

4. RESIPIENTUNDERSØKELSEN.

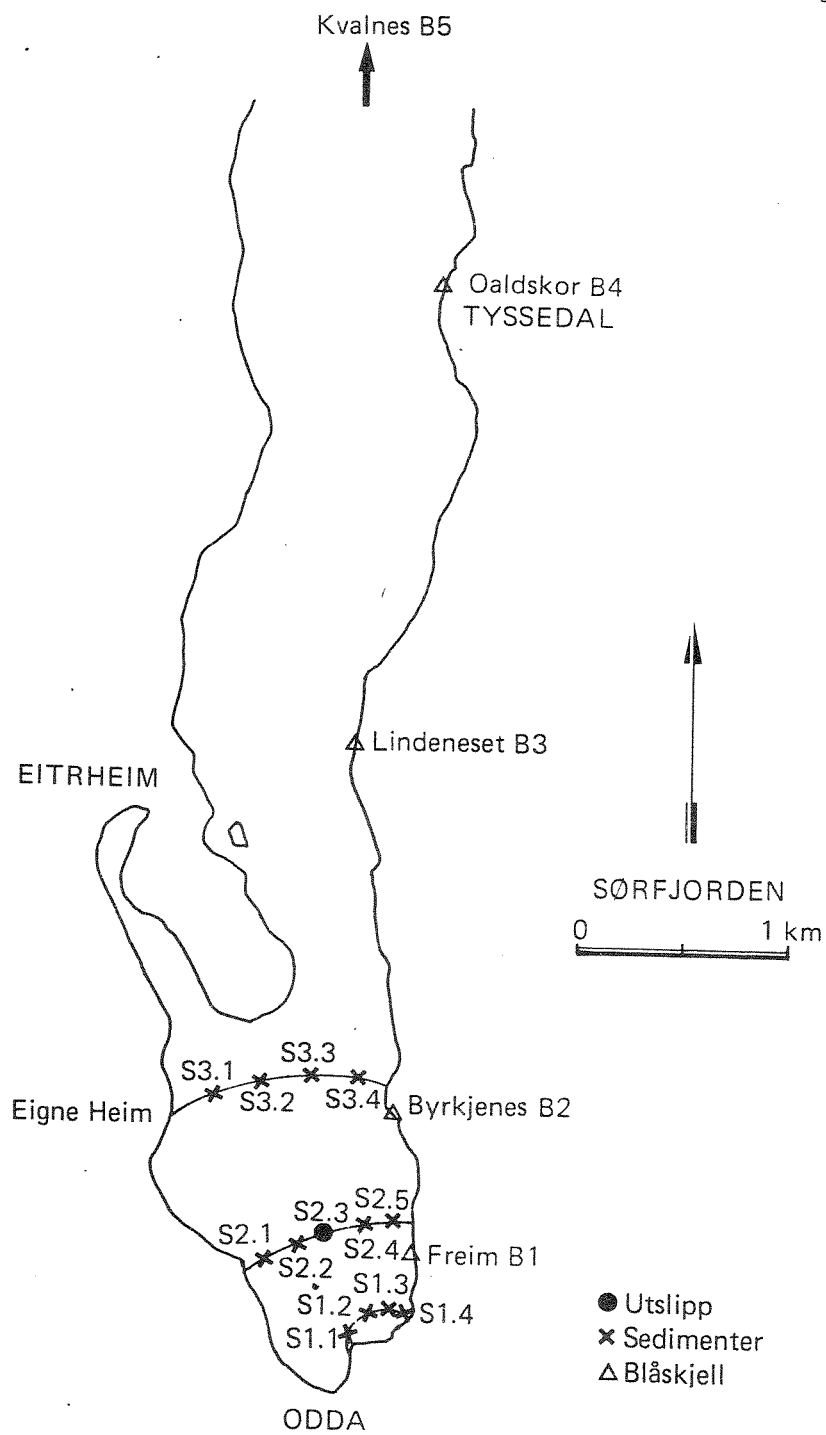
Med den sterke og varierte forurensningsbelastning i indre del av Sørfjorden, er det ikke mulig å isolere effekten av PAH-utslippet på fjordens organismsamfunn. Det ble vurdert formålstjenlig å observere nærsoneeffekter på bunnen og strendene nær utslippstedet.

Til sedimentprøvetakingen og strandbefaringen i indre basseng ble det benyttet en 14 fots plastbåt med påhengsmotor, utlånt av bedriften. Til blåskjellinnsamlingen ble det benyttet et ombygget fiskefartøy med skipper Arvid Nistad som lokal medarbeider.

Avløpet fra bedriften ledes ut i en plastledning langs land på østsiden av fjorden i en lengde på vel én kilometer før det ledes ut til et punkt midtfjords og slippes ut på ca. 20 meters dyp.

Det ble samlet inn grabbprøver av sedimenter fra utslippets nærområde. Det ble tatt 13 grabbeskudd med Ekmangrabber (liten og lett opererbar med håndvinsj) fra nær utslippet og til et par kilometer utover, beliggende i tre halvsirkler med 4 grabbeskudd i hver, pluss ett grabbeskudd så nær selve utslippet som mulig, se figur 1. De tre halvsirklene er gitt nummer S1 til S3, med halvsirkel S2 gjennom utslippsstedet. Prøvene er nummerert fra vest til øst innen hver halvsirkel. Grabbep prøven fra utslippet har således nummer S2-3. I tillegg til sedimentprøvene, ble slam fra 4 sedimentfeller som har stått i Sørfjorden utenfor Kvalnes analysert med hensyn til PAH. Fellene har stått på 20, 30 og 250 meters dyp.

Fig. 1



Figur 1. Stasjoner for prøvetaking av sedimenter og blåskjell i Sjørfjorden 23. og 24. oktober 1985.

