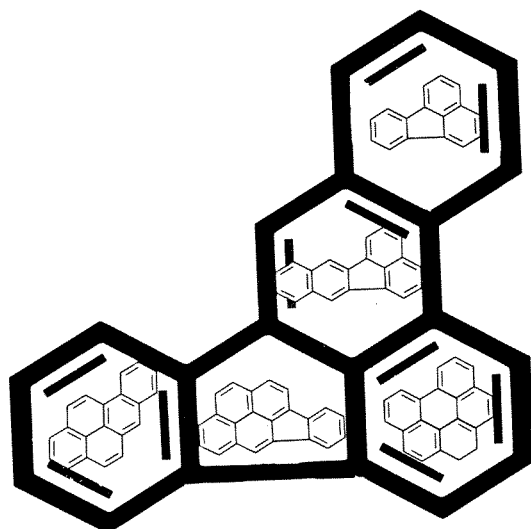


0-85138/E-92428


# Maridalsvassdraget PAH i vann og sedimenter

sammenlignet med

## Femunden og Farris



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Prosjektnr.:<br>O-85138<br>E-92428 | Undernr.:       |
| Løpenr.:<br>2994                   | Begr. distrib.: |

|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
| <b>Hovedkontor</b><br>Postboks 173, Kjelsås<br>0411 Oslo<br>Telefon (47) 22 18 51 00<br>Telefax (47) 22 18 52 00 | <b>Sørlandsavdelingen</b><br>Televeien 1<br>4890 Grimstad<br>Telefon (47) 37 04 30 33<br>Telefax (47) 37 04 45 13 | <b>Østlandsavdelingen</b><br>Rute 866<br>2312 Ottestad<br>Telefon (47) 62 57 64 00<br>Telefax (47) 62 57 66 53 | <b>Vestlandsavdelingen</b><br>Thormøhlensgt 55<br>5008 Bergen<br>Telefon (47) 55 32 56 40<br>Telefax (47) 55 32 88 33 | <b>Akvaplan-NIVA A/S</b><br>Søndre Tollbugate 3<br>9000 Tromsø<br>Telefon (47) 77 68 52 80<br>Telefax (47) 77 68 05 09 |
|--|---|--|---|--|

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| Rapportens tittel:<br><b>MARIDALSVASSDRAGET.</b><br>PAH i vann og sedimenter<br>sammenlignet med Femunden og Farris | Dato: 15.1. 1994                        | Trykket: NIVA 1994 |
|   | Faggruppe:<br>Miljøgifter i ferskvann   |                    |
| Forfatter(e):<br>Gjertrud Holtan<br>Lasse Berglind<br>Hans Holtan   | Geografisk område:<br>Oslo og Østlandet |                    |
|   | Antall sider: 28                        | Opplag: 50         |

|  |                  |
|--|------------------|
| Oppdragsgiver:<br>Oslo vann- og avløpsverk (OVA)<br>Norsk institutt for vannforskning (NIVA) | Oppdragsg. ref.: |
|--|------------------|

Ekstrakt:

I 1993 er det gjennomført analyser av PAH i vann- og sedimentprøver fra Maridalsvassdraget, Farris og Femunden (referanse). Resultatene viser at Maridalsvassdraget, såvel som Farris og andre innsjøer i Østlandsområdet synes å være utsatt for en viss PAH-forurensning. Konsentrasjonene av PAH-komponenter i prøver fra Femunden er som ventet lavere enn i tilsvarende prøver fra Maridalsvassdraget og Farris. Ifølge internasjonal litteratur er PAH-verdiene i øvrige prøver likevel ikke spesielt høye, men nær antatt bakgrunsnivå, eller som en kan forvente i urbane områder.

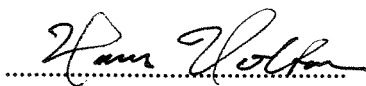
4 emneord, norske

1. Maridalsvassdraget
2. PAH-forurensning
3. Vann/sedimenter
4. Femunden/Farris

4 emneord, engelske

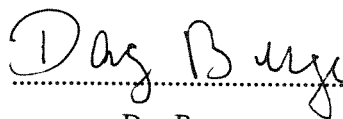
1. Maridalsvassdraget
2. PAH-pollution
3. Water/sediments
4. Femunden/Farris

Prosjektleder



Hans Holtan

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN-82-577-2432-7

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

**0-85138/E-92428**

**MARIDALSVASSDRAGET**

**PAH I VANN OG SEDIMENTER**

**sammenlignet med Femunden og Farris**

15. januar 1994

Prosjektleder: Hans Holtan  
Medarbeidere: Gjertrud Holtan  
Lasse Berglind  
Brynjar Hals  
Stein Wisthus Johansen  
John Knutzen

## FORORD

Fra og med 1985 har Oslo kommune ved Vann- og avløpsverket (OVA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) hatt en samarbeidsavtale om overvåking av Maridalsvannet. En kontrollundersøkelse av vannkvaliteten i innsjøen ble gjennomført i perioden 1985-1988 (Holtan, G. og P. Brettum, 1989) og undersøkelse av forurensningstilførsler fra jordbruksavrenning avsluttet i 1991 (Holtan, G. og H. Holtan, 1993). I 1989 ble Maridalsvannet og nedbørfeltet brukt som referanse ved undersøkelse av PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu. Det ble da observert til dels høye PAH-konsentrasjoner i innsjøens sedimenter (Grande og medarb., 1990). OVA ved daværende seksjonsleder P. Hallberg var bl.a. derfor interessert i en kartlegging av eventuell PAH-forurensning i Oslos viktigste drikkevannskilde (Maridalsvannet). Programforslag for en enkel undersøkelse ble utarbeidet av NIVA i 1992 og undersøkelsen gjennomført i 1993.

Prøver fra Maridalsvannet og andre innsjøer i Maridalsvassdraget (vann og sedimenter) ble samlet inn i juni og prøver fra Femunden (referanse) i oktober.

B. Hals og S. W. Johansen (NIVA) har vært ansvarlige for gjennomføring av feltarbeidet. De innsamlede prøvene er analysert ved NIVAs kjemilaboratorium. Ansvarlig for dette arbeidet har vært L. Bergliind.

G. Holtan (NIVA) har skrevet programmet for undersøkelsen og utarbeidet rapporten. H. Holtan har vært NIVAs ansvarlige prosjektleder. Han har bidratt med gjennomlesning og kommentarer til rapporten. Videre har D. Berge og J. Knutzen (NIVA) gjennomgått og kommentert rapporten.

Halvparten av undersøkelsen i Maridalsvassdraget er finansiert av Oslo kommune, den andre halvparten av NIVAs interne forskningsmidler. Undersøkelsen av Femunden er i sin helhet finansiert av NIVA.

## INNHOOLD

|  |    |
|--|----|
| FORORD .....   | 2  |
| SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....                           | 4  |
| 1. INNLEDNING .....                                      | 6  |
| 1.1 Bakgrunn .....                                       | 6  |
| 1.2 Målsetning .....                                     | 6  |
| 2. MATERIALE OG METODER .....                            | 7  |
| 2.1 Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingstidspunkt ..... | 7  |
| 2.2 Prøvetakings- og analysemetoder .....                | 9  |
| 3. PAH-KILDER, TRANSPORTVEIER OG BAKGRUNNSNIVÅER .....   | 11 |
| 3.1 PAH-kilder og transportveier .....                   | 11 |
| 3.2 Bakgrunnsnivåer .....                                | 12 |
| 4. RESULTATER OG KOMMENTARER .....                       | 13 |
| 4.1 PAH i vann .....                                     | 13 |
| 4.2 PAH i sedimenter .....                               | 15 |
| 5. REFERANSER .....                                      | 19 |
| 6. VEDLEGG .....   | 21 |

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Maridalsvassdraget tjener som drikkevannskilde for Oslo. Det er derfor knyttet strenge restriksjoner til alle former for aktiviteter både i selve innsjøen og i nedbørfeltet. Ved undersøkelse av PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu i 1989 ble Maridalsvannet og nedbørfeltet brukt som referanse. Det ble da observert til dels høye PAH-konsentrasjoner i innsjøens sedimenter.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i vann kan skyldes atmosfærisk bidrag, tilførsel fra industriell virksomhet, veitrafikk m.m. PAH-komponentene adsorberes i vesentlig grad til partikulært materiale, spesielt organiske forbindelser.

PAH i ferskvann er bare sporadisk undersøkt her i landet, og vi kjenner lite til stoffenes utbredelse og konsentrasjon. Observasjoner midt på 80-tallet og senere har imidlertid gitt relativt høye konsentrasjoner.

Hovedmålsetningen med undersøkelsen har vært å belyse ovennevnte forhold. Samtidig med utarbeiding av program for denne undersøkelsen ble det imidlertid planlagt gjennomført en liknende undersøkelse av Farris (drikkevannskilde for store deler av Vestfold). Det var da av interesse å påvise eventuelle konsentrasjonsgradienter fra potensielt utsatte innsjøer til mer avsidesliggende. En mer regional undersøkelse ble derfor planlagt. Pga redusert bevilgning ble undersøkelsene begrenset til Maridalsvannet og vassdraget, Femunden og Farris, samt enkelte eksempler fra tidligere observasjoner, hovedsakelig fra vannforekomster i Oslo- og Østlandsområdet.

Resultatene viser at Maridalsvassdraget såvel som Farris og andre vannforekomster i Østlandsområdet synes å være utsatt for en viss PAH-forurensning. I følge internasjonal litteratur er imidlertid ikke konsentrasjonene av PAH-komponenter i de undersøkte vannprøver spesielt høye, heller ikke i de fleste av sedimentprøvene. I Canadian Water Quality Guidelines (1987) heter det at naturlige konsentrasjoner av Total-PAH i ferskvann varierer fra 20 til 3790 ng Total-PAH/l, mens tilsvarende konsentrasjoner i ferskvannsedimenter varierer fra 1 til 17000 µg Total-PAH/kg tørrvekt. En prøve fra Maridalsvassdraget (Øyungen) samt tre prøver fra tidligere undersøkelser (Nesøytjern, Padderudvann og Sems vann, alle i Asker kommune utenfor Oslo) hadde høyere konsentrasjoner, og særlig høye var konsentrasjonene i de to sistnevnte innsjøer med 53000 og 34000 µg/kg. Mengden og andelen potensielt kreftfremkallende PAH-stoffer var imidlertid høyest i Øyungen-prøven med 13000 µg/kg, dvs. 59 %, i forhold til 3 og 12 %.

Det foreligger få bakgrunnsverdier for PAH-innholdet i ferskvann og ferskvannsedimenter i Norge. Bortsett fra den ovennevnte prøven fra Øyungen synes resultatene å tyde på at PAH-innholdet både i overflate- og dypvannsedimenter i innsjøer i Maridalsvassdragets nedbørfelt til dels er i samme nivå som i tilsvarende prøver fra Farris, mens verdiene for Femunden er langt lavere. Vi ser her bort fra komponenten perylen som i følge litteraturen kan dannes naturlig (den høyeste perylenverdien ble påvist i en av prøvene fra dyplagsedimentene av Femunden).

Når det gjelder vannprøvene, ble det ikke funnet potensielt kreftfremkallende PAH-komponenter i Femunden. I øvrige 10 prøver varierte KPAH fra 0.2 (Øyungen) til 2.7 ng/l (Skjær sjøen). Benzo(a)pyren ble påvist i 4 av prøvene fra Maridalsvassdraget og varierte fra 0.2 til 0.3 ng/l. Disse verdier er betydelig lavere enn Folkehelsas krav til drikkevann, og kan sammenliknes med tilsvarende undersøkelser av råvannskilder i Rana, Namdal og Hallingdal, hvor KPAH-innholdet i prøvene varierte fra 0 til 1.3 ng/l, mens Benzo(a)pyren ikke ble påvist. Mht bakgrunnsnivå var st. Mn i Maridalsvannet den eneste sammen med råvannskilden i Hallingdal, hvor resultatene lå noe høyere enn antatte bakgrunnsverdier for tilnærmet uberørt ferskvann (20-50 ng/l). For Benzo(a)pyren var alle resultater innenfor intervallet 0.1-1.0 ng/l.

