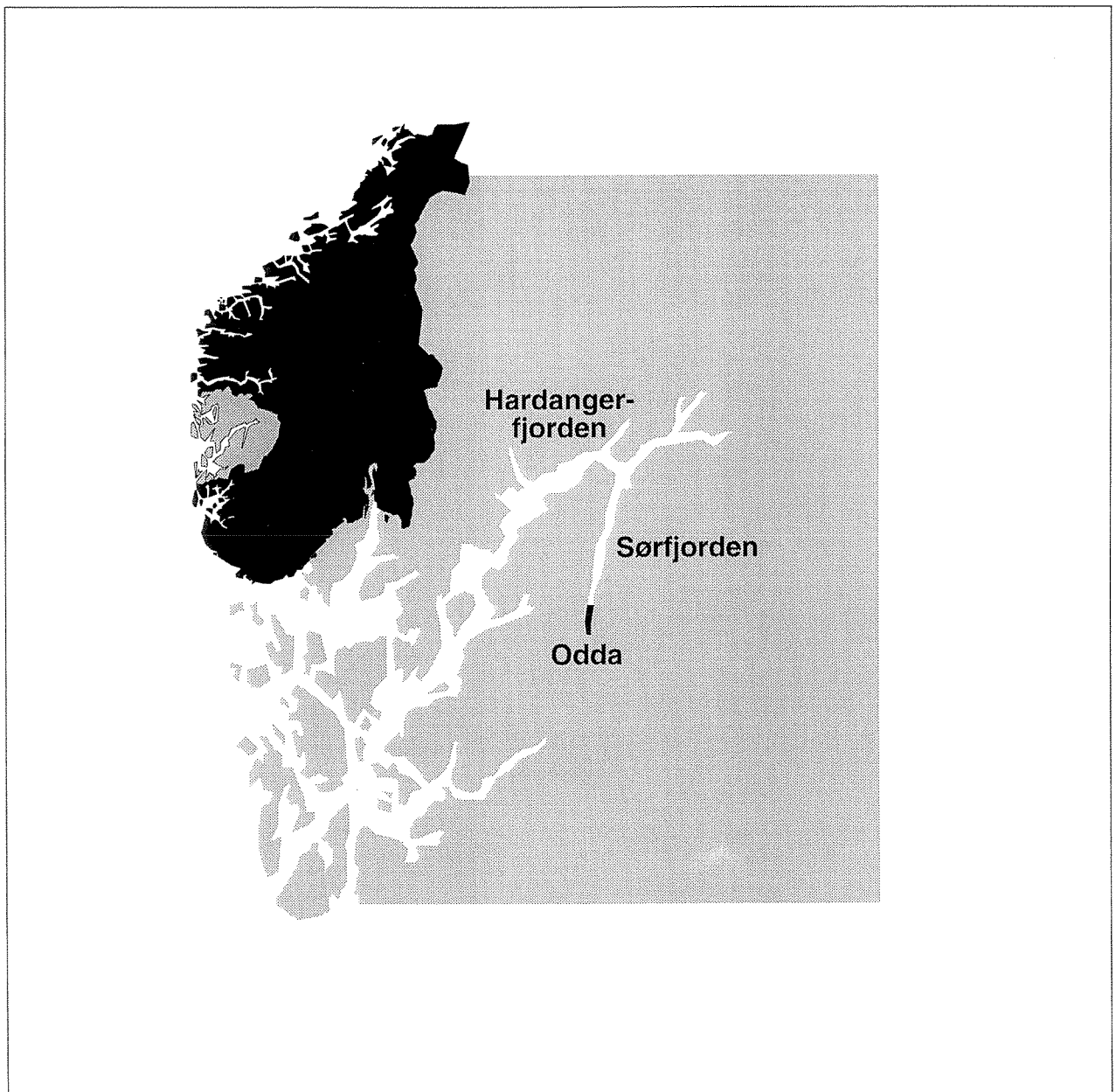


RAPPORT LNR 3407-96

# Undersøkelser av cyanid, PAH og tungmetaller i Odda havnebasseng 1995



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 04 30 33  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgt 55  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 32 56 40  
Telefax (47) 55 32 88 33

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Undersøkelser av cyanid, PAH og tungmetaller i Odda havnebasseng - 1995.	Løpenr. (for bestilling) 3407	Dato 1994.02.06
	Prosjektnr. Undernr. 95174	Sider Pris 21 kr 75,-
Forfatter(e) Frithjof Moy	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland Sørfjorden	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Odda Smelteverk A/S	Oppdragsreferanse 952023
---	-----------------------------

**Sammendrag**

I utslippstillatelse gitt Odda Smelteverk A/S er det fra SFT satt krav om målinger av cyanid, PAH og tungmetaller i resipienten. På oppdrag fra Odda Smelteverk ble det foretatt prøvetaking den 16.9.95 av vann, sediment og blåskjell fra Odda havnebasseng.

Analysen av cyanid i vann og i sediment viste alle konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (hhv. <15 µg/L og < 15 µg/g).

Blåskjellene var markert forurenset med kvikksølv (overkonsentrasjoner på 4 - 8 ganger) og sterkt forurenset med kadmium og bly (overkonsentrasjoner på 12 - 24 ganger). Tungmetallkonsentrasjonene funnet i blåskjellene er på samme nivå som tidligere påvist for indre Sørfjorden. Det ble derimot ikke funnet overkonsentrasjoner av sum PAH i blåskjellene. Sammenliknet med blåskjell analysert i 1985 var dette en klar forbedring.

PAH-konsentrasjonene i sedimentprøvene var 200-400 ganger over høy bakgrunnsverdi. Konsentrasjonen av B(a)P (ett av de potensielt kreftfremkallende PAH-stoffene) lå 400 ganger over bakgrunnsverdi. Sedimentet i Odda havn klassifiseres som meget sterkt forurenset. Renseanlegget ble satt i drift i 1994 og en reduksjon i PAH-innholdet kan ikke forventes før det har gått flere år, avhengig av den lokale sedimenteringshastigheten og fortykning med renere sedimenter.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøgifter	1. Micropollutants
2. Sørfjorden	2. Sørfjorden
3. PAH	3. PAH
4. Blåskjell	4. Blue mussels

  
Frithjof Moy  
Prosjektleder

ISBN 82-577-2939-6

  
Bjørn Braaten  
Forskningssjef

**Norsk institutt for vannforskning**

**O-95174**

**Undersøkelser av cyanid, PAH og tungmetaller  
i Odda havnebasseng - 1995.**

Oslo,

6. februar 1996

Prosjektleder:

Frithjof Moy

Medarbeidere:

Unni Efraimsen  
Jon Knutzen  
Lise Tveiten

## Forord

Foreliggende undersøkelse er foretatt på oppdrag fra Odda Smelteverk A/S basert på instituttets programforslag (brev av 1/6-1995).

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært Gunnar Østby.

Fra NIVA har følgende personer deltatt: Blåskjell og overflate vannprøver er samlet inn av Frithjof Moy. Unni Efraimsen har vært ansvarlig for prøvetaking av sedimenter og har stått for opparbeidelse av blåskjell til analyse. Lise Tveiten har assistert ved all prøveinnsamling. Jon Knutzen har bistått ved vurdering av analyseresultater og gitt verdifulle bidrag til teksten.