Utover eventuelle nærsoneeffekter, vil PAH-effektene etter all sannsynlighet begrense seg til forhøyete konsentrasjoner i sedimenter og organismer med manglende eller bare svak evne til omsetning og utskillelse av denne stoffgruppen. Erfaringer fra andre fjorder med PAH-utslipp i den aktuelle størrelsesorden viser at f.eks. blåskjell kan inneholde betenkelig høye konsentrasjoner 10-15 km fra kilden.

Blåskjellprøvene ble tatt torsdag 24. oktober ved dykking. Det ble samlet blåskjell fra følgende steder: B1 Freim, B2 Byrkjenes, B3 Lindeneset, B4 Oaldskor og B5 Kvalnes, se figur 1. I tillegg ble det dykket ved Tyssedal, men fordi det ikke ble funnet blåskjell der, ble denne stasjonen flyttet til Oaldskor. Alle stasjonene ligger på østsiden av Sørfjorden. Samtidig med blåskjellinnsamlingen ble det foretatt en visuell inspeksjon av bunnforholdene på grunt vann.

Hver blåskjellprøve bestod av 50 skjell. Skjellene var gjennomgående små, bare 5-30 mm, de fleste mindre enn 20 mm. I tillegg til prøvene til PAH-analyse, er en tilsvarende prøve fra hvert sted oppbevart frossen på NIVA til desember 1986, om det senere skulle vise seg ønskelig å analysere på andre parametre.

5. RESULTATER AV DEN VISUELLE INSPEKSJONEN.

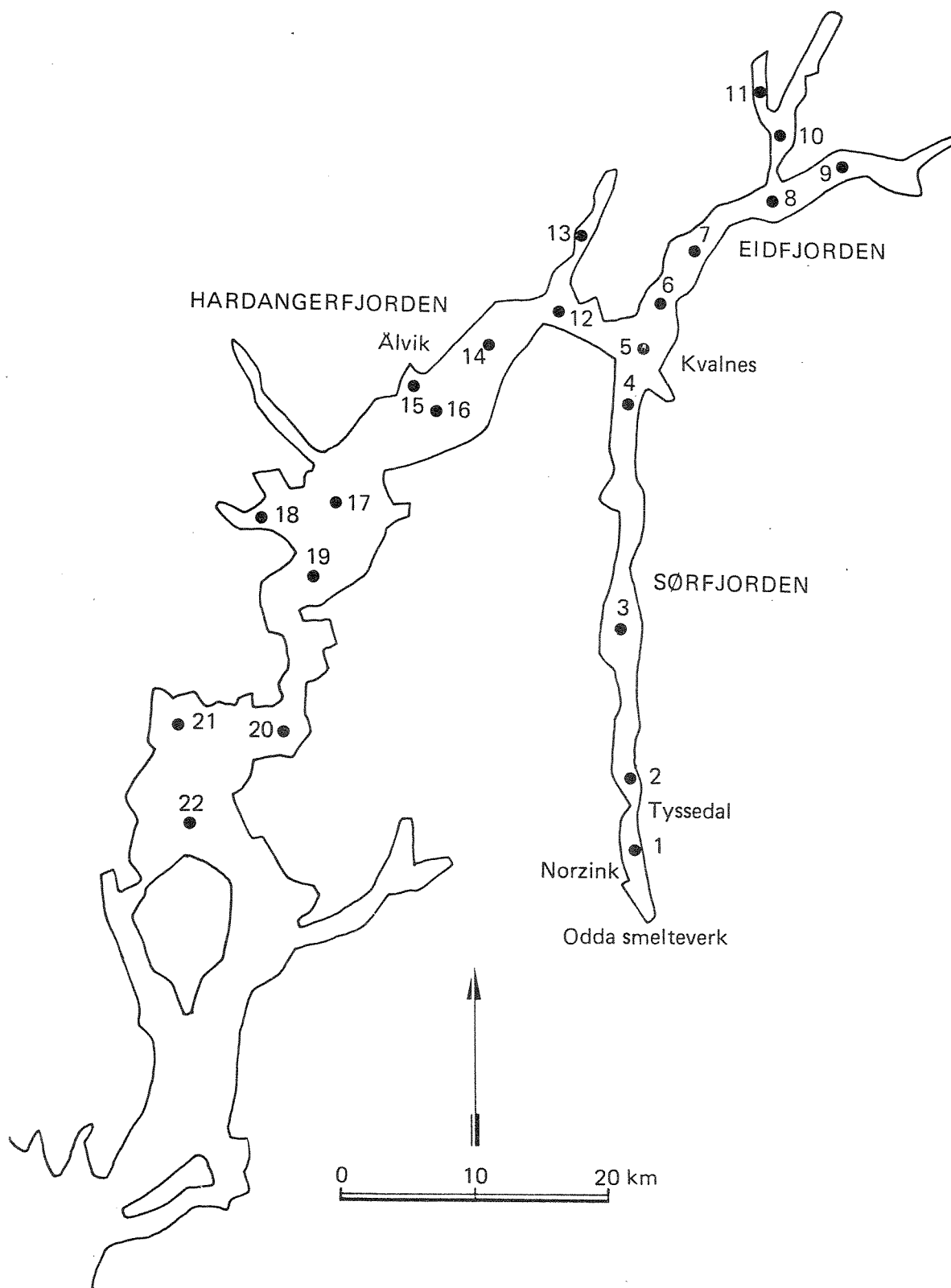
Stranden langs hele indre del av Sørfjorden mellom Eigne Heim og Byrkjenes var dekket med et tynt, svart belegg. Sandstranden på Byrkjenes badeplass viste svarte striper i sanden. Videre utenfor Byrkjenes var det ingen synlig påvirkning i strandsonen. Innenfor Eigne Heim i Eitrheimsvågen var belegget mer brunlig, tildels orange i indre delen ved Norzink.