En viktig årsak til PAH-innholdet i prøvene fra Maridalsvassdraget er nærheten til Oslo (atmosfærisk nedfall pga industriell virksomhet, ved-/og oljefyring og ikke minst veitrafikken der hovedkilden er forbrenningsprodukter fra drivstoff og slitasjeprodukter fra asfalt). Det kan her nevnes at den høyeste PAH-verdien i vannprøvene ble funnet i prøven fra den stasjonen i Maridalsvannet som ligger nærmest Maridalsveien. Både for Farris i Vestfold og Padderudvann i Asker/Akershus antas PAH-innholdet i prøvene i vesentlig grad å ha sammenheng med stor trafikk på motorveien (E18). Høyt PAH-innhold i prøvene fra Nesøytjern og Sems vann i Asker og fra Øyungen i Maridalsvassdraget er vanskeligere å forklare. Ved siden av atmosfærisk påvirkning, kan skogbranner være en medvirkende årsak. Større branner kan forårsake betydelige tilførsler til nærliggende vann, og derved gi høye verdier i sedimentene. Nevnte faktorer vil også gjelde for øvrige vannkilder, hvor nærheten til by-/industri-område og stor trafikk (særlig på vei) er av avgjørende betydning for påvirkningsgrad. I tillegg kan enkelte PAH-stoffer (f.eks. perylen) dannes naturlig, noe som særlig vises i dyplagsedimentene, og hvor den høyeste verdien i denne undersøkelsen som nevnt ble målt i en av prøvene fra Femunden.

# 1. INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

Maridalsvannet tjener som drikkevannskilde for Oslo. Det er derfor knyttet strenge restriksjoner til alle former for aktiviteter både i selve innsjøen og i nedbørfeltet. Ved undersøkelse av PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu i 1989 ble Maridalsvannet og nedbørfeltet brukt som referanse. Det ble da observert til dels høye PAH-konsentrasjoner, bl.a. i innsjøens sedimenter.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) dannes ved ufullstendig forbrenning eller omsetning av organisk materiale og biosynteseprosesser. På grunn av skogbrann, vulkanisme osv. vil det alltid finnes en viss naturlig bakgrunnskonsentrasjon av PAH i vann og i sedimenter. Atmosfærisk deposisjon sammen med avrenning fra landbaserte aktiviteter (biltrafikk, industri, søppelfyllplasser m.m.) kan medføre betydelige PAH-forurensninger i vassdrag.

PAH i ferskvann er bare sporadisk undersøkt her i landet, og vi kjenner lite til stoffenes utbredelse og konsentrasjon. En undersøkelse av Padderudvannet (v/E18, nær Oslo) som ble utført i begynnelsen av 80-årene av Lygren og Gjessing (1984), viste at avrenningen fra motorveier var betydelig. På samme tid fant Knutzen (1984) høye konsentrasjoner i Heddalsvannet, som tidligere var resipient for et ferromanganverk. Videre viser nyere undersøkelse (1991) bl.a. av Padderudvannet økte verdier (Bækken og medarb., in press). Mer tilfeldige observasjoner bl.a. i Farrisvannets sedimenter har også gitt relativt høye konsentrasjoner (Holtan og medarb., 1983).

Internasjonale undersøkelser f.eks. i Canada (se ref. i Knutzen, 1989), har vist at PAH-konsentrasjonen, kan være uønsket høy i vannforekomster som ligger utsatt til for industriforensninger.

## 1.2 Målsetning

Samtidig med utarbeiding av program for denne undersøkelsen ble det planlagt gjennomført en liknende undersøkelse i Farris (drikkevannskilde for store deler av Vestfold fylke). Det var da av interesse å påvise eventuelle konsentrasjonsgradienter fra potensielt utsatte innsjøer til mer avsidesliggende. Opprinnelig ble det derfor planlagt å gjennomføre en mer regional undersøkelse i Østlandsområdet. På grunn av redusert bevilgning ble undersøkelsene begrenset til Maridalsvannet og vassdraget, samt Femunden og Farris.

Hovedmålsetningen med undersøkelsen har vært å belyse ovennevnte forhold (kap. 1.1), dvs. PAH-nivået i vann og sedimenter fra to representative større drikkevannskilder og en større innsjø fjernt fra sivilisatorisk påvirkning ved trafikk og lokal luftforurensning.



## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingstidspunkt

De benyttede prøvetakingsstasjoner fremgår av fig. 1 (Maridalsvannet med tilløp og utløp) og av fig. 2 (Maridalsvassdraget), mens beliggenhet av innsjøene Farris og Femunden sammen med enkelte tidligere undersøkte vannforekomster, er vist i fig. 3.

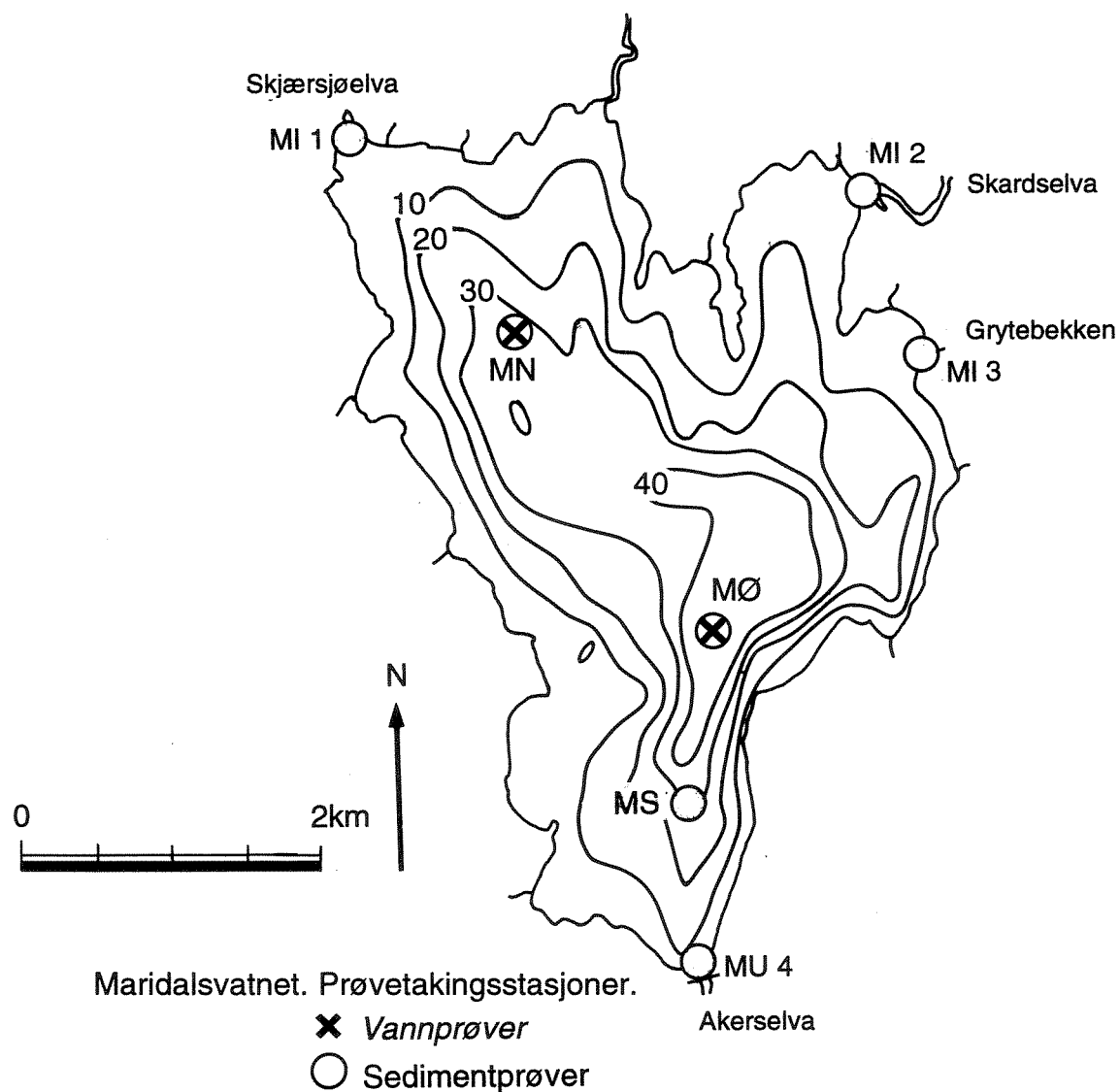


Fig. 1. Maridalsvannet med prøvetakingsstasjoner 1993

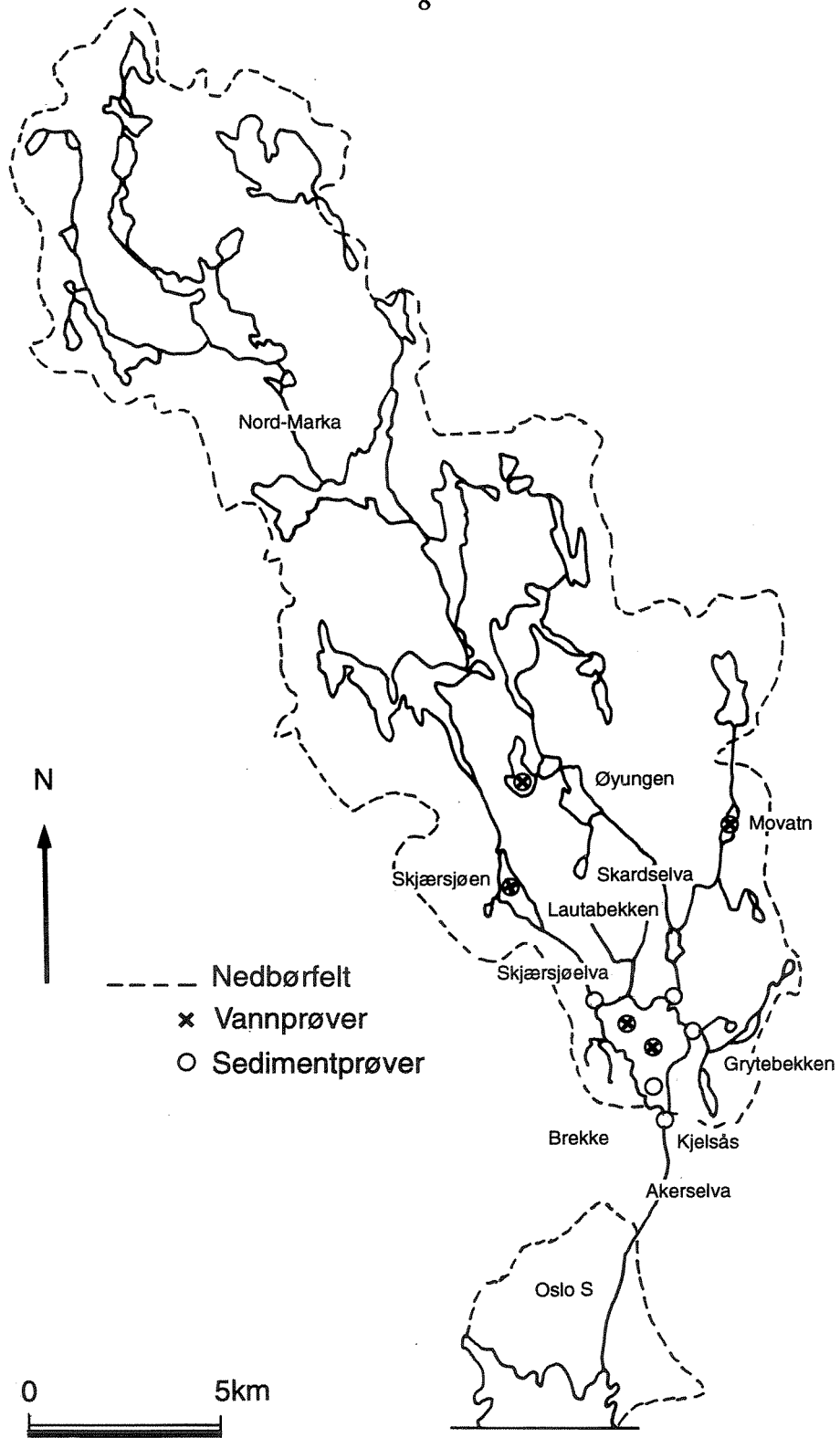


Fig. 2. Maridalssvassdraget med prøvetakingsstasjoner 1993

I følge programmet ble det innhentet vannprøver fra overflate- (1 m) og dyplag (ca. 1 m over bunnen) fra to stasjoner i Maridalsvannet (fig. 1 og nedenfor) og prøver fra en stasjon i innsjøene Movannet, Skjærsvjøen og Øyungen, hhv den 11. og 10. juni. (fig. 2 og nedenfor). Fra Femunden ble det samlet inn vannprøver fra to stasjoner den 7. oktober (se nedenfor). Tilsammen ble det fra disse lokaliteter samlet inn 14 vannprøver.