Mannskapet på M/S RISØY takkes for godt samarbeid ved prøveinnsamling.

Analyser av tungmetaller og cyanid har vært utført av gruppen for uorganiske analyser. Lasse Berglind har vært ansvarlig for PAH-analysene.

Oslo, 6.2.1996

*Frithjof Moy*

---

# Innhold

<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Målsetning	6
<b>2. Feltarbeid og metoder</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>11</b>
3.1 Cyanid	11
3.2 Tungmetaller	11
3.3 PAH	12
<b>4. Litteratur</b>	<b>14</b>
<b>5. Vedleggfigurer og tabeller</b>	<b>15</b>

---

## Sammendrag og konklusjoner

I utslippstillatelse gitt til Odda Smelteverk A/S av 18.12.92, er det fra SFT satt krav om kartlegging av utslipp til Odda havn av tungmetaller, PAH og cyanid. På oppdrag fra Odda Smelteverk har NIVA forestått prøvetaking og analyser med formål å innfri SFTs krav om 1) kartlegge utbredelsen av "giftige cyanidkonsentrasjoner" og 2) foreta målinger av PAH og tungmetaller for å kontrollere om tiltak har gitt målbare effekter i resipienten. Nytt renseanlegg ble satt i drift i september 1994.

- Prøvetaking ble foretatt 16.9.1995.
- Analyseprogrammet omfattet:
  - Cyanid i vann og sediment fra 3 stasjoner i Odda havn
  - PAH i blåskjell og sediment fra 3 stasjoner i Odda havn
  - Tungmetaller (Cd, Cu, Pb, Hg og Zn) i blåskjell fra 3 stasjoner i Odda havn.
- Analyser av cyanid i vann og viste alle konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (< 15µg/L).
- Analyser av cyanid i bunnsedimentet viste alle konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (< 15µg/g).
- Metallinnholdet i blåskjellprøver fra 3 stasjoner i Odda havneområdet, var høyt. Blåskjellene var markert forurenset med kvikksølv (overkonsentrasjoner i forhold til høy bakgrunn på 4-8 ganger) og sterkt forurenset med kadmium og bly (overkonsentrasjoner på hhv. 12-17 og 15-24 ganger). Blåskjellene var lite til moderat forurenset med hensyn på kobber og sink.
- Konsentrasjoner av tungmetaller i blåskjell fra disse lokalitene er på sammenlignbart nivå med tidligere observasjoner fra indre Sørfjorden.
- Det ble ikke funnet overkonsentrasjoner av PAH i blåskjell innsamlet i området Odda havn.
- Sammenliknet med resultatene fra 1985, viser tallene en markert nedgang. Sum PAH i blåskjell i 1985, ble ved Freim og Byrkjenes målt til hhv. 419 µg/kg og 879 µg/kg (våtvekt) (som tilsvarer tilstandsklasse: Nokså dårlig). Tilsvarende i 1995 var 24 og 26 µg/kg våtvekt.
- PAH-konsentrasjonene i sedimentprøvene var 200-400 ganger over høy bakgrunnsverdi i følge SFT's klassifiseringssystem. Sedimentet i Odda havn betraktes som meget sterkt forurenset.
- Sammenliknet med en gjennomsnittlig verdi for sedimentprøver tatt i 1985, lå sum PAH 40-50% lavere. Innholdet av potensielt kreftfremkallende PAH'er (KPAH) hadde imidlertid ikke endret seg vesentlig, og konsentrasjonen av benzo(a)pyren (ett av KPAH-stoffene) lå ca. 400 ganger over høy bakgrunn.
- Nedgangen i sum PAH ligger innenfor forventet variasjon for PAH i overflatesediment. En reell reduksjon i overflatesedimentets PAH-innhold kan ikke ventes før det har gått flere år etter at rensing ble iverksatt i 1994.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I utslippstillatelse gitt til Odda Smelteverk av 18.12.92, er det fra SFT satt krav om kartlegging av utslipp til Odda havn av tungmetaller, PAH og cyanid. Kartleggingen av giftige cyanidkonsentrasjoner i vannet ved utslippsstedet i havnebassenget, skulle i utgangspunktet baseres på fortynningsberegninger. Men med bakgrunn i den store usikkerheten som ville ligge i slike beregninger, ble det bestemt at konsentrasjoner av cyanid i resipienten skulle kartlegges ved direkte prøvetaking. Odda Smelteverk har siden 1993 to ganger månedlig foretatt målinger av cyanid i filtrat og suspendert stoff fra kalkovn og i utslipp fra venturivasker. Fra september -94 ble faststoffet fra venturianlegget dekantert fra vannfasen og brent i kalkovn. Når venturislammene brennes i kalkovn gjenstår filterkaken fra dicy som den dominerende cyanidkilden. Odda Smelteverks egne analyser viser at cyanidet først og fremst er bundet til partikler. Sedimentering er derfor en viktig faktor. Kartlegging av cyanid ble derfor foreslått basert på vann- og sedimentprøver.

I 1993-4 gjennomførte bedriften tiltak for å redusere utslipp av PAH og tungmetaller til vann. Utslippstillatelsen setter krav til at bedriften skal måle om tiltaket gir målbare virkninger på kort sikt ved å foreta målinger av PAH og tungmetaller i blåskjell i området Odda havn.

Bedriften er også bedt om å legge fram et forslag til overvåking av resipienten Odda havn for å kontrollere om tiltak har gitt målbare effekter på organismer og i sediment. Planlagt start på overvåkingsprogrammet var i 1996, men siden relevante sedimentkjerner allerede ble samlet inn for

metallanalyser, ble det bestemt at analyse av PAH i utvalgte sedimentkjerner også skulle inngå i denne undersøkelsen som her rapporteres. Med dette har man fått ytterligere referansedata for framtidig utvikling, samt et bedre grunnlag for å vurdere et overvåkingsprogram for resipienten.

Som det framgår av tabell 1 har tiltak medført markerte utslippsreduksjoner.

Metaller i blåskjell undersøkes årlig under Statlig program for forurensningsovervåking (Knutzen *et al.* 1995). De nærmeste målestasjoner til Odda havn under dette programmet er Byrkjenes og Eitrheim. PAH i sediment og i blåskjell fra Odda havn, er tidligere blitt undersøkt i 1981 (Knutzen, 1983) og i 1985 (Kvalvågnes *et al.* 1986).

Av driftsmessige hensyn som kan ha hatt innflytelse på måleresultatene, kan bemerkes at det var full produksjonsstans under fellesferien i juli måned (G. Østby, pers.med.).

Resultatet av undersøkelsen skal inngå i SFTs grunnlagsmateriale for vurdering av rensiltak og utslippstillatelse.

## 1.2 Målsetning

Foreta målinger i Odda havn av utvalgte miljøgifter for å kontrollere konsentrasjonsnivåer og se om tiltak har gitt målbare virkninger i resipienten. Parameterene som skal belyses er: cyanid i vann og sediment, tungmetaller i blåskjell og PAH i blåskjell og sediment.

Resultatene skal kunne legges til grunn ved ny konsesjonsbehandling.

**Tabell 1.** Oversikt over utslipp fra Odda Smelteverk A/S til sjø i 1994 (kg/år). Tall i parentes representerer utslippstall for 1990. Basert på opplysninger fra bedriften.

Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	PAH	CN-	SS i tonn
41,7 (400)	239 (1100)	6,7 (9)	299 (5500)	934 (3900)	2600 (16000)	3100	56903

## 2. Feltarbeid og metoder

### Analyseprogram

Følgende prøvetaking og analyser er utført:

- Cyanid i vann og sediment fra 3 stasjoner i Odda havn.
- PAH i blåskjell fra 3 stasjoner i Odda havn.
- PAH i 3 sedimentprøver fra 2 stasjoner i Odda havn.
- Metallene: Cd, Cu, Pb, Hg og Zn i blåskjell fra 3 stasjoner i Odda havn. (De valgte metaller ansees som de 5 viktigste i denne resipienten.)

I programforslaget ble det også foreslått analyser av cyanid i blåskjell. Men begrunnet i at levende blåskjell må antas å inneholde svært små konsentrasjoner, ble disse analysene ikke utført.

Som nevnt innledningsvis, ble det av hensyn til videre overvåking av Odda havn bestemt også å analysere for PAH i 3 sedimentprøver i tillegg til PAH-analyser av blåskjell.

### Prøveinnsamling

Prøvetaking av vann, sedimenter og blåskjell ble foretatt 16. september 1995.

**Vannprøver** til cyanid-analyser ble tatt som overflateprøver (ca. 10 cm under overflaten) fra lettboat, på 3 lokaliteter i Odda havn. Stasjonene er beskrevet i tabell 2 og plasseringen er vist på kart i figur 1.

**Tabell 2.** Vannprøvestasjoner benyttet til prøvetaking for cyanidanalyser.

<b>V1</b>	Nord for utslippet, omtrent på sedimentstasjon S1 (omtalt senere)
<b>V2</b>	Ved bølge, tatt direkte i oppstrømmende gassbobler fra utslippet
<b>V3</b>	Innenfor utslippet, omtrent på sedimentstasjon S3 (omtalt senere)

Det ble benyttet 1 L glassflasker til vannprøvene. Vannprøvene ble umiddelbart fiksert med 5 ml natriumhydroksyd og 5 ml tinnkloridløsning, i henhold til akkreditert metode for cyanidanalyser.

**Blåskjell** til metall og PAH-analyser ble samlet inn fra fjordens østside (2 stasjoner) og vestsida (1 stasjon). Stasjonene er beskrevet i tabell 3 og plasseringen er vist på kart i figur 2.

Det ble samlet inn ca. 50 skjell i størrelsesgruppe 3-6 cm fra ca. 2 m dyp fra hver stasjon. Innsamlingen ble foretatt av dykker. Prøvene ble frosset ned umiddelbart etter prøveinnsamling. Skjellenes størrelsesfordeling er gjengitt i vedleggstabell 14.

**Tabell 3.** Blåskjellstasjoner hvor skjell ble samlet inn til PAH- og tungmetallanalyser. Innsamlingsdyp ca. 2 m.

<b>B1</b>	På fjell ved Freim
<b>B2</b>	På fjell 5 m nord for gammelt naust med skinner ned i vannet, omtrent på høyde med utslippsbølge.
<b>B3</b>	På pynten av Kalvanes

**Sedimentprøver** ble samlet inn fra M/S RISØY med en kjerneprøvetaker (Niemistö corer). Stasjonsposisjoner er gitt i tabell 4 og plasseringen er vist på kart i figur 3.

**Tabell 4.** Stasjonsposisjoner og dyp for prøvetaking av sediment til PAH- og cyanid-analyser.

<b>S1</b>	N 60° 05' 75 Ø 06° 33' 10	45 m dyp
<b>S2</b>	N 60° 04' 93 Ø 06° 32' 55	47 m dyp
<b>S3</b>	N 60° 04' 65 Ø 06° 32' 70	41 m dyp

Stasjon S1 og S2 lå utenfor utslippsbøya (mot nord) og stasjon S3 innenfor. P.g.a. alle sjøkabler avmerket på kartet, var det vanskelig å velge prøvetakingsposisjoner. De valgte posisjoner antas å gi et best mulig bilde av forholdene i Odda havn basert på 3 stasjoner.

Bunnsedimentet i Odda havn var veldig løst og vi fikk opp lange kjerner selv med bare to vekter på prøvetakeren. Sedimentkjernene ble snittet, og øverste 2 cm ble tatt ut til første prøve (0-2 cm) og deretter ble de neste 2 cm tatt ut (2-4 cm prøve).

Sediment i prøven fra stasjon S1 var gråfarget. Sedimentprøven fra stasjon S2 hadde et tykt sort toppsjikt og besto av grå leire lengre ned. Sedimentprøven fra stasjon S3 var farget grå og konsistensen svært løs. Prøven ble frosset ned (- 20°C) umiddelbart etter prøvetaking.

