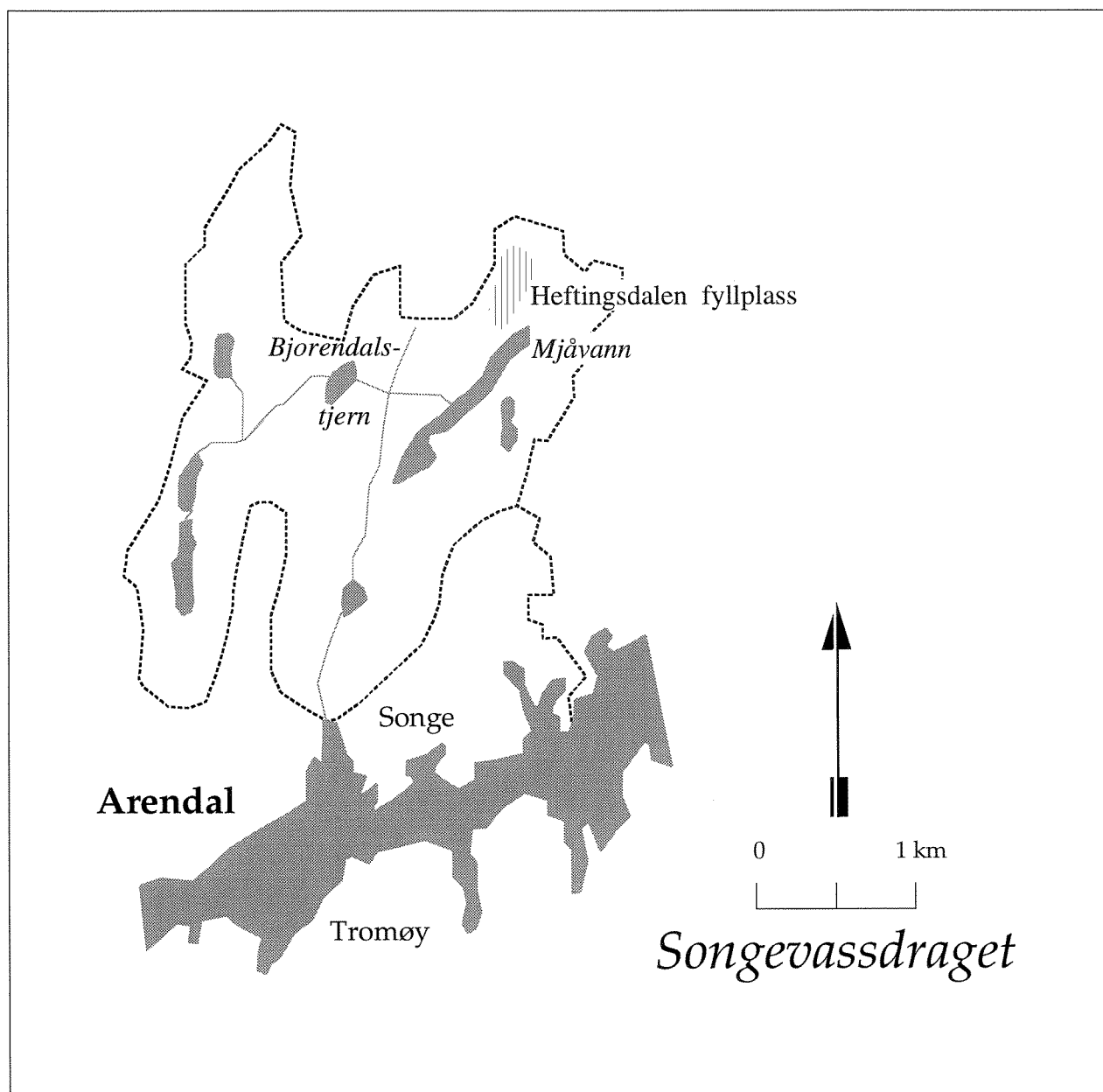


Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1997



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 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