Videre ble det innhentet sedimentkjerner fra de samme stasjoner og i tillegg 3 prøver fra innløps- og 2 prøver fra utløpsområdet til Maridalsvannet (fig. 1), i alt 12 sedimentkjerner.

|      |                     |  |
|------|---------------------|--|
| MN   | Maridalsvannet Nord | Nær Maridalsveien, ca. 38 m dyp                            |
| MØ   | Maridalsvannet Øst  | Nær/i omr. hvor drikkevannsinnt. er plassert, ca. 40 m dyp |
| MS   | Maridalsvannet Sør  | Nær Brekkeveien, ca. 20 m dyp                              |
| MI1  | Innløp Nordvest     | Skjærsvjøelva  |
| MI2  | Innløp Nordøst      | Skardselva   |
| MI3  | Innløp Øst          | Grytebekken  |
| MU4  | Utløp               | Akerselva  |
| MO   | Movannet            | Innsjøens sentrale vannmasser, ca. 12 m dyp                |
| Sk   | Skjærsvjøen         | Innsjøens sentrale vannmasser, ca. 18 m dyp                |
| ØY   | Øyungen             | Innsjøens sentrale vannmasser, ca. 25 m dyp                |
| FEI  | Femunden N          | Nord for Elgå, ca. 40 m dyp                                |
| FEII | Femunden S          | Dypeste område, 150 m dyp                                  |

Den 24.8 ble det samlet inn sedimentkjerner fra 4 stasjoner i Farris h.h.v. st. I, nær utløpet (28 m dyp), st. II, (72 m dyp), st. III, (120 m dyp) og st. IV (127 m dyp). Resultatene fra denne observasjons-serien og for 3 serier fra enkelte av tilløpene (vannprøver) er foreløpig bearbeidet (H. Holtan, 1993). Undersøkelse av Farris vil imidlertid fortsette i 1994. For nærmere spesifisering av prøvetakingssteder etc. og mer utførlig informasjon om resultatene herfra, vises til 1993-rapporten og senere rapporter.

## 2.2 Prøvetakings- og analysemetoder

Vannprøvene ble samlet inn på spesialvaskede 5-liters glassflasker. Sedimentprøvene ble tatt ved hjelp av en rørhenter med indre diameter 60 mm (Skogheim, 1979). Kjernen ble splittet i 2 cm tykke sjikt, overflatesedimenter 0-2 cm og dyplagsedimenter i varierende nivå, innenfor 10-22 cm (tab. 2).

De analysemetoder som er anvendt er inngående beskrevet av Berglind og Gjessing (1980) og er her bare kort gjennomgått.

Fremgangsmåten kan sammenfattes i følgende punkter:

1. Ekstraksjon av PAH fra prøven (vann og sediment)
2. Rensing av ekstrakt for fjerning av forstyrrende stoffer (clean-up)
3. Separasjon av PAH-forbindelsene på GC-FID og GC-MSD
4. Identifikasjon og kvantifisering av de ulike PAH.

Vannprøvene ble ekstrahert i prøveflaskene med cyklohexan vha magnetrører. Ekstraktene ble deretter redusert i volum og rensset på silicagel før analyse. Sedimentprøvene ble først frysetørket og deretter ekstrahert i Soxhletapparat med cyklohexan. Sedimentekstraktene ble rensset ved partisjonering med N, N-dimetylformamid (DMF). Deretter ble ekstraktene rensset på silicagel.

Den gasskromatografiske separasjon ble utført på gasskromatograf (Hewlett Packard 5890 Series II) utstyrt med glasskapillarkolonne, "splitless injector" og masseselektiv detektor (MSD).

Forbindelsene ble identifisert ut fra retensjonstider og selektive ioner. Kvantifisering skjedde ut fra indre standarder som ble tilsatt prøvene før ekstraksjon.

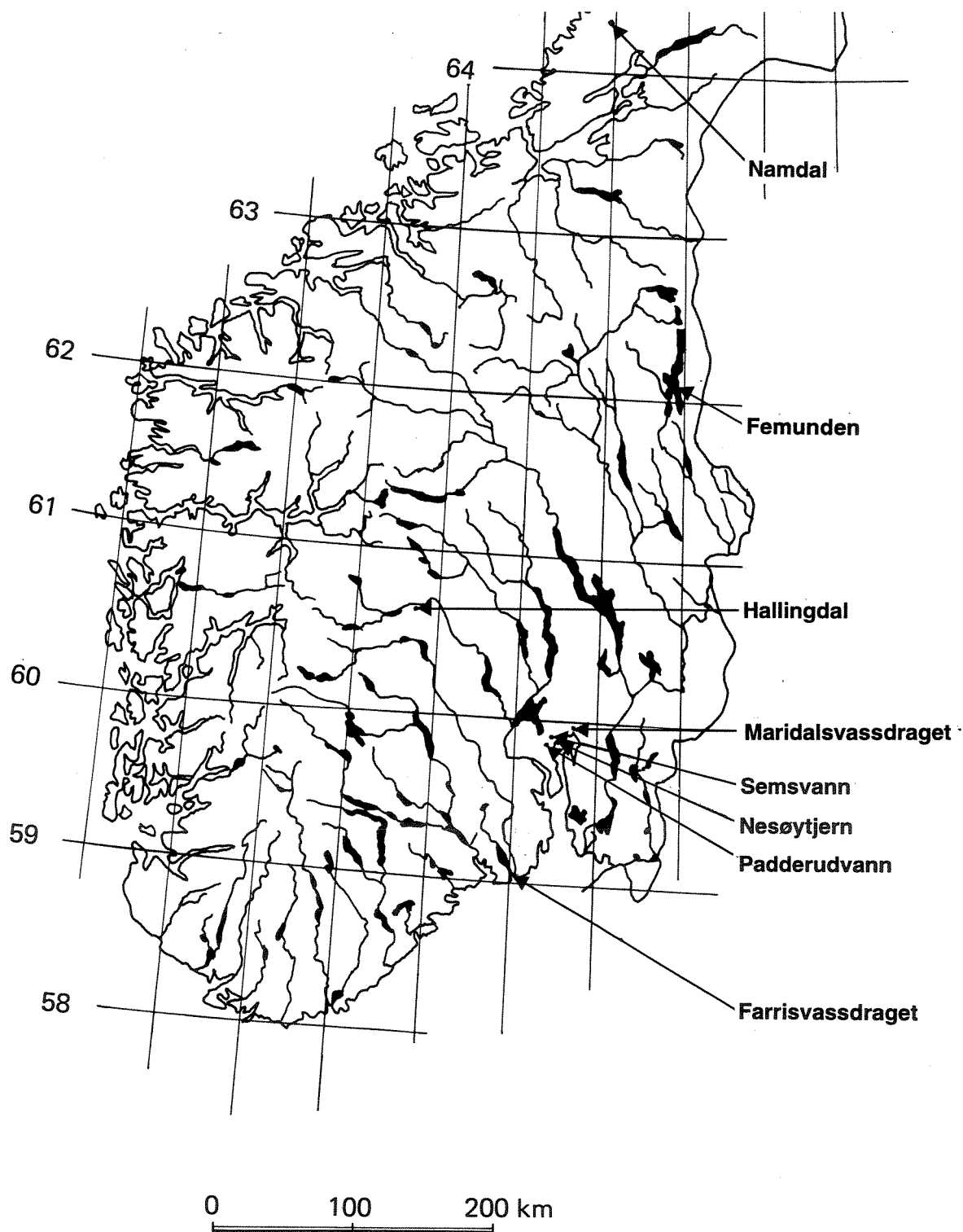


Fig. 3. Sør-Norge. Enkelte lokaliteter hvor det ved forskjellige anledninger er foretatt PAH-målinger i vann/sedimenter i perioden 1989-1993

## 3. PAH-KILDER, TRANSPORTVEIER OG BAKGRUNNSNIVÅER

### 3.1 PAH-kilder og transportveier

Den følgende fremstilling (kap. 3) er i sin helhet hentet fra Knutzen (1989). For øvrige referanser til "PAH-kilder og transportveier" vises til denne rapporten.

Ved siden av kull og råolje er den primære kilde for PAH alle former for ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Ved oppheting spaltes større organiske molekyler (pyrolyse), og de ofte ustabile spaltingsproduktene kan reagere med hverandre eller andre stoffer til PAH (pyrosyntese). Dette hovedprinsippet omfatter en rekke dannelsesveier, som gir bakgrunnen for at PAH og beslektede heterosykliske stoffer omfatter mange hundre forbindelser.

Kull inneholder en betydelig andel aromater, sammenbundet til et polymert materiale. PAH ekstraheres derfor bare vanskelig fra kull, men forbindelsene frigjøres/dannes når kull varmes opp eller prosesseres.

Råolje inneholder en varierende mengde PAH (<1-10%) og med et klart høyere innslag av alkylerte PAH enn i produktene fra ufullstendig forbrenning, der usubstituerte molekyler dominerer. I skiferolje og syntetisk olje fra kull kan PAH-andelen være så høy som 15%. Etter raffinering er PAH oppkonsentrert i de tyngre fraksjonene (bunkersolje, asfalt).

Også naturgass kan være en forurensningskilde for PAH.

Nåtidig naturlig dannelse av enkelte PAH-forbindelser menes først og fremst å skje i et reduserende miljø med utgangspunkt i bl.a. biologiske fargestoffer bygget over en polyaromatisk grunnstruktur (f.eks. forskjellige kinoner). Slike prosesser finner typisk sted i myrer og anaerobe sedimenter, der PAH også er meget stabile. Andre forløpere til PAH er isoprenoider og terpenoider.

Bare relativt få PAH dannes i særlige mengder på denne måten. Det beste eksemplet er kanskje perylen, dessuten reten, pinantren, og enkelte fenantren- og chrysenderivater. Naturlig forekommende PAH i kull omfatter reten og metylerte chrysener, picener og fenantrener.

Vulkanutbrudd og særlig skogbranner er sammen med sig fra oljeforekomster de viktigste årsakene til at man har et naturlig bakgrunnsnivå av en rekke PAH som samtidig kommer fra menneskelig virksomhet.

Direkte biosyntese ved visse bakterier, alger og høyere planter, har vært hevdet påvist, men bevismaterialet er omdiskutert og tvilsomt.

Sivilisatoriske kilder omfatter først og fremst forbrenning av fossilt brensel, enten for oppvarmings- og strømforsyningsformål eller i forbindelse med industri, spesielt en del typer smelteverk, koksproduksjon og raffinering. Bilavgasser og asfaltslitasje er også betydelige kilder.

Til vann kommer PAH som direkte atmosfærisk nedfall, ved avrenning fra land, oljespill og med kloakkutslipp og industrielt spillvann. I Norge spiller utslipp til luft og vann fra smelteverk (aluminium-, ferrolegering- og karbidproduksjon) en særlig viktig rolle for lokale resipienter.