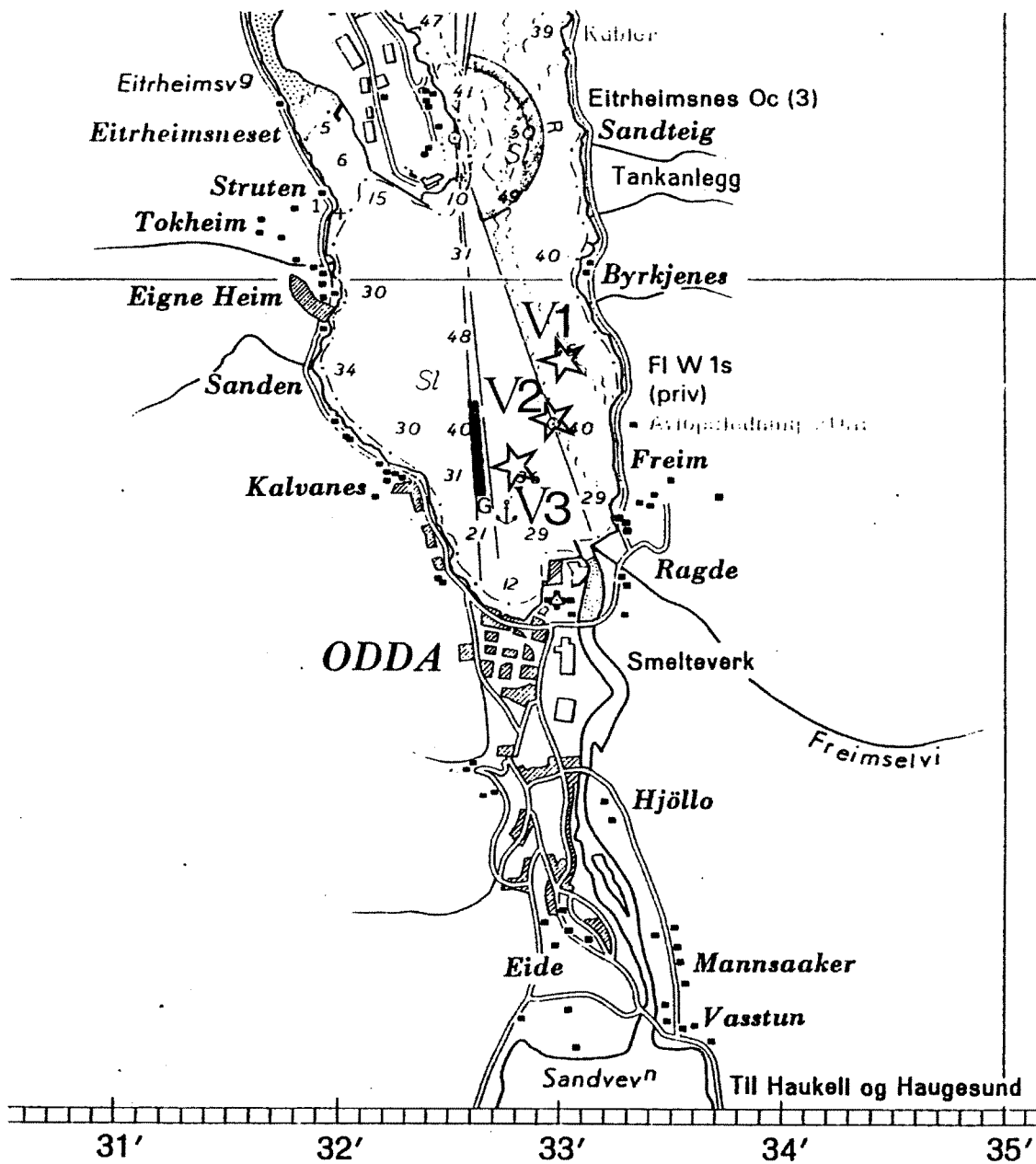


Alle analyser er foretatt på NIVAs analyselaboratorium. Cyanidanalyser er utført etter forskrift for bestemmelse av totalt cyanidinnhold.

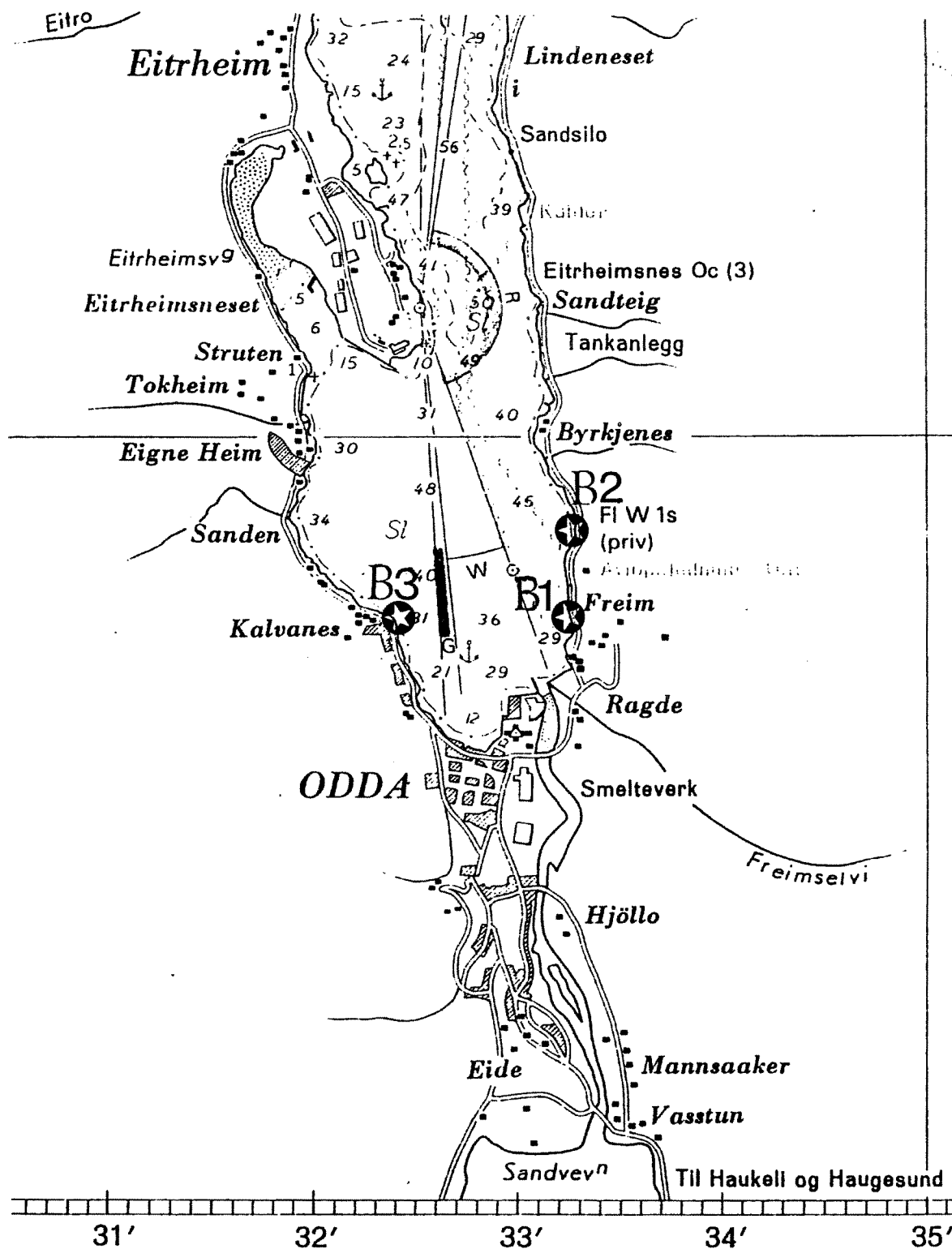
etter oppløsning i salpetersyre (Norsk Standard 4770, 4773, 4783). Kvikksølv er bestemt ved kalddampeteknikk.