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

| | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|--------------|
| Tittel Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1997. (Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 1997) | Løpenr. (for bestilling) 3848-98 | Dato April 1998 | |
| | Prosjektnr. Undernr. O-85063 | Sider 30 | Pris 75,- |
| Forfatter(e) Kaste, Øyvind | Fagområde Eutrofi ferskvann | Distribusjon | |
| | Geografisk område Aust-Agder | Trykket NIVA | |

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Oppdragsgiver(e) Arendal kommune | Oppdragsreferanse |
|-------------------------------------|-------------------|

Sammendrag

Vannkvaliteten i Mjåvann overvåkes årlig for å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass.

Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III). Vannkvaliteten i innsjøene tilfredsstilte i 1997 Folkehelsas hygieniske krav til "godt badevann". Det er foreløpig ikke påvist trender i materialet som tyder på at søppelfyllplassen har hatt negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann i perioden 1988-1997.

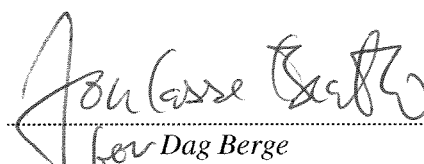
I grunnvann fra fyllplass-området er det registrert en signifikant økning i total nitrogen, TOC og totalt jern i perioden 1988-1997. Dersom forurensningsgraden i grunnvannet øker vesentlig fra dagens nivå, vil det kunne ha negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann. I sigevannet fra søppelfyllplassen er det registrert økende konduktivitet, total nitrogen, ammonium og bly. Større overløp av sigevann til Mjåvann vil kunne ha betydelige negative konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.

| | |
|---|--|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking 2. Søppelfylling 3. Avrenning 4. Vannkvalitet | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring 2. Landfill 3. Leaching 4. Water quality |
|---|--|


Øyvind Kaste

Prosjektleder

ISBN 82-577-3429-2


Dag Berge

Forskningssjef

**Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen
søppelfyllplass i 1997**

Forord

Overvåkingsprogrammet for Mjåvann ble opprinnelig utarbeidet i samarbeid med Nidarkretsen (interkommunalt selskap før kommunesammenslåingen den 1.1.1992) og Fylkesmannen i Aust-Agder. Overvåkingen skal klarlegge om avrenningen fra fyllplassen har uheldige konsekvenser for vannkvaliteten i Mjåvann.

Arendal kommune har vært oppdragsgiver for overvåkingen til og med 28.2.98. Etter 1.3.98 er denne funksjonen overtatt av Agder Renovasjon, et nyopprettet interkommunalt selskap for Arendal, Froland og Grimstad.

Vannkjemiske analyser er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo. KM-lab i Grimstad har analysert bakterieprøvene. Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA.

Arendal kommune har selv tatt prøver av to grunnvannsbrønner, samt av sigevann fra søppelfyllplassen. Prøvene blir analysert på KM-lab i Grimstad. Resultatene fra disse målingene er presentert og diskutert i rapporten.

Grimstad, april 1998

Øyvind Kaste

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 7 |
| 1. Innledning | 8 |
| 1.1 Områdebeskrivelse | 8 |
| 1.2 Tidligere undersøkelser | 9 |
| 1.3 Målsetting og program | 9 |
| 1.4 Nedbør i 1997 | 10 |
| 2. Resultater og diskusjon | 11 |
| 2.1 Temperatur og oksygen | 11 |
| 2.2 Næringssalter og klorofyll | 12 |
| 2.3 Tarmbakterier | 13 |
| 2.4 Kjemiske analyser av vann fra grunnvannsbrønnene | 17 |
| 2.5 Kjemiske analyser av sivevann som ledes til kommunalt avløpsnett. | 17 |
| 3. Vurdering av resultatene | 21 |
| 3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand | 21 |
| 3.2 Vannkvalitetsutvikling 1988-1997 | 21 |
| 3.3 Vurdering av behov for tiltak. | 23 |
| 4. Litteratur | 23 |
| Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem | 25 |
| Vedlegg B. Primærdata 1997 | 26 |
| Vedlegg C. Årsmidler / årsmedianverdier 1988-1997 | 29 |