Grisetang ble ikke observert innenfor Byrkjenes, hvor den ble funnet sparsomt. Blåretang ble derimot funnet på østsiden av fjorden forbi Freim og helt inn mot kloakkutslippene like øst for bedriftens kai. Det var likevel tarmgrønske og blågrønnalger som dominerte algefloraen i fjordens indre del.

Ved dykkingen ble følgende funnet:

B1 Freim: Tette matter av blåskjell av moderat størrelse, 1,5-2,5 cm fra 3 til 15 meter. Fravær av skjellspisende rovformer som f.eks. sjøstjerner. Skjellene var kraftig nedslammet av svart slam. Også

Fig. 2



Figur 2. Sedimentstasjoner i Sør fjorden og Hardangerfjorden, april 1985. (Skei og medarb. 1986, PAH-analyser fra st. 3, 4, 7, 15, 17). Stasjoner fra Statlig program for forurensningsovervåking.

bunnen var fullstendig nedslammet av svart slam. Det var ingen H_2S -lukt av sedimentet, og blåskjellene var tilsynelatende i god vekst. Imidlertid manglet større og eldre skjell.

B2 Byrkjenes: Tette matter av blåskjell av moderat størrelse, 1,5-2,5 cm fra 2,5 til 11 meter. Fravær av skjellspisende rovformer. Skjellene kraftig nedslammet av svart slam. Ingen H_2S -lukt. Blåskjellene var tilsynelatende i god vekst. Fravær av større og eldre skjell.

B3 Lindeneset: Mindre tette matter av blåskjell, 1,5-2 cm fra 2,5 til 11 meter. Fravær av skjellspisende rovformer. Skjellene kraftig nedslammet av gulbrunt slam. Ingen spesiell lukt.

Tyssedal, utenfor kraftverket: Ingen skjell ble funnet. Bunnen bestod av grus og større og mindre stein, hardbunn fra 5 meter. Blåretang og tarmgrønne i overflaten. Mye fast søppel, toalettpapir og ekskrementer. Sjøstjerner fra 5 meter. Noen få sjøpinnsvin (Strongylocentrotus droebachiensis).

B4 Oaldskor: Spredt og dårlig forekomst av svært små blåskjell, 0,5-1,5 cm fra 0 til 1 meter. Sjøstjerner fra 4 meter, sjøpinnsvin fra 5 meter. Ingen åpenbare tegn på nedslamming i de øvre fem meter.

B5 Kvalnes: Spredt forekomst av små blåskjell, 0,5-2 cm fra 0-1 meter. Sjøstjerner fra 3,5 meter, sjøpinnsvin (Strongylocentrotus) i masseforekomst ($> 50 \text{ pr.m}^2$) fra 4,5 meter. Videre nedover avtok tettheten av Strongylocentrotus raskt, og den andre vanlige arten (Echinus acutus) kommer inn fra 7 meter. Fra 7 meter fantes også 0-skjell. 0-skjell og Echinus dominerte faunaen ned til 30 meter. Sedimentet bestod av vanlig grått mudder. Ingen åpenbare tegn på nedslamming.

6. FORHOLD VEDRØRENDE UTSLIPPET

Bedriften opplyste at venturivaskeren benytter ferskvann, ikke sjøvann, som er kjent for å gi en bedre vaskeeffekt, men som samtidig medfører langt større begroings- og korrosjonsproblemer. Ved utslipp innerst i Sørfjorden, uten diffusor, vil ferskvannet stige mot overflaten opp mot brakkvannslaget som dekker de øvre 3-5 meter i fjorden, og spre seg utover. Dette kan forklare den store spredningen av avløpsslammet over den indre delen av fjorden. Bedriften opplyser at dypet ved utslippsstedet er ca. 40 meter, men selve utslippet er bøyset opp til ca. 20 meter.

7. ANALYSERESULTATER.

- A. Avløpsvann: Analyseresultatene på tot.N fra prøvetakingen 23. og 24. oktober er vist i tabell 1 i vedlegg. Tabell 2 viser PAH i stikkprøver av avløp fra venturivasker og totalavløp tatt 24/10-85. Tabell 3 viser analyseresultatene for 3 blandprøver fra automatprøvetakeren ved venturivaskeren fra ovn nr. 3. Tabell 4 viser analyseresultatene for 3 blandprøver fra automatprøvetakeren for totalutslippet til Sørfjorden.
- B. Sedimenter: Stasjonene for NIVAs sedimentprøvetaking med grabb 23. oktober er vist i fig. 2 og analyseresultatene er ført opp i tabell 5. Verdiene fra sedimentfelleprøvene er vist i tabell 6. Fig. 2 viser stasjonsplasseringen ved sedimenttokt i Sørfjorden og Hardangerfjorden april 1985 og tabell 7 viser analyseresultatene for PAH.
- C. Blåskjell: Prøvetakingsstasjonene for blåskjell tatt 24. oktober 1985 er vist i fig. 1, og analyseresultatene for PAH er ført opp i tabell 8.

8. KOMMENTARER TIL RESULTATENE.

8.1 Avløpsvannets sammensetning

Midlere innhold av PAH i 3 blandprøver av avløpet fra venturivaskeren i desember 1985 var 20859 µg/l (tabell 3), mens det i stikkprøven som ble tatt 24/10 1985 var 19582 µg/l (tabell 2). Middelveidien for suspendert tørrstoff (STS) var 4090 mg/l i perioden 11.-21. desember 1985, mens STS for stikkprøven tatt 24/10 1985 var 5840 mg/l. Det var følgelig relativt god overensstemmelse mellom stikkprøven fra oktober 1985 og middelveidien for prøvene fra desember samme år.