For kvantifisering av ulike kilders betydning i forskjellige sammenheng vises til ovennevnte rapport og til Berge og medarb. (in press).

### 3.2 Bakgrunnsnivåer

Med uttrykket "bakgrunnsnivåer" menes her konsentrasjoner som det er vanlig å registrere i vannforekomster utenfor direkte innflytelse av punktkilder. Knutzen (1989) antyder i sin rapport som tentativ retningslinje at tilnærmet uberørt ferskvann neppe inneholder mer enn 0.1-1 ng/l Benzo(a)pyren og 20-50 ng/l Total PAH, men tilføyer at regnvann ofte kan inneholde mer enn overflatevann. Det understrekes i rapporten at "pålitelige data om PAH-konsentrasjoner i ferskvannsføremønstre er begrenset". Videre at PAH har en kompleks vannkjemi. Et karakteristisk trekk er tilknytningen til partikler og dermed ofte svingninger i takt med vannets turbiditet. Et annet forhold er assosiasjonen med humus og derved redusert ekstraherbarhet.

M.h.t. ferskvannsedimenter viste Knutzen (1989) at variasjonen i Total-PAH i overflatesedimenter som antas å være utenfor innflytelse av utslipp til vann, går over mer enn 2 størrelsesordener, og fant det derfor ikke mulig å operere med et praktisk anvendelig bakgrunnsintervall. For bl.a. Benzo(a)pyren ble det i gjennomgått datamateriale funnet en variasjon på mer enn 3 størrelsesordener. Datagrunnlaget om PAH i naturlige innsjøsedimenter i Norge er dessuten sparsomt. Van de Meent og medarb. (1990) har gitt noen eksempler på maksimale akseptable risikonivåer (MAR) for PAH-komponenter i ferskvannsedimenter og eksempler på bakgrunnsverdier i "preantropogene" Rhinsedimenter:

| PAH-komponenter<br>(Benevning, mg/kg tørrvekt) | MAR | "Bakgrunn" |
|--|-----|------------|
| Antracen                                       | 5.2 | 0.02       |
| Benzo(a)antracen                               | 2.0 | 0.001      |
| Benzo(k)fluoranten                             | 2.5 | 0.005      |
| Benzo(g,h,i)perylene                           | 2.0 | 0.003      |
| Benzo(a)pyren                                  | 2.5 | 0.004      |
| Chrysen  | 2.0 | 0.005      |
| Fenantren                                      | 4.6 | 0.03       |
| Fluoranten                                     | 1.6 | 0.01       |
| Indeno(1.2.3-cd)pyren                          | 2.5 | -          |
| Naftalen                                       | 1.3 | -          |

Det gjøres oppmerksom på at de preantropogene sedimenter er vanskelig å sammenlikne med de sedimentkjerner vi måler i her i landet, særlig med overflatesedimentene (kap. 4.2, s. 18) . Videre understrekes det at MAR-verdiene ikke er forslag til kriterier.

## 4. RESULTATER OG KOMMENTARER

Samtlige analyseresultater av PAH er angitt i tabellene I til VIII i Vedlegg. I teksten som følger vil bare hovedresultatene bli fremstilt i summariske tabeller.

### 4.1 PAH i vann

Resultatene av vannprøvene fremgår av tabellene I til III i Vedlegg, tabellen nedenfor og fig. 4.

Tabell 1 gir en oversikt over Total-PAH, egentlige PAH-komponenter, sum potensielt kreftfremkallende komponenter (KPAH, etter IARC, 1987) og Benzo(a)pyren, som bl.a. Folkehelsa anvender i sine kvalitetsnormer (1987).

Tabell 1. PAH-verdier i vannprøver fra innsjøene Maridalsvannet, Movannet, Skjærsvjøen, Øyungen og Femunden 1993 samt 3 råvannskilder (benevning: nanogram/l).

0 = <0.2 ng/l \* = 1 m over bunnen. \*\* = Råvannskilde.

| STASJON      | DATO    | TOT - PAH       |             | EGENTL. PAH     |             | SUM KPAH        |             | B(a) PYREN      |             |
|--------------|---------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
|              |         | Overfl<br>(1 m) | Dyplag<br>* | Overfl<br>(1 m) | Dyplag<br>* | Overfl<br>(1 m) | Dyplag<br>* | Overfl<br>(1 m) | Dyplag<br>* |
| ØY           | 10/6-93 | 26.6            | 19.2        | 5.1             | 7.6         | 0.2             | 1.4         | 0               | 0           |
| MO           | 10/6-93 | 36.9            | 22.0        | 13.7            | 9.3         | 0.6             | 1.6         | 0.2             | 0.2         |
| SK           | 10/6-93 | 26.4            | 35.6        | 6.9             | 15.5        | 0.7             | 2.7         | 0               | 0.3         |
| MN           | 11/6-93 | 62.7            | 23.0        | 24.5            | 5.8         | 1.2             | 1.0         | 0.2             | 0           |
| MØ           | 11/6-93 | 32.0            | 20.3        | 5.0             | 6.0         | 0.2             | 1.2         | 0               | 0           |
| FE I         | 7/10-93 | 11.4            | 9.6         | 6.9             | 5.9         | 0               | 0           | 0               | 0           |
| FE II        | 7/10-93 | 29.4            | 8.3         | 10.7            | 4.9         | 0               | 0           | 0               | 0           |
| Hallingdal** | 21/9-93 | 133.1           |             | 111.5           |             | 1.3             |             | 0               |             |
| Namdal**     | 15/1-93 | 9.3             |             | 8.1             |             | 0               |             | 0               |             |
| Rana**       | 4/10-91 | 14.0            |             | 6.3             |             | 0.8             |             | 0               |             |

Tot-PAH = Total-PAH, Egentl. PAH = PAH-komponenter fra og med Fluoren (dvs. fratrukket disykliske forbindelser, som for det meste er oljeavledet), Sum KPAH = sum potensielt kreftfremkallende PAH, B(a)pyren = Benzo(a)pyren.

#### Kommentarer til PAH i vannprøver (tabell 1, fig. 4)

Resultatene viser nivåer fra ca. 8-63 ng/l. I overflateprøvene fra innsjøene i Maridalsvassdraget varierte verdiene for Total-PAH fra ca. 26.5 ng/l (Skjærsvjøen og Øyungen) til ca. 63 ng/l (Maridalsvannet, st. MN). I dyplagene var variasjonsbredden fra ca. 19 (Øyungen) til ca. 36 (Skjærsvjøen) ng/l. I dypvannsprøvene fra Maridalsvannet var verdiene hhv 20.3 (st. MØ) og 23.0 (st. MN) ng/l. I prøvene fra Femundens overflatelag var Total-PAH 11.4 og 29.4, i dyplagene 9.6 og 8.3 ng/l, st. I og II, hhv.

De høyeste verdiene som ble målt i Maridalsvannet for Total-PAH, skyldes i vesentlig grad naftalener som er funnet ikke å være kreftfremkallende. De egentlige PAH-komponenter var også høyest i de samme prøver, og lavest i prøvene fra Femunden og Øyungen. Forekomst av potensielt kreftfremkallende PAH-komponenter var lavt i alle prøver, og ble ikke påvist i prøvene fra Femunden.

I henhold til Verdens helseorganisasjon (WHO, 1984) og Folkehelsas normer for godt drikkevann, skal konsentrasjonen av Benzo(a)pyren være lavere enn 10 ng/l. Av tabell 1 fremgår at de målte verdier var lavere i alle prøver. Benzo(a)pyren ble ikke påvist i prøvene fra Femunden og heller ikke i Øyungen, Skjær sjøens overflate lag eller st. MØ (nærmest drikkevannsinntaket) i Maridalsvannet. For øvrig varierte verdiene fra 0.2 ng/l som ble funnet i prøven fra Maridalsvannets dyplag (st. MN) og i prøvene fra Movannet, både overflate- og dyplag til 0.3 ng/l, som ble påvist i Skjær sjøens dypvannsmasser.

PAH-innholdet i norsk drikkevann har vært lite undersøkt. Som sammenlikningsgrunnlag vises derfor til resultater for tre enkeltprøver fra såkalt upåvirket overflatevann (råvannskilder), en prøve fra Rana i 1991, og to 1993-prøver, en fra Namdalen og en fra Hallingdal. Total-PAH refereres som lavt i disse prøver, dvs. 14 ng/l i "Ranaprøven", 9.3 ng/l i "Namdalsprøven" og 133.1 ng/l i "Hallingdal-prøven". Sum KPAH var hhv 0.8, 0 og 1.3 ng/l. Benzo(a)pyren ble ikke påvist i noen av prøvene. I "Hallingdalprøven" var innholdet av detekterte forbindelser høyere enn hva som er vanlig i upåvirket overflatevann, men tilfredsstillende mht PAH-innhold i drikkevann, iflg. WHO's og Folkehelsas krav (pers. medd. L. Berglind). Som vist ovenfor ligger resultatene for "Rana"- og "Namdalsprøven" i samme område som for de fleste prøvene fra Maridalsvassdraget og fra Femunden, og dermed innenfor antatt bakgrunnsnivå (kap. 3.2).

Overflateprøven fra st. MN i Maridalsvannet var den eneste hvor resultatene for Total-PAH (62.7 ng/l) lå høyere enn de antatte bakgrunnsverdier for tilnærmet "uberørt" ferskvann, (20-50 ng/l). For Benzo(a)pyren var alle resultater innenfor intervallet 0.1-1 ng/l.

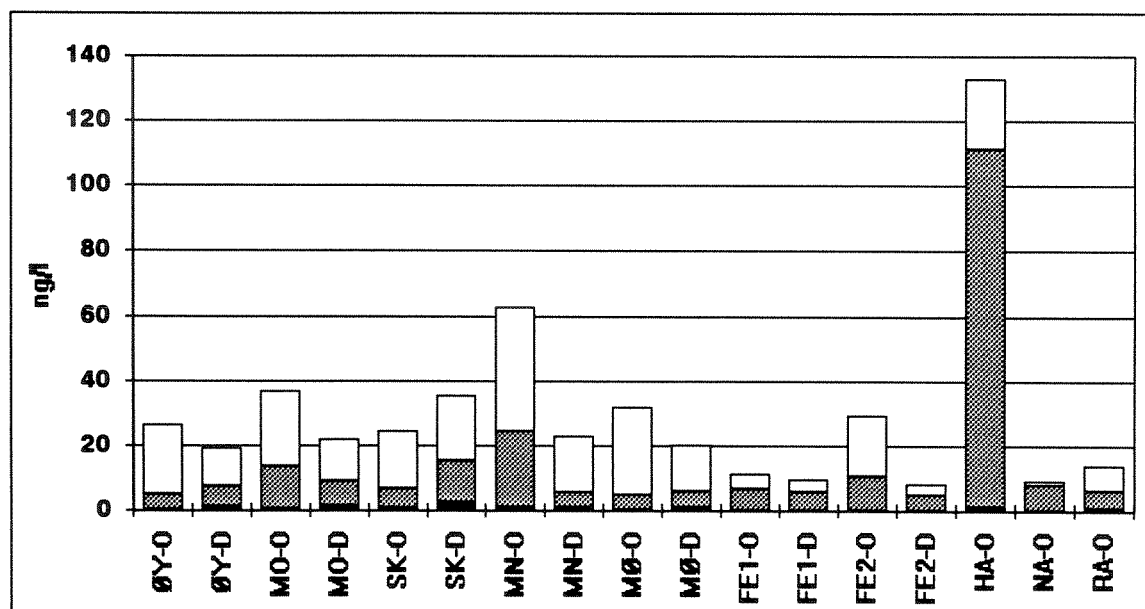


Fig. 4. Total-PAH (hel søyle), oljebaserte PAH-komponenter (grå og sort del av søyle) og karsinogent PAH (sort del av søyle) i vannprøver fra O = overflate (1 m), og D = dyplag (1 m over bunnen) fra Maridalsvassdraget og Femunden 1993, samt enkelte råvannskilder 1991-1993 (Ha=Hallingdal, Na=Namdalen og Ra=Rana)



## 4.2 PAH i sedimenter

Resultatene fra sedimentprøvene fremgår av tabellene IV til VIII i Vedlegg, tabellen nedenfor og fig. 5 - 7.