Sammendrag

I forbindelse med etablering og drift av Heftingsdalen søppelfyllplass i Songevassdraget, Arendal kommune, foretas en løpende overvåking av vannkvaliteten i Mjåvann rett nedstrøms søppelfyllplassen. Disse undersøkelsene har som formål å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler sigevann fra fyllplassområdet. Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise eventuelle virkninger på økosystemet i Songevassdraget. Ved to anledninger, i 1986 og 1995, har sigevann fra fyllplassen flommet over fangdammen og ut i Mjåvann.

Næringssalter og klorofyll

Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III). Basert på belastningsmodeller for grunne innsjøer er fosforkonsentrasjonen i både Mjåvann og Bjorendalstjern helt på grensen av hva som kan kalles akseptabelt. Klorofyllkonsentrasjonen i Mjåvann lå i 1997 langt over det som kan regnes som akseptabelt for innsjøen. Dette skyldes i stor grad algen *Gonyostomum semen* som ofte opptrer i store mengder i de innsjøer den er tilstede. Klorofyllkonsentrasjonen i Bjorendalstjern lå også noe over akseptabelt nivå.

Tarmbakterier

Det ble i 1997 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i hhv. 100, 80, 80 og 20% av prøvene på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hovedstasjon, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern. Gjennomsnittlige konsentrasjoner på de nevnte stasjonene var hhv. 18, 12, 3 og 0 TKB/100 ml i 1997. Basert på de målinger som er foretatt, tilfredsstilte vannkvaliteten i innsjøene Folkehelsas krav til "godt badevann" i 1997. Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

Grunnvann fra fyllplassområdet

Nitrogenkonsentrasjonene la seg i 1997 på et "normalt" nivå, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert tildels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene. Det har vært en tendens til forhøyede konsentrasjoner av totalt organisk karbon og totalt jern i prøvebrønnene i de to siste årene. Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og kvikksølv har generelt holdt seg på et lavt nivå siden overvåkingen startet i 1986. Basert på middelverdier i 1997 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 2, 2, 3 og 4 ganger konsentrasjonene i innsjøen. Med dagens konsentrasjonsnivå i brønnene er det foreløpig liten fare for at Mjåvann forurenses nevneverdig via grunnvannet, i og med at dette vil bli fortynnet i innsjøens øvrige vanntilsig.

Sigevann fra fyllplassområdet som ledes til kommunalt avløpsnett

Som tidligere dokumentert inneholder sigevannet svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 1997, slik som tilfellet var i 1990 og 1996. Variasjonen er imidlertid stor, trolig som følge av skiftende nedbør- og avrenningsforhold. Faren for forurensning av Mjåvann fra Heftingsdalen søppelfyllplass vil imidlertid være liten, så lenge sigevannet ledes utenom innsjøen. Større overløp av sigevann til Mjåvann vil kunne ha betydelige negative konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.

Tidsutvikling 1988-1997

Det er foreløpig ikke påvist trender i materialet som tyder på at søppelfyllplassen har hatt negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann i denne tidsperioden. I grunnvannsbrønnene er det registrert en signifikant økning i totalt nitrogen, TOC og totalt jern i det aktuelle tidsrommet. Dersom forureningsgraden i grunnvannet øker vesentlig fra dagens nivå, vil det kunne ha negativ

innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann. I sigevannet fra søppelfyllplassen er det registrert økende konduktivitet, total nitrogen, ammonium og bly.