I totalutslippet til sjø (tabell 4) var middelveidien for PAH 26768 µg/l i perioden 11.-21. desember 1985, og dette var høyere enn for stikkprøven tatt i oktober 1985, da innholdet var 15866 µg/l. Det fremgår også at PAH-innholdet i totalutslippet var høyere enn i utslippet fra venturivaskerne. Dette er påfallende fordi:

- a: Venturivaskerne har vært ansett som hovedkilden for PAH.

b: Vannføringen øker fra ca. 50 m³/time etter venturivaskerne til ca. 70 m³/time i totalutslippet. (Vannføringstallene er basert på bedriftens opplysninger.)

Dette indikerer at ved prøvetakingen i desember må også en del av PAH-tilførselen ha kommet fra dicyandiamidutslippet, eller fra andre kilder.

Det kan også sees at STS-innholdet (i totalavløpet) ved desemberprøvetakingen i middel var hele 59655 mg/l (tabell 4), hvilket var langt høyere enn i utslippet fra venturivaskerne. Så høyt STS-innhold ble ikke observert i stikkprøven av totalavløpsvann fra oktober 1985 da STS bare var 3610 mg/l. Ifølge bedriften (brev av 18/4 1986) må det lave innhold av suspendert stoff i oktoberprøven skyldes at utslippet av kalsiumkarbonat fra dicyanamidfabrikken er diskontinuerlig. Oktoberprøven har således sannsynligvis bestått av avløpsvann fra venturivaskeren fortynnet med rent oppslemmingsvann fra filteret for kalsiumkarbonatavfall.

Ved prøvetakingen i desember 1985 var det midlere PAH-innholdet 26768 µg/l i utslippet til sjø, og av dette var i gjennomsnitt ca. 2176 µg/l eller omkring 8,1% carcinogene (kreftfremkallende) forbindelser. Det dreier seg benzo(a)pyrén, benzo(k)fluorantén og benzo(j)fluorantén.

PAH-konsentrasjonen i totalavløpsvannet var meget høyt sammenlignet med det som er vanlig for avløpsvann fra ferrolegeringsindustrien. Forklaringen kan være at karbon inngår både i elektrodemateriale og i satsningsmaterialet. Ovnstemperaturen er angitt å være noe høyere ved karbidfremstilling enn ved ferrolegeringsproduksjon. Om dette har betydning er imidlertid usikkert.

Ved filtrering (glassfiberfilter) av totalavløpsvannet i desember 1985, inneholdt filtratene i middel bare 406 µg/l av PAH, dvs. 1,5% av totalinnholdet. Tabell 3 og 4 viser forbindelser som ble påvist i filtratet, og disse er de mest vannløselige komponentene. Høyere PAH-forbindelser, deriblant de carcinogene stoffene, er lite vannløselige og ble bare påvist i lave konsentrasjoner i filtratene.

Resultatene viser at det alt vesentlige av PAH foreligger bundet til partikulært materiale og at en effektiv renseprosess med f.eks. felling og sedimentering bør kunne ha god renseeffekt.

Med utgangspunkt i den oppgitte avløpsvannsmengde på 70 m³/time og helkontinuerlig drift hele året, kan utslippet av PAH til sjø pr. år illustreres ved:

(15,87x70x24x360/1000x1000) = 9,60 tonn/år med
analyseresultat fra oktober 1985 og

(26,77x70x24x360/1000x1000) = 16,19 tonn/år med
analyseresultat fra desember 1985.

Variasjonen i blandprøvenes PAH-innhold (des. 1985) tilsvarer et variasjonsintervall for utslippet på 10-25 tonn pr. år (kfr. tabell 4).

Dette tyder på at PAH-utslippet er høyere enn de 5 tonn/år som man har gått ut fra, og indikerer at bedriften er blant de største kilder i landet mht. PAH-utslipp i vann (Kfr. temaartikkel om PAH i årsrapport 1984 for Statlig program for forurensningsovervåking).

Avløpsvannet har også et høyt nitrogeninnhold (Tabell 1). Det er imidlertid et spørsmål om hva nitrogenforbindelsene består av og om "biologisk tilgjengelighet".

8.2 Sedimentenes PAH-innhold

PAH-konsentrasjonene i sedimentprøvene varierte fra 28,05 til 309,8 ppm (parts pr. million), nær utslippet, tabell 5. Dette er høye verdier når det tas i betraktning at bakgrunnsnivået for PAH i sedimenter i hvert fall ikke ligger over 0,2 - 0,5 ppm tørrvekt. (Knutzen og Berglind, 1980; Næs, 1985). I utslippets nærområde var det følgelig overkonsentrasjoner av PAH i størrelsesordenen 100-1000 ganger.

Lenger ut i Sørfjorden (st. 3-4 fig. 2) var konsentrasjonene av PAH betydelig lavere, med bare 2-10 ganger høyere PAH-innhold enn bakgrunnsnivået (tabell 7). Imidlertid er det utenfor Tyssedal tidligere (i 1978) registrert et PAH-innhold i overflatesedimenter i samme størrelsesorden som nå registrert nær Odda. Disse verdier ble da sett i sammenheng med belastning fra det nå nedlagte aluminiumsverk i Tyssedal (Knutzen 1983). Palmork (1974) fant imidlertid høyest PAH-innhold nærmere Odda enn Tyssedal, hvilket kan tyde på at det i lengre tid har vært en betydelig kilde innerst i fjorden.

Den prosentvise andelen av potensielt kreftfremkallende PAH var høyere i sedimentene enn i avløpsvannet, henholdsvis 5-10 og 10-30 %. Relativ anrikning på de mest tungtløselige PAH i bunnvannleiringene, herunder de potensielt kreftfremkallende stoffene, er en vanlig erfaring fra andre PAH-forurensede vannforekomster (Kfr. f.eks. Kirkerud og medarb. 1981).