Verdiene for Total-PAH, Sum KPAH, Benzo(b)fluoranten, Benzo(a)pyren og perylen er fremstilt i tabell 2 A og B.

Tabell 2. Konsentrasjoner av PAH-komponenter i sedimentprøver fra Maridalsvannet med inn- og utløp, Movannet, Skjærsjøen og Øyungen, samt fra 2 stasjoner i Femunden og 4 stasjoner i Farris, 1993, 5 stasjoner i Padderudvann (PA), 1 stasjon i Sems vann (SE), 1991 og 1 stasjon i Nesøytjern, 1989 (benevning: µg/kg tørrvekt).

0= <0.5 µg/kg tørrvekt

### A: Overflatesedimenter (0-2 cm)

| STASJON  | DATO     | TOT-PAH | SUM KPAH |         | B(b)FLUORANTEN |        | B(a)PYREN |        | PERY-LEN |
|----------|----------|---------|----------|---------|----------------|--------|-----------|--------|----------|
|          |          |         |          | % T-PAH |                | % KPAH |           | % KPAH |          |
| FE I     | 7/10-93  | 503     | 124      | 25      | 56             | 45     | 17        | 14     | 13       |
| FE II    | 7/10-93  | 1635    | 488      | 30      | 412            | 84     | 29        | 6      | 111      |
| ØY       | 10/6-93  | 22279   | 13181    | 59      | 4205           | 32     | 1032      | 8      | 281      |
| MO       | 10/6-93  | 6765    | 2761     | 41      | 1590           | 58     | 196       | 7      | 2483     |
| SK       | 10/6-93  | 4991    | 2889     | 58      | 1253           | 43     | 201       | 7      | 421      |
| MI 1     | 11/6-93  | 8070    | 3830     | 47      | 1170           | 31     | 624       | 16     | 153      |
| MI 2     | 11/6-93  | 1879    | 950      | 51      | 403            | 42     | 115       | 12     | 59       |
| MI 3     | 11/6-93  | 1263    | 605      | 48      | 241            | 40     | 91        | 15     | 81       |
| MN       | 26/6-89  | 5864    | 3179     | 54      | 1738           | 55     | 419       | 13     | 132      |
| MN       | 26/10-89 | 3248    | 1376     | 42      | 799            | 58     | 94        | 7      | 0        |
| MN       | 11/6-93  | 4928    | 2824     | 57      | 1380           | 49     | 246       | 9      | 109      |
| MØ       | 11/6-93  | 6107    | 3449     | 56      | 1780           | 52     | 246       | 7      | 539      |
| MS       | 11/6-93  | 2230    | 1199     | 54      | 543            | 45     | 174       | 15     | 162      |
| MU 4     | 11/6-93  | 3312    | 1609     | 49      | 766            | 48     | 171       | 11     | 198      |
| PA 3 m S | 15/10-91 | 7297    | 1050     | 14      | 449            | 43     | 112       | 11     | 159      |
| PA 6 m S | 15/10-91 | 6458    | 1386     | 21      | 715            | 52     | 121       | 9      | 251      |
| PA 20 m  | 15/10-91 | 53273   | 1677     | 3       | 892            | 53     | 139       | 8      | 103      |
| PA 3 m N | 15/10-91 | 3712    | 136      | 4       | 67             | 49     | 15        | 11     | 262      |
| PA 6 m N | 15/10-91 | 25091   | 1013     | 4       | 452            | 45     | 108       | 11     | 173      |
| SE 24 m  | 15/10-91 | 33735   | 4044     | 12      | 1893           | 47     | 436       | 11     | 386      |
| NE       | 2/6-89   | 21502   | 7768     | 36      | 3648           | 47     | 1336      | 17     | 395      |
| NE       | 19/10-89 | 3298    | 2200     | 37      | 1302           | 59     | 385       | 17     | 0        |
| FA I     | 24/8-93  | 6037    | 3422     | 57      | 2.043          | 60     | 198       | 6      | 492      |
| FA II    | 24/8-93  | 10114   | 6211     | 61      | 3404           | 55     | 337       | 5      | 161      |
| FA III   | 24/8-93  | 12049   | 6879     | 57      | 3389           | 49     | 346       | 5      | 711      |
| FA IV    | 24/8-93  | 8690    | 4678     | 54      | 2195           | 47     | 262       | 6      | 116      |

### Kommentarer til prøver fra overflatesedimenter (tabell 2A, fig. 5 og 6)

Analysene ble tatt av de øverste to cm av sedimentet. Bortsett fra den ene verdien fra Øyungen som var spesielt høy, varierte verdiene i prøvene fra Maridalsvassdraget i størrelsesorden fra 1300 til 8100 µg/kg tørrvekt. Som ventet var konsentrasjonene i prøvene fra Femunden lavere enn i de øvrige innsjøprøver (ca. 500 µg/kg på den ene stasjonen og vel 1650 µg/kg på den andre). Innholdet av Sum KPAH var relativt høyt i Maridalsprøvene (41-59% av total-PAH), dvs. i samme nivå som i prøver fra Maridalsvannet i 1989 og i omtrentlig samme nivå som i prøver fra Farris i 1983 og 1993 (54-61% av Total-PAH). I Femunden var de målte KPAH-konsentrasjonene lavere, 25 og 30% av Total-PAH.

I prøver av overflatesedimentene tatt sentralt i innsjøene Padderudvannet og Semsvannet ble det i 1991 funnet svært høye Total-PAH-verdier, mens innholdet av KPAH var lavt i forhold til resultatene for Maridalsvassdraget og for Farris. Høyest KPAH-verdi ble funnet i prøven fra Øyungen (vel 13000 µg/kg, dvs. 59 % av det totale). Total-PAH lå her i samme område som i analyseresultater fra Nesøytjern i Asker (1989), mens Sum KPAH var langt høyere i Øyungens overflatesedimenter enn i Nesøytjernets. Av KPAH-komponentene var Benzo(b)fluoranten viktigst i alle prøver, så nær som i prøven fra Øyungen hvor innholdet av Ind(1,2,3cd)pyren var høyest (38%) og dernest Benzo(b)-fluoranten (32%). Benzo(a)pyren ble påvist i alle prøver og varierte fra 7 til 16 % av Sum KPAH.

### B: Dyplagsedimenter (Tabell 2. Forts.)

| STASJON | DYP/cm | TOT-PAH | SUM KPAH |         | B(b)FLUORANTEN |        | B(a)PYREN | PERY-LEN |
|---------|--------|---------|----------|---------|----------------|--------|-----------|----------|
|         |        |         |          | % T-PAH |                | % KPAH |           |          |
| FE I    | 12-14  | 256     | 10       | 3.9     | 5              | 50     | 0         | 100      |
| FE II   | 14-16  | 8815    | 8        | 0.1     | 8              | 100    | 0         | 8500     |
| ØY      | 20-22  | 2532    | 316      | 12.5    | 104            | 33     | 41        | 2020     |
| MO      | 20-22  | 3975    | 0        | 0       | 0              | 0      | 0         | 3923     |
| SK      | 20-22  | 3008    | 51       | 1.7     | 20             | 39     | 0         | 2906     |
| MI 1    | 14-16  | 1615    | 36       | 2.2     | 0              | 0      | 28        | 1269     |
| MI 2    | 10-12  | 1069    | 525      | 49.1    | 221            | 42     | 70        | 175      |
| MI 3    | 10-12  | 939     | 491      | 52.3    | 197            | 40     | 71        | 75       |
| MN      | 20-22  | 3511    | 14       | 0.4     | 14             | 100    | 0         | 3473     |
| MØ      | 20-22  | 4891    | 49       | 1.0     | 27             | 55     | 0         | 4834     |
| MS      | 20-22  | 2656    | 44       | 1.7     | 26             | 59     | 0         | 2600     |
| MU 4    | 10-12  | 4891    | 49       | 4.4     | 27             | 55     | 0         | 4834     |
| FA I    | 20-22  | 37      | 5        | 13.5    | 5              | 100    | 0         | 25       |
| FA II   | 20-22  | 1341    | 16       | 1.2     | 10             | 63     | 0         | 1225     |
| FA III  | 20-22  | 4945    | 542      | 11.0    | 234            | 43     | 38        | 3513     |
| FA IV   | 16-18  | 264     | 24       | 9.1     | 24             | 100    | 0         | 197      |

### Kommentarer til prøver fra dyplagsedimenter (tabell 2B, fig. 6 og 7)

På grunn av varierende sedimentforhold og tilstand under prøvetaking var det umulig å hente opp vel 20 cm lange søyler alle steder. Dyplagsjiktet er derfor ikke det samme på alle stasjoner, men representerer materialavsetninger før den industrielle tid.

I de fleste prøvene var PAH-konsentrasjonene i overflatesedimentene langt høyere enn i sedimenter fra dypere områder, mens forholdet var omvendt i to av prøvene. Dette var tilfelle for st. MU4 (Utløp Maridalsvannet) og st. FEII (Femunden). For begge stasjoner/prøver var perylen dominerende høyt med hhv 99 og 96% av Total-PAH. For øvrig forekom perylen i forholdsmessig høye konsentrasjoner og var det dominerende innslag i de fleste prøver fra dyplagsedimentene. I følge Wakeham og medarb. (1979) synes dette å være et kjent fenomen for ferskvannsedimenter (se også andre ref. i Knutzen, 1989). Perylen er en av enkelte PAH-komponenter som kan dannes naturlig (kap. 3.1). For øvrig kan bemerkes at perylen aldri er funnet som et så dominerende innslag i saltvanns- eller brakkvannsedimenter. Resultatene viser også at nivået i ferskvannsedimenter uten nærhet til punkt-kilder kan ligge betydelig over det man finner i tilnærmet "uberørte" marine områder (pers. medd. J. Knutzen). Antakelig kan dette skyldes at innholdet av organisk stoff (som PAH assosieres med) ofte er mye høyere i ferskvannsedimenter.