Vurdering

Overvåkingsresultatene viser ingen dramatiske endringer i vannkvaliteten, hverken i Mjåvann, eller i grunnvannsbrønnene i perioden 1988-1997. Det er likevel grunn til å følge utviklingen framover, spesielt med tanke på endringer i grunnvannskvaliteten. De høye konsentrasjonene av næringssalter og organisk stoff i sigevannet fra søppelfyllingen understreker viktigheten av at overløp til Mjåvann må unngås.

Overvåkingen anbefales videreført på dagens nivå. Det er behov for kvantifisering av grunnvannsstrømmen fra fyllplassområdet, enten ved hjelp av direkte målinger, eller indirekte via nedbørtall og kontinuerlige målinger av sigevannsmengde. Dette forutsetter imidlertid at dagens system for kontinuerlige vannføringsmålinger blir mer stabilt og driftssikkert. Det bør også vurderes anlagt en ekstra prøvebrønn utenfor fyllplassen - som referanse til dagens prøvebrønner.

Det anbefales i tillegg å gjennomføre en spesialundersøkelse med følgende problemstillinger:

- Beregning av fosfor- og nitrogentilførsler fra bebyggelse og landbruk rundt Mjåvann og Bjorendalstjern.
- Inkludere 4 av de største innløpsbekkene til Mjåvann i programmet i ett år - for å beregne teoretiske innsjøkonsentrasjoner av næringssalter og organisk stoff.
- Gjennomføre 2-3 prøvetakingsrunder i løpet av vinteren (på is), for å måle næringssaltkonsentrasjon og konsentrasjon av termostabile koliforme utenom produksjonssesongen og uten påvirkning av måker.

Summary

Title: Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 1997.
Year: 1998
Author: Kaste, Ø.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3429-2

The water quality of Lake Mjåvann is monitored to assess possible influences from Heftingsdalen landfill.

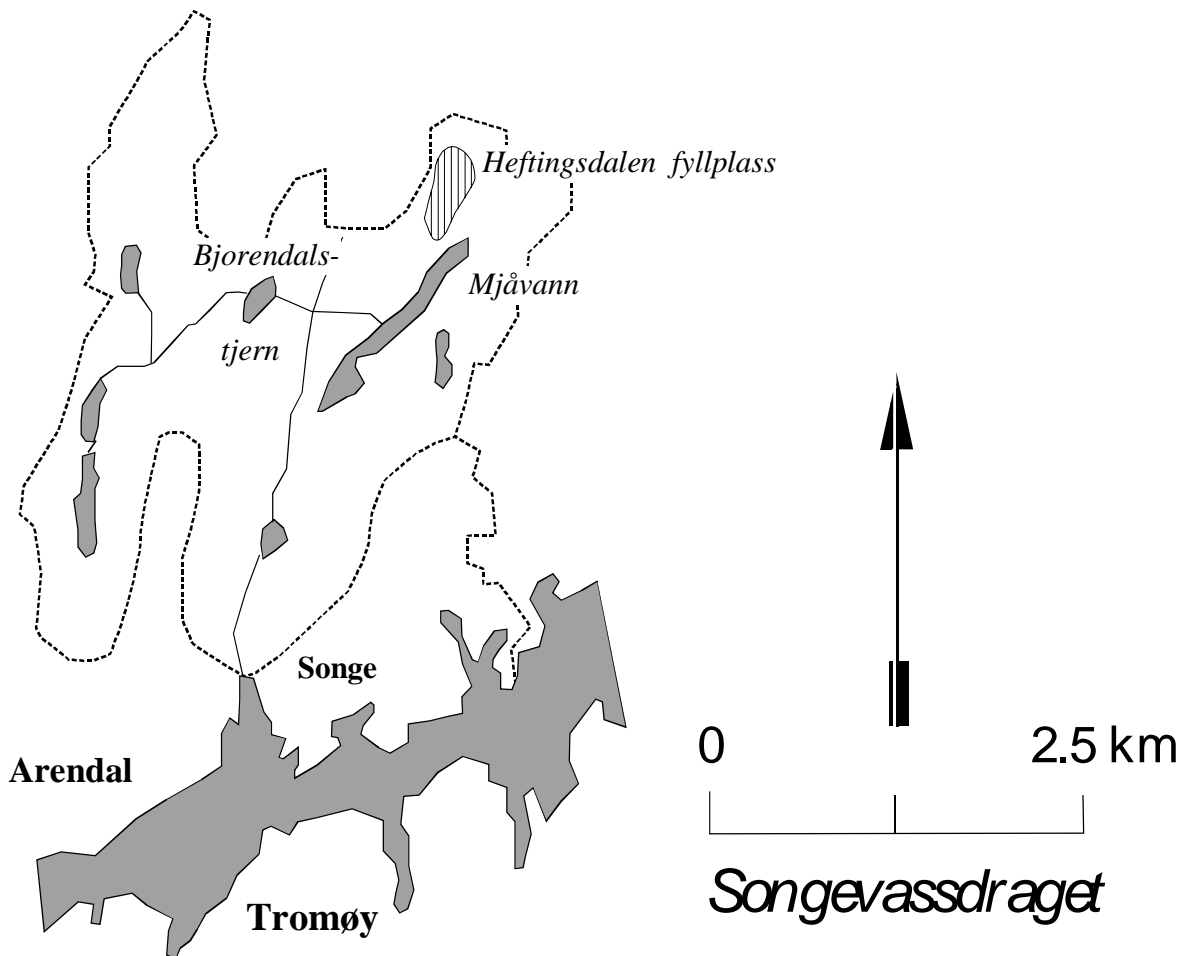
Lake Mjåvann is markedly affected by phosphorus and has extremely high chlorophyll concentrations. The reference Lake Bjorendalstjenn is also markedly affected by phosphorus, but it has lower chlorophyll concentrations. In 1997, concentrations of coliform bacteria were moderate or low, allowing the classification “good bath water quality”. So far, no trends indicate that the landfill has affected the water quality of the lake during the period 1988-1997.