Prøvematerialet fra sedimentfellene besto vesentlig av plankton og uorganisk materiale. Prøvemengden etter frysetørking var liten, bare 0,06-0,23 g, og dette gjorde at bare få PAH-forbindelser lot seg identifisere. Konsentrasjonene av PAH varierte mellom 17,27 og 89,4 ppm (tabell 6). Andelen av potensielt kreftfremkallende forbindelser var omkring 2-8 %, m.a.o. betydelig lavere enn i sedimentene nær Odda og også lavere enn observert på st. 3 og 4 (fig. 2) lenger ut i fjorden, der andelen av slike stoffer lå på vel 20%.

Konsentrasjonene av PAH i materialet fra sedimentfellene var bemerkelsesverdig høyt sammenlignet med nivået i avleiringene, omtrent like langt ut i fjorden (Kfr. st. 3, tabell 7). En av mekanismene bak denne forskjell er at forurensninger i det sedimenterende materiale fortynnes ved at dyr på bunnen forårsaker en omblending i bunn-avleiringene. En annen fortynningsmekanisme, som kan ha vel så stor innflytelse, er ras av relativt uforurensende sedimenter ned fra de bratte fjordsidene (Skei og medarb. 1986).

8.3 PAH i blåskjell

Skjellene som ble samlet i oktober 1985 var små og varierte i skallengde mellom 5 og 30 mm. PAH-konsentrasjonen var ca. 6100/ $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt ved Byrkjeneset, som er den stasjonen som ligger nærmest utslippet. Konsentrasjonen avtok gradvis utover, og var omkring 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt ved Kvalneset, som ligger ca. 16 km fra utslippet. "Bakgrunnsnivået" for PAH i blåskjell kan antas å være 200- 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt. (Ut fra senere erfaringer noe lavere enn angitt hos Knutzen og Sortland 1982). Nivået i Sørfjorden var altså minst 2-10 ganger høyere.

Skjellene fra Byrkjenes hadde omlag samme PAH-innhold som i 1981 (Knutzen, 1983). Derimot synes det å ha vært en betydelig nedgang i PAH-konsentrasjonen i skjell samlet midtfjords (5-20 ganger mer i 1981 enn i skjellene fra Kvalnes i 1985). Imidlertid er ikke forholdene sammenlignbare, idet aluminiumsverket i Tyssedal fremdeles var i drift i 1981.

Også resultatene til Julshamn og medarb. (1985) tyder på at PAH-utslippet fra Odda Smelteverk har begrenset influensområde mht. overflatelaget. I materiale fra høsten 1983 og/eller våren 1984 ble det ikke funnet PAH over deteksjonsgrensen i skjell fra Sørfjorden. (PAH-lokaliteter er ikke direkte angitt, men antas blåskjellene å være samlet fra de samme steder som for metallanalyser, skulle Julshamn og medarbeideres innerste stasjon være like langt inn som Kvalnes).

I betraktning av erfaringene fra andre PAH-resipienter med tilsvarende (eller endog mindre) belastning, er det bemerkelsesverdig lite utslag i blåskjellenes PAH-innhold både nær og lenger unna utslippet (Sammenlign f.eks. med Saudafjorden (Knutzen 1982) og Vefsenfjorden (Kirkerud og medarb. 1981)). Det er mulig at den vanligvis effektive spredning av PAH i overflatelaget delvis unngås i Sjørfjorden ved at utslippet er på vesentlig dypere vann enn i Saudafjorden og Vefsenfjorden.

Selv om det foreløpig ser ut til at den store PAH-belastningen i Sjørfjorden har hatt beskjeden innflytelse på organismers PAH-innhold, anbefales en overvåking av tilstanden. I denne forbindelse kan nevnes at Julshamn og medarb. (1985) fant spor av PAH i skrubbeflyndre. Blant fisk vil skrubbe, andre flyndrearter og ål være blant de mest utsatte pga. sin tilknytning til bunnen.

9. HENVISNINGER

- Julshamn, K., Bøe, B. og L. Føyn, 1985: Analyse av sporelementer og klorerte hydrokarboner i fisk og blåskjell fra Hardangerfjorden og tilstøtende fjordområder høsten 1983 og våren 1984. Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger 6/85. Bergen, juni 1985, 55 s. + figurer.
- Kirkerud, L. (prosjektleder), Haugen, I., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J., Rygg, B. og J. Skei, 1981: O-76149 "Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumsverk". Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980.
- Knutzen, J. og L. Berglind, 1980: Notis om polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i vann og sedimenter fra Heddalsvannet. Vann, 4 (1980): 356-361.
- 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 Research, Vol 16, No. 4 (421-428).
- Knutzen, J., 1982: Overvåking i Saudafjorden 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 50/82. 87 sider.
- Knutzen, J., 1983: Supplerende basisundersøkelse i Sørfjorden (Hardanger) 1981-1982. Metaller, PAH og fluor i organismer. (Med tillegg av eldre data om PAH i sedimenter.) Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 114/83. 43 sider.
- Næs, K., 1983: Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Rapport nr. 193/85. Delrapport 2: Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. 62 sider.
- Palmork, K.H., 1974: Polysykliske aromatiske hydrokarboner i det marine miljø. s. 99-125 i 9. Nordiska symposiet om vattenforskning. Fjorder og kystvann som resipienter. Trondheim 27-29/6 1973. NORDFORSK, Miljövärdsssekretariatet. Publ. 1974:4, Helsinki, 328 s.
- SFT, 1986: Temaartikkel i årsrapport 1984 for Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 201/85.
- Skei, J., Rygg, B. og Næs, K., 1986: Tiltaksrettede miljøundersøkelser

Skei, J., Rygg, B. og Næs, K., 1986: Tiltaksrettede miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1984-85. Delrapport 1. Sedimentfeller, sedimenter og bløtbunnsfauna. Statlig program for forurensningsovervåking. Under trykking.