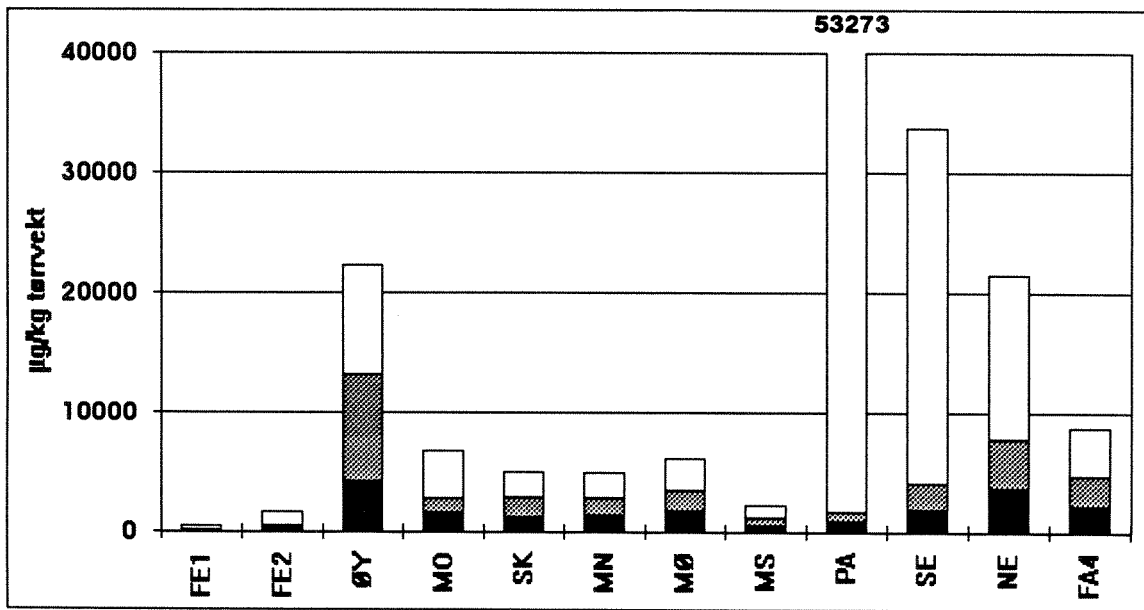


Fig. 5. Femunden, Maridalsvassdraget, Padderud- og Sems vann (Pa og Se), Nesøytjern (Ne) og Farris (Fa). Total PAH (hel søyle), karsinogent PAH (grå og sort del av søyle) og Benzo(b)-fluoranten (sort del av søyle) i overflatesedimenter 1993 (Pa og Se 1991, Ne 1989)

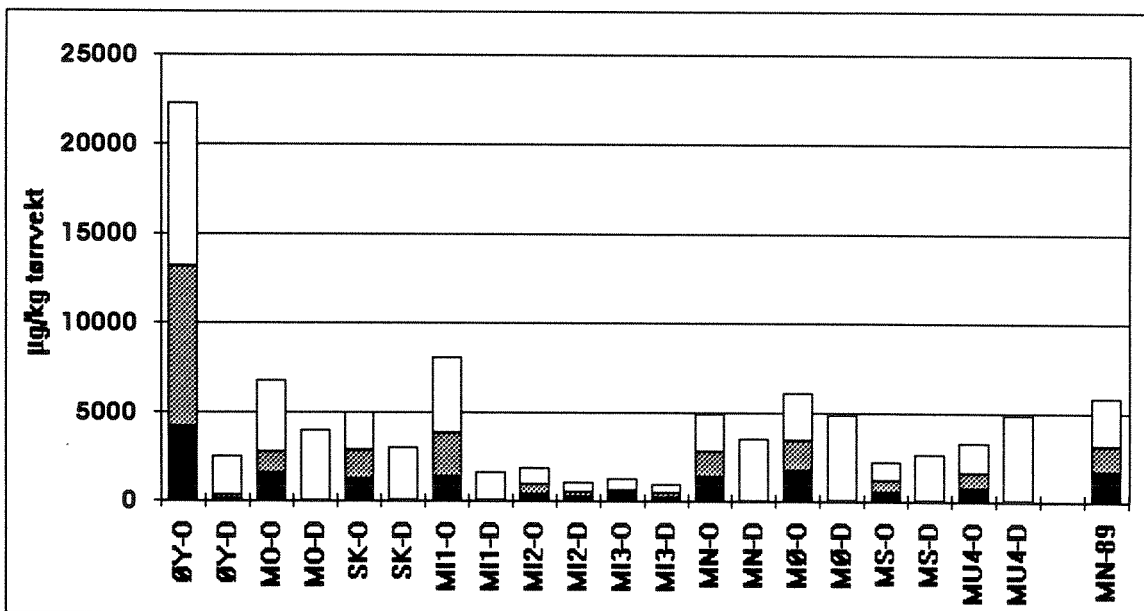


Fig. 6. Maridalsvassdraget. Total PAH (hel søyle), karsinogent PAH (grå og sort del av søyle) og Benzo(b)fluoranten (sort del av søyle) i sedimentprøver fra O = overflate- og D = dyplag 1993

Innholdet av KPAH var i alle prøver lavt i forhold til i overflatesedimentene og varierte fra 0 (st. MO) til 13.5 (st. FAII)  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i innsjøsedimentene. I to av tilløps-bekkene til Maridalsvannet (st. MI2 og MI3, Skardselva og Grytebekken hhv) var KPAH-innholdet en del høyere, ca. 50 % av Total-PAH. Som i de fleste prøver fra overflatesedimentene var Benzo(b)-fluoranten dominerende også i "dyplagsprøvene" (opptil 100% av Sum KPAH). Bare i prøven fra st. MI1 (Skjærsløelva) var Benzo(a)pyren viktigst, og utgjorde her 78% av Sum KPAH. Benzo(a)pyren ble for øvrig påvist i 5 av 16 prøver, Benzo(b)fluoranten i 14, og for 4 av prøvene med 100 %.

Konsentrasjonene i dypvannsedimentene både i Maridalsvassdraget og Farris stemmer så noenlunde med van de Meents foreslåtte bakgrunnsverdier, eller/og lå noe høyere hvor forekomst (kap. 3.2). Konsentrasjonene av de fleste stoffer i de fleste prøver fra overflatesedimentene er langt høyere. Alle verdier ligger imidlertid til dels langt lavere enn det foreslåtte risikonivå. Det er ikke gitt risiko- eller- og bakgrunnsnivå for Benzo(b)fluoranten.

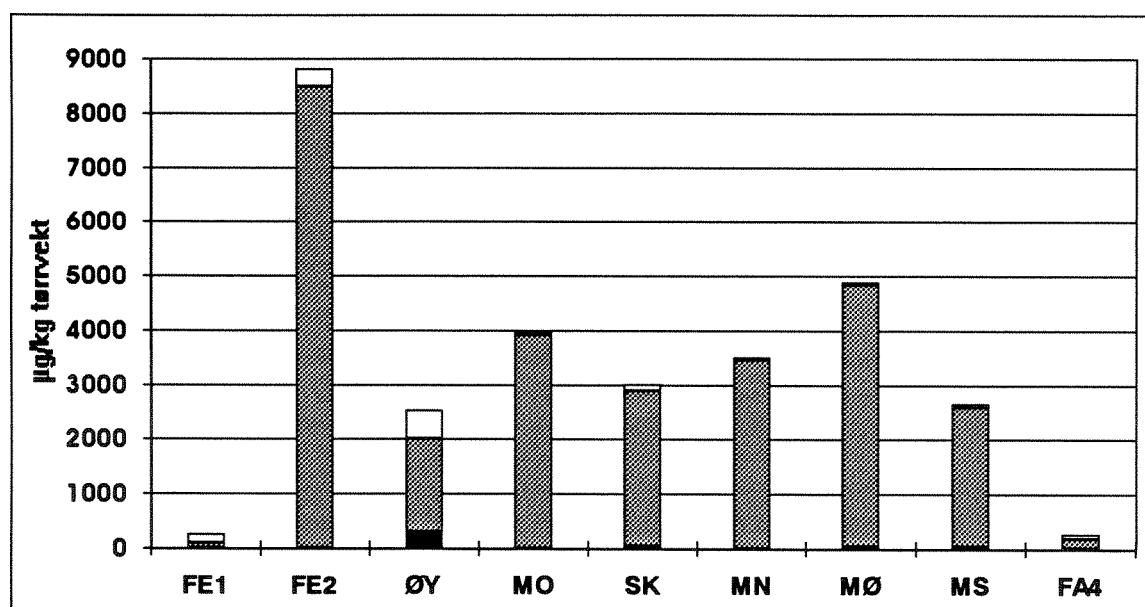


Fig. 7. Femunden, Maridalsvassdraget og Farris. Total-PAH (hel søyle,) karsinogent PAH (sort del av søyle) og perylen (grå del av søyle) i dyplagsedimenter 1993

## 5. REFERANSER

- Berge, D., Holtan, G., Innset, B., Knutzen, J. og S. Larsen, 1993: Materialstrømanalyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). NIVA-/NILU-rapport (in press).
- Berglind, L. og Gjessing, E., 1980: Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster.
- Bækken, T., 1993: Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. NIVA-rapport O-92090. L.nr. 2874. 42 s.
- Bækken, T. og medarb., 1993: Forurensning fra motorveg. Langtidseffekter på vannbiologien i Padderudvannet. NIVA-prosjekt 0-91113 (in press).
- CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers), 1987: Canadian Water Quality Guidelines. March 1987. Environment Canada. Ottawa.
- Grande, M., Berglind, L., Holtan, G. og M. Walday, 1989: PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu mai- desember, 1989. NIVA-rapport O-89102. L.nr. 2461. 41 s.
- Holtan, G., Berglind, L., Erlandsen, A. H., Knutzen, J., Lindstrøm, E.-A. og M. Mjelde, 1984: Rutineovervåking i Farris - Siljanvassdraget 1983. Fagrapport om sedimenter, høyere vegetasjon og begroing. Overvåkingsrapport 125/84, NIVA-rapport O-8000227. L.nr. 1595. 38 s.
- Holtan, G. og P. Brettum, 1989: Kontrollundersøkelse av Maridalsvatnet. Årsrapport 1988. NIVA-rapport 0-85138/E-87684. L.nr. 2186. 14 s.
- Holtan, G. og H. Holtan, 1993: Avrenning fra jordbruksområder i Maridalen 1989-1991. NIVA-rapport O-85138/E-87684. L.nr. 2839. 41 s.
- Holtan, H., 1993: Farrisvannet, PAH i vann og sedimenter. Foreløpig notat. NIVA-prosjekt O-92212. 15 s.
- IARC, 1987: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humus. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC monographs volume 1 to 42. Suppl. 7. Lyon, France.
- Knutzen, J., 1984: Undersøkelse av forurensning med PAH og metaller i Heddalsvannet 1982-83. NIVA-rapport 0-82063. L.nr. 1660. 39 s.
- Knutzen, J., 1989: PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445. L.nr. 2205. 107 s.
- Lygren, E. og E. Gjessing, 1984: Highway pollution in a Nordic climate. NIVA-rapport O-79024. L.nr. 1603. 83 s.
- Skogheim, O.K., 1979: Beskrivelse av en sedimenthenter konstruert for prøvetaking av korte sedimentkjerner. Rapport for Årungenprosjektet 1979, nr. 2.

Statens institutt for folkehelse, 1987: Kvalitetsnormer for drikkevann. Hefte G2. 72 s.

Van de Meent, D., Aldenberg, T., Canton, J.H., van Gestel, C.A.M. & W. Sloof, 1990: Desire for levels. Background study for the policy document "Setting Environmental Quality Standards for Water and Soil" Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene. Report 670101 002, 58 p. + annex.

Wakeman, G., Schaffner C. and W. Giger, 1979: Polycyclic hydrocarbons in Recent lake sediments - II. Compounds derived from biogenic precursors during early diagenesis. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, Vol 44 pp 415 to 429.

WHO, 1984: Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1. Recommendations. WHO, Geneve. 130 s.