Metaller i blåskjell er analysert ved atomabsorpsjon

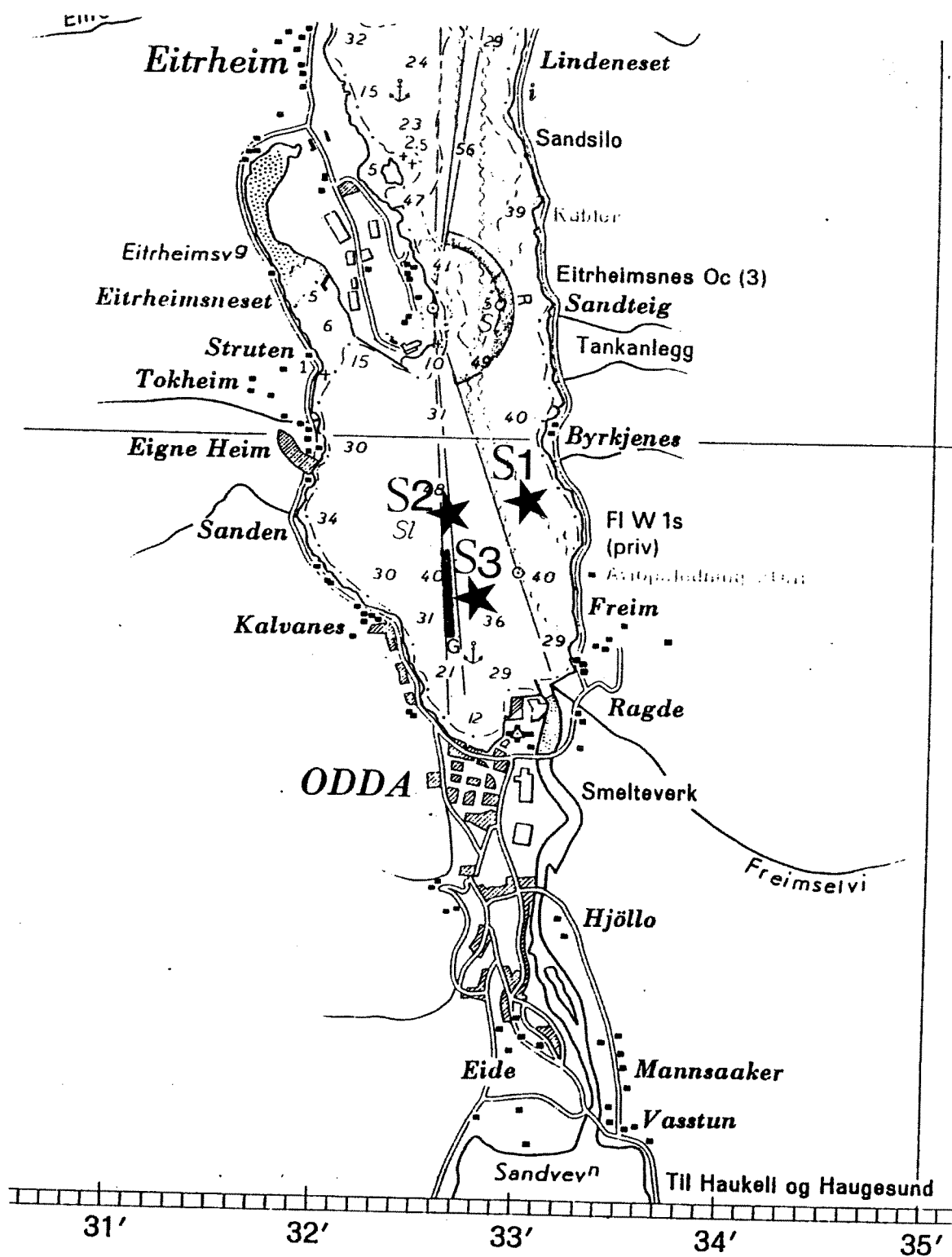
PAH i blåskjell og sediment er bestemt ved GC-MS



Figur 1. Stasjoner for prøvetaking av overflatevann for cyanid analyser, 16.9.1995.



Figur 2. Stasjoner for innsamling av blåskjell for tungmetall og PAH analyser, 16.9.1995.



Figur 3. Stasjoner for prøvetaking av sediment for PAH analyser, 16.9.1995.

## 3. Resultater og diskusjon

### 3.1 Cyanid

Analyser av cyanid i vann (3 prøver) viste alle konsentrasjoner under deteksjonsgrensen ( $< 15\mu\text{g/L}$ ) (vedleggstabell 10).

Analyser av cyanid i bunnsedimentet viste alle konsentrasjoner under deteksjonsgrensen ( $< 15\mu\text{g/g}$ ) (vedleggstabell 10).

Det kan på grunnlag av disse prøvene ikke spores målbare konsentrasjoner av cyanid i resipienten utenfor Odda Smelteverk.

Det er ikke gitt kriterier for cyanid i sjøvann i Norge, og selv om konsentrasjonene ligger under deteksjonsnivå er det ikke mulig å si noe om giftighet eller kroniske skader på miljøet. EPA 1985 (U.S. Environmental Protection Agency) framsetter et forslag om en grense for kronisk belastning på  $1\mu\text{g/L}$ . Tester viser imidlertid store toleranseforskjeller mellom arter og for ulike livsstadier. Mange arter synes å ha en grense for kronisk giftighet høyere enn  $15\mu\text{g/L}$ , men grunnlaget er sparsomt og lite representativt for våre forhold.

### 3.2 Tungmetaller

Analyseresultatene av metaller i blåskjell er gitt i tabell 5 (og vedleggstabell 11). I tabell 6 er konsentrasjonsnivåene sammenliknet med antatt (høyt) bakgrunnsnivå (Knutzen *et al.*, 1993a, Knutzen og Green 1995). Sammenlikningen viser store overkonsentrasjoner av kvikksølv, kadmium og bly i blåskjell. I henhold til SFT's klassifiseringssystem vurderes tilstanden som "nokså dårlig" til "dårlig." Blåskjellene klassifiseres som markert til sterkt forurenset.

Innholdet av tungmetaller i blåskjell fra disse 3 lokalitetene i Odda havn i 1995, er sammenliknet med tidligere resultater fra området (se figur 5 i vedlegg). Sammenlikningen viser at konsentrasjonen av kadmium, bly og kvikksølv er høyere enn hva som ble funnet ved Eitrheim i 1994, men lavere eller like med nivåer funnet ved Byrkjenes og Eitrheim i perioden 1991 til 1993.

Sammenstillingen av eldre data viser at det er stor variasjon i metallkonsentrasjonene fra år til år. På det grunnlag skiller derfor ikke prøvene fra Odda havn i 1995 seg ut fra forventede verdier. Forholdet mellom verdiene (lavest ved st. B2, jfr. tabell 5) kan imidlertid tyde på et lokalt registrerbart tilskudd fra Odda Smelteverks metallutslipp.

**Tabell 5.** Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Odda havn, Sørfjorden, 16.9.1995. Konsentrasjonene er oppgitt i mg/kg tørrvekt.

Stasjon	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	Tørrstoff %
B1	27,86	10,52	0,96	96,96	282,66	12,2
B2	22,92	8,27	0,73	59,54	221,90	13,8
B3	34,00	7,88	1,68	88,72	418,74	12,1

**Tabell 6.** Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Odda havn, Sørfjorden, 16.9.1995, angitt som overkonsentrasjoner med tilhørende tilstandsklasse og forurensningsgrad i henhold til SFTs klassifiseringssystem.

	Antall ganger over bakgrunn	Høy bakgrunn	Tilstandsklasse	Klassegrenser mg/kg dw	Vurdering av forurensningsgrad
Kvikksølv Hg	4-8x	0,2	III Nokså dårlig - IV Dårlig	0,5-1,5 1,5-4	markert forurenset
Kadmium Cd	12-17x	2	IV Dårlig	20-40	sterkt forurenset
Bly, Pb	15-24x	4	IV Dårlig	50-100	sterkt forurenset
Kobber, Cu	1- <2x	10	I God - II Mindre god	< 10 10-30	lite til moderat forurenset
Sink, Zn	1-2x	200	II Mindre god - III Nokså dårlig	200-400 400-1000	moderat forurenset

**Tabell 7.** Sum PAH, sum og % Karsinogent PAH (KPAH), Benzo(a)pyren (B(a)P) og tørrstoff i blåskjell fra Odda havn, Sjørfjorden, 16.9.95. Konsentrasjoner er gitt i µg/kg våtvekt.

Stasjon	Sum PAH	Sum KPAH	% KPAH	B(a)P	Tørrstoff%
B1	23,7	15,1	63,7	0,7	12,2
B2	25,7	17,1	66,5	0,9	13,8
B3	14,3	8,9	62,2	0,4	12,1

### 3.3 PAH

Det ble analysert for PAH både i blåskjell og i sediment.

#### Blåskjell

Resultatet fra analysen av PAH-innholdet i blåskjell er gitt i vedleggstabell 12 og en oppsummert framstilling er gitt i tabell 7.