Tabell 1. Totalnitrogen i utslipp fra Odda Smelteverk A/S og i overflateprøver fra Sørfjorden.

Prøve	Totalnitrogen $\mu\text{g N/l}$
Venturivasker 1+2	220 000
Totalavløp	140 000
Sørfjorden ved kloakkutslipp nær bedriftskai	570
Sørfjorden ved utslippsbøye	347

Tabell 2. PAH i stikkprøver av avløp fra venturivasker og totalavløp tatt 24/10-85.

PAH $\mu\text{g/l}$	Prove mrk.	$\mu\text{g/l}$		Total- utslipp					
		Venturi- vasker	Bland- prøve						
Naftalen		900		1120					
2-Metylnaftalen		232		294					
1-Metylnaftalen		136		191					
Bifenyl		91		91					
Acenaftalen		616		590					
Acenaften		41		37					
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran		209		201					
Fluoren		475		436					
9-Metylfluoren									
9.10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren		74		68					
1-Metylfluoren		44		35					
Dibenzothiophen		520		473					
Fenantren		4717		4153					
Antracen		698		579					
Acridine									
Carbozoie									
2-Metylantracen		75		65					
1-Metylfenantren		149		107					
9-Metylantracen									
Fluoranten		3677		2297					
Pyren		3354		2100					
Benzo(a)fluoren		407?		128?					
Benzo(b)fluoren		437		128					
1-Metylpyren		60							
Benzo(c)fenantren									
Benzo(a)antracen		684		655					
Trifenylen/Chrysen		1214		1085					
Benzo(b)fluoranten		265		344					
Benzo(j,k)fluoranten		88		115					
Benzo(e)pyren		193		247					
Benzo(a)pyren		135		175					
Perylen		22		30					
O-Phenyleneopyren		21		24					
Dibenz(a,h)antracen		12		20					
Picen									
Benzo(ghi)perylene		36		78					
Anthanthrene									
Coronen									
SUM		19582		15866					
Tørrstoff mg/l		5840		3610					

1 mg = 1000 μg

Tabell 3. PAH i avløpsvann fra venturivasker 11-21 desember 1985.

Avløpsvann fra gassvasker ovn 3							
Prove mrk. PAH µg/l	1 µg/g	2 µg/l	3 µg/g	4 µg/l	5 µg/g	6 µg/l	
Naftalen	68	67	68	261	99	137	
2-Metylnaftalen	36	21	42	58	45	24	1. 11-12. des.
1-Metylnaftalen	19	21		46	22	21	Filtrert stoff.
Bifenyl	21	9		16	24	9	
Acenaftylen	71	76	65	123	48	54	2. 11-12. des.
Acenaften	10	12	11		8	7	Filtrat
4-Metylbifenyl							
Dibenzofuran	63	20	60	29	60	12	3. 15-16. des.
Fluoren	18	19	9	38	8	11	Filtrert stoff.
9-Metylfluoren							
9,10-Dihydroantracen							4. 15-16. des.
2-Metylfluoren							Filtrat.
1-Metylfluoren							
Dibenzothiophen	146	19	157	23	113	12	5. 20-21. des.
Fenantren	1501	169	1390	161	1056	93	Filtrert stoff.
Antracen	275	23	241	22	151	14	
Acridine							6. 20-21. des.
Carbozole							Filtrat.
2-Metylantracen	34		22	1	21	3	
1-Metylfenantren	38		37	1	29	1	
9-Metylantracen							
Fluoranten	930	21	1159	18	756	25	
Pyren	791	16	1048	14	669	21	
Benzo(a)fluoren					32		
Benzo(b)fluoren	73		115				
1-Metylpyren	22		28		19		
Benzo(c)fenantren							
Benzo(a)antracen	295		268		170	1	
Trifénylen/Chrysen	369		435	1	288	2	
Benzo(b)fluoranten	143		106		56	1	
Benzo(j,k)fluoranten	56				28		
Benzo(e)pyren	102		77		50		
Benzo(a)pyren	99		73		40		
Perylen	33		15		9		
O-Phenylene-pyren	32		8		6		
Dibenz (a,h)antracen							
Picen							
Benzo(ghi)perylene	19?		14		8		
Anthanthrene							
Coronen							
Sum	5264	493	5448	812	3815	448	
Totalt PAH i µg/l	21023		28706		12847		Middel 20859
STS mg/l	3900		5120		3250		" 4090

Middelverdi for PAH i filtrat = 584 µg/l, dvs. 2,8% av totalt PAH-innhold.

Tabell 4. PAH i totalavløp til resipient 11-21 desember 1985.