## 6. VEDLEGG

|               |             |  |
|---------------|-------------|--|
| <b>Tabell</b> | <b>I</b>    | <b>Maridalsvannet. PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra to st. (MN og MØ) overflate (1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 11.6-93</b>                          |
| <b>Tabell</b> | <b>II</b>   | <b>Movann (MO), Øyungen (ØY) og Skjærsjøen (SK). PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra overflate (1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 10.6-93</b>              |
| <b>Tabell</b> | <b>III</b>  | <b>Femunden. PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra to st. (FEI og FEII) overfl.(1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 7.10-93</b>                                |
| <b>Tabell</b> | <b>IV</b>   | <b>Maridalsvassdraget. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra to st. i Maridalsvannet (MN og MØ) og fra utløpet (MU4), Akerselva (overfl. og dyplag)</b> |
| <b>Tabell</b> | <b>V</b>    | <b>Maridalsvannet. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra en st., MS, (overfl. og dyplag)</b>  |
| <b>Tabell</b> | <b>VI</b>   | <b>Maridalsvassdraget. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra tilløpene Skjærsjøelva,MI1, Skardselva, MI2, og Grytebekken, MI3, (overfl. og dyplag)</b>  |
| <b>Tabell</b> | <b>VII</b>  | <b>Movann (MO), Øyungen (SK) og Skjærsjøen (SK). PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra overflate og dyplag</b>  |
| <b>Tabell</b> | <b>VIII</b> | <b>Femunden. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra to st., FEI og FEII, (overfl. og dyplag)</b>   |

**Tabell I Maridalsvannet. PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra to st. (MN og MØ) overflate (1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 11.6-93**

Navn/lokalitet : Maridalsvannet  
 Oppdragsnr. : E-92429  
 Prøver mottatt : 11.6.93  
 Lab.kode : XAD  
 Jobb nr. : 93/120  
 Prøvetype : Vann  
 Kons. i : Ng/l  
 Dato : 2.7.93  
 Analytiker : Brg

1: Maridalsvannet N 1m  
 2: Maridalsvannet N dyp  
 3: Maridalsvannet Ø 1m  
 4: Maridalsvannet Ø dyp  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve          | 1    | 2   | 3   | 4    | 5 | 6 |
|--------------------------|------|-----|-----|------|---|---|
| Naftalen                 | 17   | 13  | 16  | 12   |   |   |
| 2-M-Naf.                 | 11   | 2.2 | 6   | 1.4  |   |   |
| 1-M-Naf.                 | 6.1  | 1.8 | 4   | 0.9  |   |   |
| Bifenyl                  |      |     |     |      |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 1.1  | 0.2 | 0.5 |      |   |   |
| Acenaftylen              | 0.4  |     |     |      |   |   |
| Acenaften                | 0.9  |     | 0.5 |      |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 1.7  |     |     |      |   |   |
| Fluoren                  | 1.4  | 0.3 | 0.7 | 0.2  |   |   |
| Fenantren                | 7.3  | 1.1 | 1.9 | 0.9  |   |   |
| Antracen                 | 0.2  |     |     |      |   |   |
| 1-Metylfenantren         | 2.8  | 0.5 | 0.4 | 0.3  |   |   |
| Fluoranten               | 3.6  | 1.2 | 0.9 | 1.1  |   |   |
| Pyren                    | 6.5  | 0.3 | 0.5 | 0.7  |   |   |
| Benz(a)antracen*         | 0.3  |     |     |      |   |   |
| Chrysen/trifenylen       | 0.9  | 0.7 | 0.4 | 0.8  |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*      | 0.5  | 0.7 | 0.2 | 0.8  |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*    |      |     |     |      |   |   |
| Benzo(e)pyren            | 0.4  | 0.4 |     | 0.4  |   |   |
| Benzo(a)pyren*           | 0.2  |     |     |      |   |   |
| Perylen                  |      |     |     |      |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*      | 0.2  | 0.3 |     | 0.4  |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1) |      |     |     |      |   |   |
| Benzo(ghi)perylen        | 0.2  | 0.3 |     | 0.4  |   |   |
| Coronen                  |      |     |     |      |   |   |
| Dibenzopyrener*          |      |     |     |      |   |   |
| SUM                      | 62.7 | 23  | 32  | 20.3 |   |   |
| Derav KPAH(*)            | 1.2  | 1   | 0.2 | 1.2  |   |   |
| %KPAH                    | 1.9  | 4.4 | 0.6 | 5.9  |   |   |
| %Tørrstoff               |      |     |     |      |   |   |

Anm.: deteksjonsgrense 0.2 ng/l

benzo(b)fluoranten inkluderer benzo(j,k)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 II Movann (MO), Øyungen (ØY) og Skjærsjøen (SK). PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra overflate (1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 10.6-93**

Navn/lokalitet : Maridalsvassdraget  
 Oppdragsnr. : E-92428  
 Prøver mottatt : 11.6.93  
 Lab.kode : XAD  
 Jobb.nr. : 93/120  
 Prøvetype : Vann  
 Kons. i : Ng/l  
 Dato : 2.7.93  
 Analytiker : Brg

1: Movann 1m  
 2: Movann dyp  
 3: Øyungen 1m  
 4: Øyungen dyp  
 5: Skjærsjøen 1m  
 6: Skjærsjøen dyp

| Parameter/prøve           | 1    | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    |
|---------------------------|------|-----|------|------|------|------|
| Naftalen                  | 12   | 6.2 | 11   | 6    | 12   | 8.1  |
| 2-M-Naf.                  | 4.4  | 2.3 | 5.5  | 2.4  | 3.4  | 3.2  |
| 1-M-Naf.                  | 3.4  | 2.5 | 3.5  | 2.2  | 2.7  | 3.2  |
| Bifenyl                   |      |     |      |      |      |      |
| 2,6-Dimetylnaftalen       | 0.6  | 0.3 | 0.6  | 0.4  | 0.5  | 1.4  |
| Acenaftylene              |      |     |      |      |      | 0.9  |
| Acenaften                 | 2.1  | 1   | 0.4  | 0.2  | 0.5  | 0.8  |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen    | 0.7  | 0.4 | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 2.5  |
| Fluoren                   | 2.4  | 0.8 | 0.9  | 0.3  | 0.7  | 1.5  |
| Fenantren                 | 5.8  | 1.9 | 2.1  | 1.4  | 2.4  | 4.1  |
| Antracen                  |      |     |      |      |      |      |
| 1-Metylfenantren          | 1    | 1   | 0.4  | 0.6  | 0.7  | 1.1  |
| Fluoranten                | 2    | 1.5 | 0.9  | 1.4  | 1.2  | 2.4  |
| Pyren                     | 0.9  | 0.6 | 0.2  | 0.7  | 0.4  | 1.3  |
| Benz(a)antracen*          |      |     |      |      |      | 0.2  |
| Chrysen                   | 0.7  | 1   | 0.4  | 0.9  | 0.6  | 1.3  |
| Benzo(b)fluoranten*       | 0.4  | 1   | 0.2  | 1    | 0.5  | 1.3  |
| Benzo(j,k)fluoranten*     | x)   | x)  | x)   | x)   | x)   | 0.3  |
| Benzo(e)pyren             | 0.3  | 0.5 |      | 0.5  | 0.2  | 0.7  |
| Benzo(a)pyren*            | 0.2  | 0.2 |      |      |      | 0.3  |
| Perylen                   |      |     |      |      |      |      |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*      |      | 0.4 |      | 0.4  | 0.2  | 0.6  |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1) |      |     |      |      |      |      |
| Benzo(ghi)perylene        |      | 0.4 |      | 0.4  |      | 0.4  |
| Coronen                   |      |     |      |      |      |      |
| Dibenzopyrener*           |      |     |      |      |      |      |
| SUM                       | 36.9 | 22  | 26.6 | 19.2 | 26.4 | 35.6 |
| Derav KPAH(*)             | 0.6  | 1.6 | 0.2  | 1.4  | 0.7  | 2.7  |
| %KPAH                     | 1.6  | 7.3 | 0.8  | 7.3  | 2.7  | 7.6  |
| %Tørrstoff                |      |     |      |      |      |      |

Anm.: deteksjonsgrense 0.2 ng/l

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 III Femunden. PAH-konsentrasjoner i vannprøver fra to st. (FEI og FEII) overfl.(1 m) og dyplag (1 m over bunnen) 7.10-93**

Navn/lokalitet : Femunden  
 Oppdragsnr. : 92428  
 Prøver mottatt : 8.10.93  
 Lab.kode : YST 1-4  
 Jobb nr. : 93/193  
 Prøvetype : Vann  
 Kons. i : Ng/l  
 Dato : 29.10.93  
 Analytiker : Brg

1: FE I, 1m 6.10.93  
 2: FE I, 40m 6.10.93  
 3: FE II, 1m 6.10.93  
 4: FE II, 130m 6.10.93  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve          | 1    | 2   | 3    | 4    | 5 | 6 |
|--------------------------|------|-----|------|------|---|---|
| Naftalen                 | i.a  | i.a | i.a  | i.a. |   |   |
| 2-M-Naf.                 | i.a  | i.a | i.a  | i.a. |   |   |
| 1-M-Naf.                 | i.a  | i.a | i.a  | i.a  |   |   |
| Bifenyl                  | 1    | 1.2 | 2.8  | 1    |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 1.3  | 1   | 6.8  | 0.9  |   |   |
| Acenaftalen              | 1    | 0.9 | 6.4  | 0.8  |   |   |
| Acenaften                | 0.7  | 0.6 | 1.5  | 0.7  |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 0.5  |     | 1.2  |      |   |   |
| Fluoren                  | 0.7  | 0.5 | 2    |      |   |   |
| Fenantren                | 1.7  | 1.2 | 2.8  | 0.9  |   |   |
| Antracen                 | 0.5  |     | 0.8  |      |   |   |
| 1-Metylfenantren         | 1.2  | 0.8 | 1.4  | 0.7  |   |   |
| Fluoranten               | 1.5  | 2   | 2    | 1.9  |   |   |
| Pyren                    | 1.3  | 1.4 | 1.7  | 1.4  |   |   |
| Benz(a)antracen*         |      |     |      |      |   |   |
| Chrysen/trifenylen       |      |     |      |      |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*      |      |     |      |      |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*    |      |     |      |      |   |   |
| Benzo(e)pyren            |      |     |      |      |   |   |
| Benzo(a)pyren*           |      |     |      |      |   |   |
| Perylen                  |      |     |      |      |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*      |      |     |      |      |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1) |      |     |      |      |   |   |
| Benzo(ghi)perylen        |      |     |      |      |   |   |
| Coronen                  |      |     |      |      |   |   |
| Dibenzopyrener*          |      |     |      |      |   |   |
| SUM                      | 11.4 | 9.6 | 29.4 | 8.3  |   |   |
| Derav KPAH(*)            | 0    | 0   | 0    | 0    |   |   |
| %KPAH                    | 0    | 0   | 0    | 0    |   |   |
| %Tørrstoff               |      |     |      |      |   |   |

Anm.: Deteksjonsgrense 0.5 ng/l

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.

1) Bare (a,h)-isomeren.

**Tabell IV Maridalsvassdraget. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra to st. i Maridalsvannet (MN og MØ) og fra utløpet (MU4), Akerselva (overfl. og dyplag)**

Navn/lokalitet : Maridalsvannet  
 Oppdragsnr. : 92428  
 Prøver mottatt : 14.6.93  
 Lab.kode : XAI 13-18  
 Jobb nr. : 93/121  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt  
 Dato : 28.10.93  
 Analytiker : Brg

1: MU1 0-2 cm  
 2: MU1 20-22 cm  
 3: MN 0-2 cm  
 4: MN 20-22 cm  
 5: MØ 0-2 cm  
 6: MØ 20-22 cm

| Parameter/prøve          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Naftalen                 |      |      |      |      |      |      |
| 2-M-Naf.                 |      |      |      |      |      |      |
| 1-M-Naf.                 |      |      |      |      |      |      |
| Bifenyl                  |      |      |      |      |      |      |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 11   | 5    | 11   | 6    | 7    |      |
| Acenaftalen              |      |      |      |      | 9    |      |
| Acenaften                |      |      | 15   |      |      |      |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 20   | 16   | 18   | 18   | 21   |      |
| Fluoren                  | 10   |      | 12   |      | 15   |      |
| Fenantren                | 241  | 85   | 155  |      | 126  |      |
| Antracen                 | 14   |      | 12   |      | 11   |      |
| 1-Metylfenantren         | 58   | 17   | 23   |      | 19   |      |
| Fluoranten               | 372  | 57   | 425  |      | 387  |      |
| Pyren                    | 196  | 27   | 270  |      | 244  |      |
| Benz(a)antracen*         | 149  | 10   | 256  |      | 215  |      |
| Chrysen/trifenylene      | 190  | 15   | 345  |      | 375  |      |
| Benzo(b)fluoranten*      | 766  | 59   | 1380 | 14   | 1780 | 27   |
| Benzo(j,k)fluoranten*    | 117  |      | 195  |      | 269  |      |
| Benzo(e)pyren            | 220  |      | 397  |      | 518  |      |
| Benzo(a)pyren*           | 171  | 26   | 246  |      | 246  |      |
| Perylen                  | 198  | 2509 | 109  | 3473 | 539  | 4834 |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*     | 341  | 32   | 627  |      | 817  | 22   |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1 | 65   |      | 120  |      | 122  |      |
| Benzo(ghi)perylene       | 173  | 14   | 312  |      | 387  | 8    |
| Coronen                  |      |      |      |      |      |      |
| Dibenzopyrener*          |      |      |      |      |      |      |
| SUM                      | 3312 | 2872 | 4928 | 3511 | 6107 | 4891 |
| Derav KPAH(*)            | 1609 | 127  | 2824 | 14   | 3449 | 49   |
| %KPAH                    | 48.6 | 4.4  | 57.3 | 0.4  | 56.5 | 1.0  |
| %Tørrstoff               |      |      |      |      |      |      |