Sammenliknet med grenser for antatt høyt bakgrunnsnivå i SFT's klassifiseringssystem (Knutzen *et al.*, 1993a), eller senere forslag til nedjusteringer (Knutzen og Green, 1995), tilsvarer konsentrasjonene funnet i blåskjellene ingen overkonsentrasjoner av total PAH, men moderat forhøyelse (< 1-2 ganger) for KPAH (kfr. forslag i Knutzen & Green 1995). Muslingene fra Odda havn hadde uvanlig høy andel av KPAH (over 60% mot vanligvis 20-30%).

Sammenliknet med resultatene fra 1985 (Kvalvågnes *et al.*, 1986), viser disse tallene en markert nedgang. I 1985 ble sum PAH i blåskjell fra Freim og Byrkjenes målt til hhv. 419 µg/kg og 879 µg/kg våtvekt (tilsvarte tilstandsklasse: Nokså dårlig).

#### Sediment

Resultatet fra analysen av PAH-innholdet i sediment er gitt i vedleggstabell 13 og en oppsummert framstilling er gitt i tabell 8.

Sammenliknet med antatt (høyt) bakgrunnsnivå og forurensningsgrader i henhold til SFT's klassifiseringssystem (Knutzen *et al.*, 1993a), tilsvarer

verdiene funnet i sedimentet store overkonsentrasjoner (tabell 9).

Relativt lavt innhold (ca. 3%) av lettere forbindelser (di/heterosykliske forbindelser), høy andel KPAH og 6 - 8 % B(a)P, indikerer en sammensetning typisk for PAH som vesentlig stammer fra forbrenning. I betraktning av det samtidig lave innholdet av PAH i blåskjell (tabell 7) indikerer dette at PAH i utslippet er bundet til partikler som sedimenterer raskt ut, slik at stoffene ikke kommer opp i de øvre vannlag som blåskjellene filtrerer.

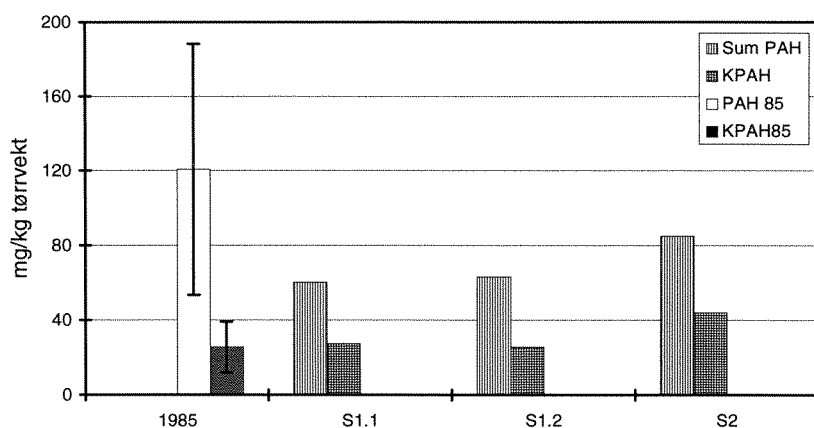
Innholdet av PAH i sediment fra disse 2 stasjonene (med 2 nivåer på stasjon S1) i Odda havn i 1995 er i figur 4 sammenliknet med en gjennomsnittlig verdi for utvalgte sammenliknbare sedimentprøver fra området tatt i 1985 (Kvalvågnes *et al.*, 1986). Sammenlikningen viser noe lavere sum PAH i 1995 enn i 1985. Forskjellen er likevel ikke større enn at den mest sannsynlig skyldes flekkvis fordeling av PAH i sedimentet. Som det framgår av figur 4 er det knyttet et betydelig standard avvik til middelveiden beregnet for 1985. Innholdet av potensielt kreftfremkallende PAH'er (KPAH), har ikke endret seg vesentlig. Prosentandelen av KPAH funnet i sedimentet var følgelig høyere i 1995 enn i 1985. I 1995 utgjorde KPAH mellom 40 og 50% mot gjennomsnittlig ca. 20% i 1985. Konsentrasjonen av B(a)P (en av KPAH-stoffene) var imidlertid redusert fra ca. 8000 µg/kg tørrvekt til gjennomsnittlig 4940 µg/kg tørrvekt (jfr. tabell 10 i vedlegg). B(a)P konsentrasjonen i 1995 er likevel 400 ganger over høy bakgrunn (tabell 9).

**Tabell 8.** Sum PAH, sum og % KPAH og forekomst av benzo(a)pyren i sediment fra Odda havn, Sjørfjorden, 16.9.1995. Konsentrasjonene er gitt i µg/kg tørrvekt.

Stasjon	Kjernesnitt	Sum PAH	Sum KPAH	% KPAH	B(a)P
S1.1	0-2cm	60320	27456	45,5	4300 (7,1%)
S1.2	2-4cm	63152	25503	40,4	4020 (6,4%)
S2	0-2cm	84837	43950	51,8	6500 (7,7%)

**Tabell 9.** Sum PAH og B(a)P i sediment fra Odda havn, Sjørfjorden, 16.9.1995. angitt som overkonsentrasjoner med tilhørende tilstandsklasse og forurensningsgrad i henhold til SFTs klassifiseringssystem.

	Antall ganger over bakgrunn	Høy bakgrunn µg/kg dw	Tilstandsklasse	Grenseverdier µg/kg dw	Vurdering av forurensningsgrad
Sum PAH	> 200x	300	V Meget dårlig	> 20000	meget sterkt forurenset
B(a)P	> 400x	10	V Meget dårlig	> 500	



**Figur 4.** Sum PAH og KPAH i 3 sedimentprøver (S1.1, S1.2, S2) i Odda havn, Sørfjorden, 16.9.1995, sammenliknet med et gjennomsnitt for sum PAH og KPAH funnet ved prøvetaking i samme området i 1985. Gjennomsnittet er angitt med standard avvik til middelverdi.

En reduksjon i overflatesedimentets PAH-innhold kan ikke ventes før det har gått flere år etter at rensing ble iverksatt i 1994. En reduksjon vil være avhengig av den lokale sedimenteringshastigheten og fortynning med renere sedimenter. I og med at sedimentasjonshastigheten er ukjent, er det her vanskelig å si noe om aldersforskjeller mellom ulike prøvesnitt av kjernen. Men det ble heller ikke funnet noen signifikant forskjell mellom de øverste 2 cm av kjernen og de neste 2 cm på stasjon S1.

Erfaringer fra Årdalsfjorden (Næs og Rygg 1990) har vist at det kan være betydlige forskjeller (opptil en størrelsesorden) selv mellom parallelle kjerneprøver tatt på samme stasjon. Reanalyser har vist at analysepresisjonen er god og har ingen betydning for spredningen. Variasjonen mellom

parallelle prøver i Årdalsfjorden gir derfor et klart uttrykk for hvor stor grad av flekkvis fordeling som kan forekomme av PAH i bunnsedimenter. I Årdalsfjorden var det imidlertid god korrelasjon mellom PAH-innhold og karbon i sedimentet. PAH-innholdet i sedimentene innerst i Årdalsfjorden syntes derfor å henge sammen med sedimentasjon av karbonrike partikler fra verket. Dette viser hvor vanskelig det kan være å kartlegge PAH-innholdet i en resipient.