Prove mrk. PAH µg/l	Totalutslipp til sjø.							
	1 µg/g	2 µg/l	3 µg/g	4 µg/l	5 µg/g	6 µg/l		
Naftalen	6	87		133	10	83		
2-Metylnaftalen		24		37	4	13	1. 11-12. des.	
1-Metylnaftalen		21		30		12	Filtrert stoff	
Bifenvl		9		11		5		
Acenaftalen		55		73	4	28	2. 11-12. des.	
Acenäften		11		10		4	Filtrat	
4-Metylbifenvl								
Dibenzofuran	6	19		20		7	3. 15-16. des.	
Fluoren		31		32		13	Filtrert stoff	
9-Metylfuoren								
9.10-Dihydroantracen							4. 15-16 des.	
2-Metylfuoren							Filtrat	
1-Metylfuoren								
Dibenzothiophen	19	15	10	17	8	7	5. 20-21. des.	
Fenantren	143	126	107	118	82	50	Filtrert stoff	
Antracen	10	14	11	15	10	5		
Acridine							6. 20-21. des.	
Carbozoie							Filtrat	
2-Metylantracen								
1-Metylfenantren								
9-Metylantracen								
Fluoranten	108	22	85	14	59	8		
Pyren	75	15	74	11	53	6		
Benzo(a)fluoren								
Benzo(b)fluoren								
1-Metylpyren								
Benzo(c)fenantren								
Benzo(a)antracen	31	1	29		19			
Trifenvl. Chrysen	48	1	44	1	31	1		
Benzo(b)fluoranten *	14	1	37	1	19	1		
Benzo(j,k)fluoranten *	13				5			
Benzo(e)pyren	18		22		13			
Benzo(a)pyren *	8		19		9			
Perylen								
O-Phenylenspyren	ca. 10		ca. 8		4			
Dibenz (a,h)antracen								
Picen								
Benzo(ghi)perylen	10		11		8			
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	519	452	457	523	338	243		
Totalt PAH i µg/l	23952		40463		15888		Middel: 26768	
Derav KPAH "	~1299		~3816		~1414		" ~ 2176	
STS mg/l	45280		87396		46288		" 59655	

Middelverdi for PAH i filtrat = 406 µg/l, dvs. 1,5% av totalt PAH-innhold.

Tabell 5. PAH i sedimenter i indre del av Sørfjorden 23. oktober 1985.

Prove mrk. PAH µg/l	µg/g (tørrvekt)							
	S1,1	S1,2	S1,3	S1,4	S2,1	S2,2	S2,3	S2,4
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyl								
Acenaftylen								
Acenaften								
4-Metylbifenyl								
Dibenzofuran							2,04	
Fluoren		0,41		4,05		0,45	3,47	
9-Methylfluoren								
9.10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren								
1-Metylfluoren								
Dibenzothiophen		0,56		6,73		1,27	6,03	
Fenantren	2,17	7,52	1,29	78,63	4,8	10,42	50,91	3,81
Antracen	0,47	1,59	ca 0,27	16,3	0,72	3,53	11,70	1,11
Acridine								
Carbozoie								
2-Metylantracen				1,79		0,52	2,25	
1-Metylfenantren				2,70		0,42	3,30	
9-Metylantracen								
Fluoranten	4,68	9,92	2,70	46,45	7,79	12,74	28,87	4,92
Pyren	3,60	7,01	1,36	38,66	6,21	8,77	27,42	3,13
Benzol(a)fluoren		1,31		4,11	0,95			
Benzol(b)fluoren	0,81	0,82		3,15		3,23	6,65	0,98
1-Metylopyren		0,41		1,0		1,31	1,06	0,17
Benzo(c)fenantren								
Benzo(a)antracen	2,32	8,12	1,95	18,8	5,81	11,08	13,8	3,93
Trifenylen/Chrysen	4,36	15,01	3,87	32,0	10,56	22,35	20,86	8,13
Benzo(b)fluoranten	6,14	23,06	5,57	16,12	12,56	25,1	8,9	11,29
Benzo(j,k)fluoranten	1,67			5,20	6,30	7,7	4,58	5,65
Benzo(e)pyren	5,05	12,23	2,70	13,74	9,01	19,95	9,77	6,21
Benzo(a)pyren	4,60	11,19	3,08	11,76	8,29	15,41	7,24	5,95
Perylen	0,75	2,7	0,47	2,79	1,58	6,39	2,61	1,24
O-Phenylenepyren	4,52	4,61	2,11	1,58	5,94	9,91	1,81	2,49
Dibenz(a,h)antracen	0,99	3,98	0,53		2,25	6,37	1,41	1,26
Picen								
Benzo(g,h)perylen	3,54	10,27	2,15	4,24	7,47	13,21	3,43	3,56
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	45,67	120,72	28,05	309,8	90,24	180,13	218,11	63,82
Karsinogene PAH	12,57	30,54	7,32	30,48	26,25	50,73	19,84	21,32

Tabell 5. PAH i sedimenter i indre del av Sør fjorden 23. oktober 1985.

PAH $\mu\text{g/l}$	Prøve mrk.	$\mu\text{g/g}$ tørrvekt				
		S25	S3,1	S3,2	S3,3	S3,4
Naftalen						
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftalen						
Acenaften						
4-Metylbifenyl						
Dibenzofuran		0,44				
Fluoren		0,21				
9-Metylfluoren						
9.10-Dihydroantracen						
2-Metylfluoren						
1-Metylfluoren						
Dibenzothiophen		0,67		0,35	0,56	0,23
Fenantren		6,00	1,93	4,50	5,67	2,14
Antracen		1,63	0,50	0,81	1,57	0,52
Acridine						
Carbazole						
2-Metylantracen		0,25				
1-Metylfenantren		0,28				
9-Metylantracen						
Fluoranten		11,02	4,47	5,20	11,05	3,58
Pyren		6,73	3,44	3,87	7,78	2,73
Benzo(a)fluoren		0,49		1,05	1,82	
Benzo(b)fluoren		0,32		0,75	1,38	
1-Metylpyren		0,23				0,60
Benzo(c)fenantren						
Benzo(a)antracen		4,68	2,92	2,45	7,41	2,45
Trifenylen/Chrysen		8,41	4,89	3,54	12,69	4,34
Benzo(b)fluoranten		9,58	6,32	5,32	14,34	4,92
Benzo(j,k)fluoranten		4,5	3,94	1,26	3,60	2,20
Benzo(e)pyren		5,01	5,03	4,06	8,51	3,84
Benzo(a)pyren		4,5	4,62	3,31	8,18	3,26
Perylen		1,16	0,89	0,62	1,65	0,61
O-Phenylene-pyren		2,21	5,87	2,21	4,39	1,91
Dibenz (a,h)antracen		1,17	2,60	0,54	1,67	0,65
Picen						
Benzo(ghi)perylene		2,79	5,29	3,83	5,45	2,78
Anthanthrene						
Coronen						
Sum		72,28	52,71	43,67	97,72	36,76
Karsinogene PAH		17,5	15,51	9,8	25,99	9,93

Tabell 6. PAH i materiale fra sedimentfeller fra Kvalnes i Sørfjorden.