Anm.: deteksjonsgrense 5 ug/kg  
 \* 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 V Maridalsvannet. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra en st., MS, (overfl. og dyplag)**

Navn/lokalitet : Maridalsvannet  
 Oppdragsnr. : 92428  
 Prøver mottatt : 14.6.93  
 Lab.kode : XAI 19-20  
 Jobb nr. : 93/121  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt  
 Dato : 28.10.93  
 Analytiker : Brg

1: MS 0-2 cm  
 2: MS 20-22 cm  
 3:  
 4:  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve          | 1    | 2    | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------|------|------|---|---|---|---|
| Naftalen                 |      |      |   |   |   |   |
| 2-M-Naf.                 |      |      |   |   |   |   |
| 1-M-Naf.                 |      |      |   |   |   |   |
| Bifenyl                  |      |      |   |   |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 5    |      |   |   |   |   |
| Acenaftalen              |      |      |   |   |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 17   |      |   |   |   |   |
| Fluoren                  |      |      |   |   |   |   |
| Fenantren                | 33   |      |   |   |   |   |
| Antracen                 | 6    |      |   |   |   |   |
| 1-Metylfenantren         | 11   |      |   |   |   |   |
| Fluoranten               | 237  |      |   |   |   |   |
| Pyren                    | 153  |      |   |   |   |   |
| Benz(a)antracen*         | 156  |      |   |   |   |   |
| Chrysen/trifenylen       | 144  | 6    |   |   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*      | 543  | 26   |   |   |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*    | 102  |      |   |   |   |   |
| Benzo(e)pyren            | 157  |      |   |   |   |   |
| Benzo(a)pyren*           | 174  |      |   |   |   |   |
| Perylen                  | 162  | 2600 |   |   |   |   |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*     | 190  | 18   |   |   |   |   |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1 | 34   |      |   |   |   |   |
| Benzo(ghi)perylen        | 106  | 6    |   |   |   |   |
| Coronen                  |      |      |   |   |   |   |
| Dibenzopyrener*          |      |      |   |   |   |   |
| SUM                      | 2230 | 2656 |   |   |   |   |
| Derav KPAH(*)            | 1199 | 44   |   |   |   |   |
| %KPAH                    | 53.8 | 1.7  |   |   |   |   |
| %Tørrstoff               |      |      |   |   |   |   |

Anm.: deteksjonsgrense 5ug/kg tørrvekt  
 \* 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 VI Maridalsvassdraget. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra tilløpene Skjærsjøelva, MI1, Skardselva, MI2, og Grytebekken, MI3, (overfl. og dyplag)**

Navn/lokalitet : Maridalsvannet  
 Oppdragsnr. : 92428  
 Prøver mottatt : 14.6.93  
 Lab.kode : XAI 7-12  
 Jobb nr. : 93/121  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale  
 Dato : 28.10.93  
 Analytiker : Brg

1: MI 1 0-2cm  
 2: MI 1 20-22cm  
 3: MI 2 0-2cm  
 4: MI 2 20-22cm  
 5: MI 3 0-2cm  
 6: MI 3 20-22cm

| Parameter/prøve          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Naftalen                 |      |      |      |      |      |      |
| 2-M-Naf.                 |      | 12   |      |      |      |      |
| 1-M-Naf.                 | 15   | 26   |      |      |      |      |
| Bifenyl                  |      | 34   |      |      |      |      |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 29   | 14   | 11   |      |      |      |
| Acenaftalen              | 44   | 73   |      |      |      |      |
| Acenaften                | 64   |      |      |      |      |      |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 20   | 22   | 18   | 17   | 15   | 15   |
| Fluoren                  | 49   | 40   | 8    |      |      |      |
| Fenantren                | 551  |      | 94   | 28   | 78   | 18   |
| Antracen                 | 127  | 44   |      |      |      |      |
| 1-Metylfenantren         | 85   | 5    | 10   | 18   |      | 5    |
| Fluoranten               | 1097 | 25   | 237  | 97   | 185  | 111  |
| Pyren                    | 685  | 15   | 144  | 51   | 109  | 69   |
| Benz(a)antracen*         | 1010 |      | 114  | 63   | 80   | 53   |
| Chrysen/trifenylen       | 591  |      | 136  | 56   | 75   | 55   |
| Benzo(b)fluoranten*      | 1170 |      | 403  | 221  | 241  | 197  |
| Benzo(j,k)fluoranten*    | 266  |      | 63   | 34   | 38   | 32   |
| Benzo(e)pyren            | 405  |      | 109  | 48   | 56   | 42   |
| Benzo(a)pyren*           | 624  | 28   | 115  | 70   | 91   | 71   |
| Perylen                  | 153  | 1269 | 59   | 175  | 81   | 75   |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*     | 610  | 8    | 203  | 100  | 118  | 110  |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1 | 150  |      | 52   | 37   | 37   | 28   |
| Benzo(ghi)perylene       | 325  |      | 103  | 54   | 59   | 58   |
| Coronen                  |      |      |      |      |      |      |
| Dibenzopyrener*          |      |      |      |      |      |      |
| SUM                      | 8070 | 1615 | 1879 | 1069 | 1263 | 939  |
| Derav KPAH(*)            | 3830 | 36   | 950  | 525  | 605  | 491  |
| %KPAH                    | 47.5 | 2.2  | 50.6 | 49.1 | 47.9 | 52.3 |
| %Tørrstoff               |      |      |      |      |      |      |

Anm.: deteksjonsgrense 5 ug/kg

\* 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 VII Movann (MO), Øyungen (SK) og Skjærstjøen (SK). PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra overflate og dyplag**

Navn/lokalitet : Maridalsvassdraget  
 Oppdragsnr. : 92428  
 Prøver mottatt : 14.6.93  
 Lab.kode : XAI 1-6  
 Jobb nr. : 93/121  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale  
 Dato : 28.10.93  
 Analytiker : Brg

1: MO 0-2 cm 11.6.93  
 2: MO 20-22 cm  
 3: ØY 0-2 cm  
 4: ØY 20-22 cm  
 5: SK 0-2 cm  
 6: SK 20-22 cm

| Parameter/prøve          | 1    | 2    | 3     | 4    | 5    | 6    |
|--------------------------|------|------|-------|------|------|------|
| Naftalen                 |      |      |       |      |      |      |
| 2-M-Naf.                 | 12   |      | 10    |      |      |      |
| 1-M-Naf.                 | 14   |      | 28    |      |      |      |
| Bifenyl                  |      |      |       |      |      |      |
| 2,6-Dimetylnaftalen      | 18   | 33   | 22    | 25   | 18   | 18   |
| Acenaftylen              |      |      |       |      |      |      |
| Acenaften                |      |      |       |      |      |      |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen   | 10   | 19   | 26    | 24   | 21   | 19   |
| Fluoren                  |      |      | 27    | 7    | 8    |      |
| Fenantren                | 49   |      | 360   | 13   | 62   |      |
| Antracen                 |      |      | 74    |      |      |      |
| 1-Metylfenantren         |      |      | 59    | 9    | 22   |      |
| Fluoranten               | 290  |      | 1590  | 17   | 286  |      |
| Pyren                    | 182  |      | 1037  | 24   | 173  |      |
| Benz(a)antracen*         | 191  |      | 973   | 14   | 169  |      |
| Chrysen/trifenylen       | 279  |      | 1397  | 17   | 283  |      |
| Benzo(b)fluoranten*      | 1590 |      | 4205  | 104  | 1253 | 20   |
| Benzo(j,k)fluoranten*    | 228  |      | 1404  | 10   | 202  |      |
| Benzo(e)pyren            | 435  |      | 1522  | 6    | 352  |      |
| Benzo(a)pyren*           | 196  |      | 1032  | 41   | 201  |      |
| Perylen                  | 2483 | 3923 | 281   | 2020 | 421  | 2906 |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*     | 488  |      | 5048  | 117  | 929  | 31   |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1 | 68   |      | 519   | 30   | 135  |      |
| Benzo(ghi)perylene       | 232  |      | 2665  | 54   | 456  | 14   |
| Coronen                  |      |      |       |      |      |      |
| Dibenzopyrener*          |      |      |       |      |      |      |
| SUM                      | 6765 | 3975 | 22279 | 2532 | 4991 | 3008 |
| Derav KPAH(*)            | 2761 | 0    | 13181 | 316  | 2889 | 51   |
| %KPAH                    | 40.8 | 0.0  | 59.2  | 12.5 | 57.9 | 1.7  |
| %Tørrstoff               |      |      |       |      |      |      |

Anm.: deteksjonsgrense 5 ug/kg tørrvekt

\* 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 VIII Femunden. PAH-konsentrasjoner i sedimentprøver fra to st., FEI og FEII, (overfl. og dyplag)**

Navn/lokalitet : Femunden  
 Oppdragsnr. : E-92428  
 Prøver mottatt : 9.10.93  
 Lab.kode : YSY 1-4  
 Jobb nr. : 93/194  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt  
 Dato : 16.12.93  
 Analytiker : Brg

1: FE I, 0-2 cm  
 2: FE I, 12-14 cm Reanalyse  
 3: FE II, 0-2 cm Reanalyse  
 4: FE II, 14-16 cm  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve           | 1   | 2   | 3    | 4    | 5 | 6 |
|---------------------------|-----|-----|------|------|---|---|
| Naftalen                  | 81  | 44  | 189  | 81   |   |   |
| 2-M-Naf.                  | 50  | 12  | 66   | 50   |   |   |
| 1-M-Naf.                  | 34  | 9   | 41   | 34   |   |   |
| Bifenyl                   | 16  | 11  |      | 16   |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen       | 16  |     | 14   | 34   |   |   |
| Acenaftalen               |     |     |      | 31   |   |   |
| Acenaften                 |     | 5   |      | 23   |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen    | 12  |     |      | 8    |   |   |
| Fluoren                   | 8   |     |      | 7    |   |   |
| Fenantren                 | 49  | 19  | 48   |      |   |   |
| Antracen                  | 10  |     | 10   |      |   |   |
| 1-Metylfenantren          |     |     | 11   |      |   |   |
| Fluoranten                | 19  | 18  | 374  | 10   |   |   |
| Pyren                     | 14  | 21  | 167  | 7    |   |   |
| Benz(a)antracen*          | 7   |     | 6    |      |   |   |
| Chrysen/trifenylen        | 15  | 7   | 33   | 6    |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*       | 56  | 5   | 412  | 8    |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*     | 9   | 5   | xx)  | xx)  |   |   |
| Benzo(e)pyren             | 20  |     | 63   |      |   |   |
| Benzo(a)pyren*            | 17  |     | 29   |      |   |   |
| Perylen                   | 13  | 100 | 111  | 8500 |   |   |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*      | 35  |     | 41   |      |   |   |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1) |     |     |      |      |   |   |
| Benzo(ghi)perylene        | 22  |     | 20   |      |   |   |
| Coronen                   |     |     |      |      |   |   |
| Dibenzopyrener*           |     |     |      |      |   |   |
| SUM                       | 503 | 256 | 1635 | 8815 |   |   |
| Derav KPAH(*)             | 124 | 10  | 488  | 8    |   |   |
| %KPAH                     | 9.9 | 3.9 | 29.8 | 0.1  |   |   |
| %Tørrstoff                |     |     |      |      |   |   |

xx): inkludert i benzo(b)fluoranten

Deteksjonsgrense 5 ug/kg tørrvekt

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av \* utgjør KPAH.



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2432-7