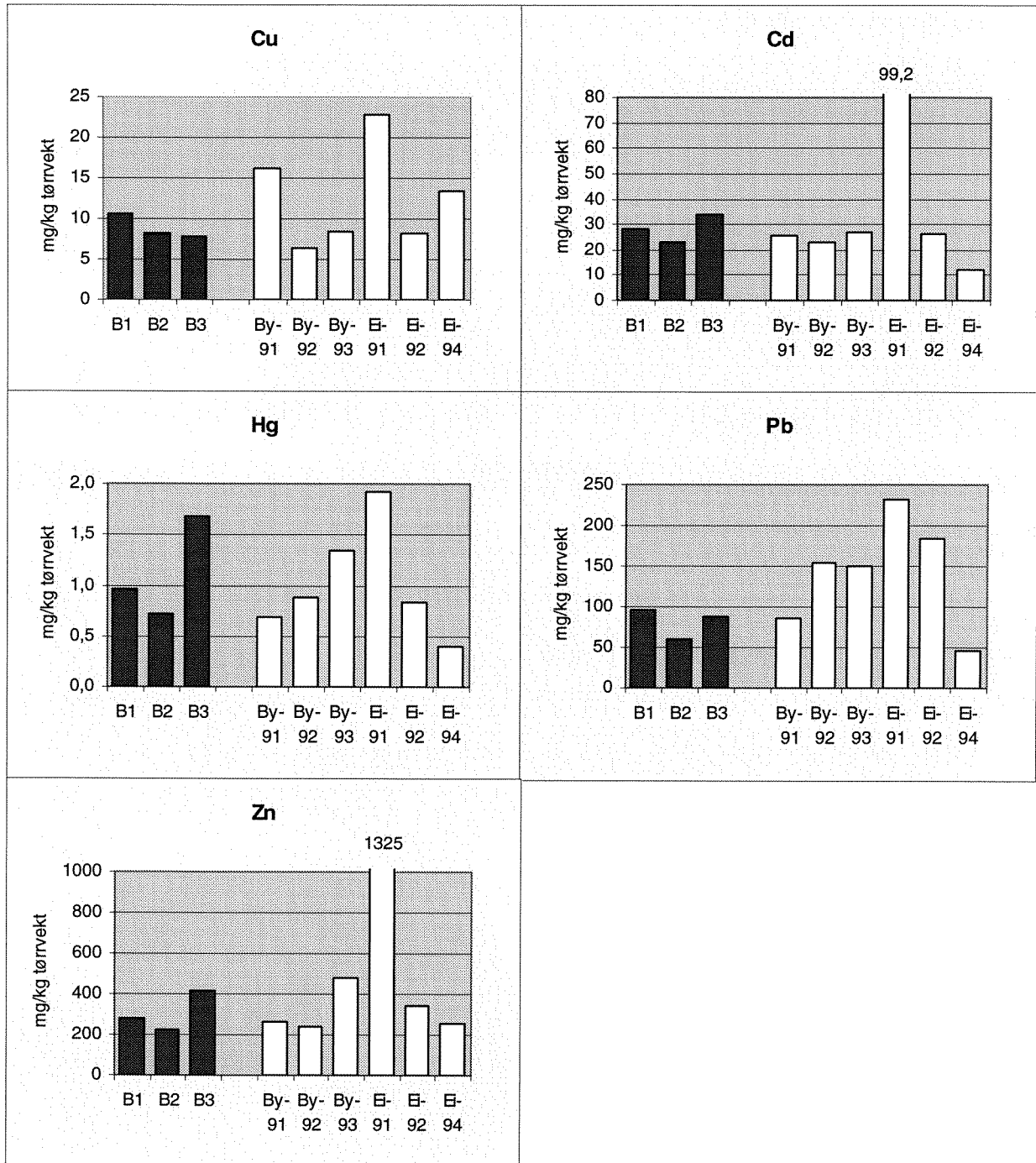
De tre prøver som her er analysert fra Odda havn bidrar likevel til å øke den samlede kunnskap om resipienten og vil på det grunnlag være et verdifullt bidrag til den følgende overvåkingen av bunnsedimentene.

## 4. Litteratur

- EPA 1985. Ambient Water Quality Criteria for Cyanide - 1984. EPA report 440/5-84-028.
- IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs vol. 1 to 42. Suppl. 7. Lyon.
- 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). Rapport 114/83 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 1570. 43s.
- Knutzen, J., Rygg, B. & Thélin, I., 1993a. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Virkninger av miljøgifter. SFT rapport TA-923/1993. 20s.
- Knutzen, J., Moy, F. & Rygg, B., 1993b. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer, bløtbunnsfauna og gruntvannsamfunn. Rapport 501/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 2847. 66s.
- Knutzen, J., Beyer, J., Goksøyr, A., Green, N., Hylland, K., Egaas, E., Sandvik, M. & Skåre, J.U., 1994a. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1992. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer og biomarkører for miljøgifter. Rapport 552/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 3038. 54s.
- Knutzen, J., Green, N. & Brevik, E.M., 1994b. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1993. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 581/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 3160. 36s.
- Knutzen, J., Green, N. & Brevik, E.M., 1995. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1994. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 631/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 3371. 35s.
- Knutzen, J. & Green, N., 1995. "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo-Paris-kommisjonene (Joint Monitoring Programme-JMP) 1990-1993. Rapport 594/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport 3302. 106s.
- Kvalvågnæs, K., Berglind, L. & Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Sørfjorden i forbindelse med PAH-utslipp fra Odda Smelteverk A/S. NIVA rapport 1846. 27s.
- Næs, K. & Rygg, B., 1990. Overvåking av Årdalsfjorden i 1989. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA rapport 2385. 51 s.

## **5. Vedleggfigurer og tabeller**





**Figur 5.** Metallkonsentrasjoner funnet i blåskjell fra 3 lokaliteter i Odda havn sammenlikning med skjell samlet inn ved Byrkjenes (By) og Eitheim (Ei) under Statlig program for overvåking i 1991 til 1994 (Knutzen *et al.*, 1993b, Knutzen *et al.*, 1994a, b, og Knutzen *et al.*, 1995).

Tabell 10. Analyseresultater. Cyanid i vann. Cyanid i sediment.

ANALYSERESULTATER FRA NIVAS LIMS.

Rapportert: 18/10-95

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m. rapporterings-dato. Oppgi rekvisisjonsnr og PRNr.

Kontaktperson : **MOY**      Prosjekt nr : **O 95174**      Stikkord : **ODDASME**  
Rekvisisjonsnr : **1995-02310**      Godkjent av: **IMB**      Godkjent dato: **951018**Rekvisisjon registrert : **951005**

Analysevariabel		CN/T-Sm
Enhet	==>	µg/g
Metode	==>	F2-1
PrNr	PrDato	Merkning
001	950916	ODDASME A I
002	950916	A II
003	950916	B III
004	950916	B IV
005	950916	C V
006	950916	C VI

Kontaktperson : **MOY**      Prosjekt nr : **O 95174**      Stikkord : **ODDASME**  
Rekvisisjonsnr : **1995-02311**      Godkjent av: **IMB**      Godkjent dato: **951018**  
Rekvisisjon registrert : **951005**

Analysevariabel		CN/T
Enhet	==>	µg/l
Metode	==>	F2-1
PrNr	PrDato	Merkning
001	950916	ODDASME 1 Sjøvann
002	950916	2

Analysevariabel		CN/T
Enhet	==>	µg/l
Metode	==>	F2-1
PrNr	PrDato	Merkning
003	950916	3

Tabell 11. Analyseresultater. Metaller i blåskjell.