Prove mrk. PAH $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/g}$ tørket materiale							
	1	2	3	4				
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyl								
Acenaftalen								
Acenaften								
4-Metylbifenyl								
Dibenzofuran								
Fluoren								
9-Metylfluoren								
9.10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren								
1-Metylfluoren					1. Kvalnes, 26/4-85			
Dibenzothiophen	2,4	0,52	1,19	2,0	250 m Nedre			
Fenantren	19,2	3,47	6,31	10,1				
Antracen	7,3	0,65	1,51	1,6	2. Kvalnes, 15/7-85			
Acridine					30 m (opp). Uten kloroform			
Carbozole								
2-Metylantracen	1,4	0,52		0,3	3. Kvalnes, 14/11-85, 20 m			
1-Metylfenantren	1,4			0,5				
9-Metylantracen					4. Kvalnes, 14/11-85, 250 m			
Fluoranten	23,8	5,27	6,03	11,2				
Pyren	22,3	4,43	5,27	10,0				
Benzo(a)fluoren								
Benzo(b)fluoren								
1-Metylpyren								
Benzo(c)fenantren								
Benzo(a)antracen	2,4	0,48	1,21	1,5				
Trifenyl/Chrysen	3,9	0,78	1,79	2,6				
Benzo(b)fluoranten	1,8	0,42	1,96	2,1				
Benzo(j,k)fluoranten								
Benzo(e)pyren								
Benzo(a)pyren	0,7	0,12	0,74	0,7?				
Perylen								
O-Phenylenepyren	1,7	0,31	0,69					
Dibenz(a,h)antracen								
Picen								
Benzo(g,h)perylene	1,1	0,29	0,58					
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	89,4	17,26	27,28	42,6				

1 mg = 1000 μg

Tabell 7. PAH i sedimenter i Sørfjorden og Hardangerfjorden 3. mai 1985.

PAH	Prove mrk.	µg/kg tørket materiale							
		St.3 387 m 0-2 cm	St.4 300 m 0-2 cm	St.7 518 m 0-2 cm	St.15 84 m 0-2 cm	St.17 746 m 0-2 cm			
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyl									
Acenäftylen									
Acenäften									
4-Metylifenyl									
Dibenzofuran									
Fluoren					46	44			
9-Metylfluoren									
9.10-Dihydroantracen									
2-Metylfiouren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiophen									
Fenantren		148		13	138	37			
Antracen									
Acridine									
Carbozoie									
2-Metylantracen									
1-Metylfenantren									
9-Metylantracen									
Fluoranten		397	108	124	297	59			
Pyren		378	Maskert	80	203	38			
Benzo(a)fluoren		22	57	7					
Benzo(b)fluoren		57	120	11	126				
1-Metylpyren									
Benzo(c)fenantren									
Benzo(a)antracen		213	57	33	112	ca.20			
Trifenylen/Chrysen		331	120	78	163	45			
Benzo(b)fluoranten		486	192	122	177	67			
Benzo(j,k)fluoranten		150			97	33			
Benzo(e)pyren		293	78	48	100	41			
Benzo(a)pyren		226	47	17	91	ca.20			
Perylen									
O-Phenylene-pyren		323	44	51	94	39			
Dibenz (a,h)antracen		68							
Picen									
Benzo(ghi)perylen		274	42	55	57	ca.20			
Anthanthrene									
Coronen									
4,5 Metylenepyren		196							
Sum		3562	865	639	1701	463			

1 mg = 1000 µg

Tabell 8. PAH i blåskjell fra Sørfjorden 24. oktober 1985.

PAH $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/kg}$ våtvekt					Prove mrk.			
	Freim	Byrkje- neset	Linde- neset	Oald- skar	Kval- neset				
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyl									
Acenafitylen									
Acenaften									
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran		2							
Fluoren		2							
9-Methylfluoren									
9.10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiophen		2							
Fenantren	6	13	19	11	8				
Antracen	1	2	3	2					
Acridine									
Carbozole									
2-Metylantracen	ca. 2	ca. 2	2	2					
1-Metylfenantren	4	9	4	7					
9-Metylantracen									
Fluoranten	33	58	46	33	31				
Pyren	16	26	25	20	16				
Benzo(a)fluoren	6	11							
Benzo(b)fluoren	4	5	6	2					
1-Metylpyren	2	3							
Benzo(c)fenantren									
Benzo(a)antracen	96	149	27	23	25				
Trifenyl/Chrysen	75	141	42	44	34				
Benzo(b)fluoranten	49	140	31	26	18				
Benzo(j,k)fluoranten	25	70	10	13					
Benzo(e)pyren	54	94	20	21	8				
Benzo(a)pyren	21	80	8	6	1				
Perylen	10	23		2					
O-Phenylene-pyren	5	13	4	2					
Dibenz (a,h)antracen									
Picen									
Benzo(ghi)perylene	10	34	ca. 8	4					
Anthanthrene									
Coronen									
Sum Våtvekt	419	879	255	218	141				
% Torrstoff	16,7	14,4	20,2	17,6	14,1				
Sum PAH bereg- net på tørrvekt	2509	6104	1262	1239	1000				