Rapportert: 09/01-96

ANALYSERESULTATER fra NIVAS LIMS.

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m. rapporterings-dato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Kontaktperson : MOY                      Prosjektnr : O 95174    Stikkord : ODDASME  
 Rekvisisjonsnr: 1995-02696    Godkjent av: IMB                      Godkjent dato: 960109  
 Rekvisisjon registrert : 951123

Analysevariabel	TTS	Cd-B	Cu-B	Hg-B	Pb-B	Zn/fl-B
Enhet	g/kg	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Metode	B3	E2	E2	E4-2*	E2	E1
PrNr PrDato Merking						
001 950916 ODDASME B1 Sørfj.PAH+NPD	121.7	3.39	1.28	0.117	11.8	34.4
002 950916 B2	137.9	3.16	1.14	0.100	8.21	30.6
003 950916 B3	120.6	4.10	0.95	0.203	10.7	50.5

OBS !!! Metoder som er markert med "\*\*", er foreløpig ikke akkreditert.

**Tabell 12.** PAH i blåskjell fra Odda havn, Sjørfjorden, 16.9.1995. Til sammenlikning er 1985 tall for PAH i blåskjell fra 3 lokaliteter i indre Sjørfjord også gjengitt (Kvalvågnæs *et al.* 1986).

ODDASME O-95174 PAH i blåskjell µg/kg våtvekt	1995			1985		
	Dato: 950916 Stasjon: B1	950916 B2	950916 B3	851024 Freim	851024 Byrkjenes	851024 Lindenes
Naftalen	< 0,2	< 0,2	< 0,2			
2-M-Naftalen	< 0,2	< 0,2	< 0,2			
1-M-Naftalen	< 0,2	0,2	0,2			
Bifenyl	0,3	0,2	0,2			
2,6-Dimetylnaftalen	0,2	0,2	< 0,2			
Acenaftalen	0,2	< 0,2	< 0,2			
Acenaften	< 0,2	< 0,2	< 0,2			
2,3,5-Trimetylnaftalen	< 0,2	< 0,2	< 0,2			
Fluoren	< 0,2	< 0,2	< 0,2		2	
Fenantren	0,8	0,8	0,6	6	13	19
Antracen	0,3	0,3	< 0,2	1	2	3
1-Metylfenantren	0,2	0,2	< 0,2	4	9	4
Fluoranten	0,8	0,6	0,6	33	58	46
Pyren	0,3	0,4	0,3	16	26	25
Benz(a)antracen*	12,7	14,2	7,3	96	149	27
Chrysen/trifenylene	3,8	4,3	2,2	75	141	42
Benzo(b)fluoranten*	1,4	1,5	1	49	140	31
Benzo(j,k)fluoranten*	x	x	x	25	70	10
Benzo(e)pyren	1,3	1,2	1	54	94	20
Benzo(a)pyren*	0,7	0,9	0,4	21	80	8
Perylen	< 0,2	< 0,2	< 0,2	10	23	
Ind.(1,2,3cd)pyren*	0,3	0,3	0,2			
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	< 0,2	0,2	< 0,2			
Benzo(ghi)perylene	0,4	0,4	0,3	10	34	8
Sum	23,7	25,7	14,3	419	879	255
Derav KPAH (*)	15,1	17,1	8,9			
%KPAH	63,7	66,5	62,2			
%Tørrstoff	12,17	13,79	12,06	16,7	14,4	20,2
x) inkludert i benzo(b)fluoranten * 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						

**Tabell 13.** PAH i sediment fra Odda havn, Sørfjorden, 16.9.95. Til sammenlikning er PAH konsentrasjoner fra utvalgte relevante prøvestasjoner fra 1985 også ført opp i tabellen (etter Kvalvågnes *et al.*, 1986).

ODDASME O-95174 Dato: Stoff \ Stasjon:	PAH i sediment, µg/kg tørrvekt							
	950916 S1.1	950916 S1.2	950916 S2	1985 S22	1985 S23	1985 S24	1985 S32	1985 S33
Naftalen	840	671	1040					
2-M-Naftalen	75	516	67					
1-M-Naftalen	143	146	214					
Bifenyl	122	150	202					
2,6-Dimetylnaftalen	143	95	195					
Acenaftalen	254	218	165					
Acenaften	62	50	160					
2,3,5-Trimetylnaftalen	49	79	i.a.					
Dibenzofuran					2040			
Fluoren	350	458	340	450	3470			
Dibenzothiophen				1270	6030		350	560
Fenantren	4170	5800	4090	10420	50910	3810	4500	5670
Antracen	1230	1470	1400	3530	11700	1110	810	1570
2-Metylantracen				520	2250			
1-Metylfenantren	256	278	284	420	3300			
Fluoranten	6230	7930	6400	12740	28870	4920	5200	11050
Pyren	4880	6190	4260	8770	27420	3130	3870	7780
Benzo(a)antracen*	5260	5450	7600	11080	13800	3930	2450	7410
Chrysen/trifenylen	5900	6140	9080	22350	20860	8130	3540	12690
Benzo(b,j,k)fluoranten*	14000	12700	23200	32800	13480	16940	6580	17940
Benzo(a)fluoren							1050	1820
Benzo(b)fluoren				3230	6650	980	750	1380
1-Metylpyren				1310	1060	170		
Benzo(e)pyren	4740	4500	7770	19950	9770	6210	4060	8510
Benzo(a)pyren*	4300	4020	6500	15410	7240	5950	3310	8180
Perylen	830	718	1270	6390	2610	1240	620	1650
Ind.(1,2,3cd)pyren*	2950	2470	4970	9910	1810	2490	2210	4390
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	946	863	1680	6370	1410	1260	540	1670
Benzo(ghi)perylen	2490	2140	3950	13210	3430	3560	3830	5450
Sum PAH	60320	63152	84837	180130	218110	63820	43670	97720
Derav KPAH (*)	27456	25503	43950	50730	19840	21320	9800	25990
%KPAH	45,5	40,4	51,8	28,2	9,1	33,4	22,4	26,6
x) inkludert i benzo(b)fluoranten i.a. ikke analysert * markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH								

**Tabell 14.** Størrelsesfordeling og vekt av blåskjell innsamlet til PAH og metallanalyser.

Stasjon	B1	Stasjon	B2	Stasjon	B3
Dato	16.9.95	Dato	16.9.95	Dato	16.9.95
Antall skjell:	50	Antall skjell:	50	Antall skjell:	51
Bløtdelsvekt g:	115,8	Bløtdelsvekt g:	131,9	Bløtdelsvekt g:	123,3
Skallstørrelse mm	Antall skjell	Skallstørrelse mm	Antall skjell	Skallstørrelse mm	Antall skjell
37		37		37	2
40		40	1	40	
42	5	42	1	42	4
43		43	3	43	7
44	3	44	2	44	2
45	6	45	7	45	3
46	5	46	4	46	3
47	5	47	3	47	4
48	1	48	5	48	5
49	4	49	9	49	1
50	3	50	2	50	1
51	3	51	1	51	6
52	2	52	1	52	1
53	3	53	2	53	4
54	1	54	3	54	5
55	4	55	2	55	1
56	3	56	1	56	1
57	1	57		57	
59		59	1	59	1
60		60		60	
62	2	62	2	62	

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3407-96

ISBN 82-577-2939-6