In groundwater from the dump area, there has been a significant increase in total nitrogen, total organic carbon and total iron concentrations since 1988. If the concentrations continue to increase, they may affect the water quality of Lake Mjåvann. In seepage water from the dump area, significant increases in conductivity and concentrations of total nitrogen, ammonia, and lead has been detected during the same time period. This highly polluted water is transferred to the sewer system, and will normally not affect Lake Mjåvann.

1. Innledning

1.1 Områdebeskrivelse

Mjåvann - Songevassdraget ligger i Arendal kommune (**Figur 1**). Fra 1986 ble Heftingsdalen i den nordvestre delen av Mjåvanns nedbørfelt tatt i bruk som søppelfyllplass. Fyllplassen utgjør knapt 10% av nedbørfeltets areal. I **Tabell 1** er det gitt en del morfometriske og hydrologiske data for innsjøen. Sigevannet fra søppelfyllplassen blir samlet opp ved dam nederst i dalføret, og ført ut av Songevassdragets nedbørfelt. I den grad dette lykkes fullt ut, skal det ikke bli noen direkte forurensningsbelastning på Mjåvann.



Figur 1. Songevassdragets nedbørfelt. Søppelfyllplassen er skravert i figuren.

Det er utarbeidet dybdekart for Mjåvann, men ikke for Bjorendalstjern. Bjorendalstjern har et overflateareal på omlag 0,04 km² og et nedbørfelt på 2,8 km². Teoretisk oppholdstid er trolig omlag en tredel av den som er beregnet for Mjåvann.

Vassdraget er sterkt humuspreget. Vannet har relativt høy pH (> 6.0) og ledningsevne fordi det påvirkes av marine avsetninger. Vassdraget er dermed fiskerikt, på tross av at området er sterkt belastet med sur nedbør. I Mjåvanns nedbørfelt er det svært lite dyrket mark, og bare enkelte bolighus. I

nedbørfeltet til Bjorendalstjern er det noe landbruksaktivitet. Området blir brukt til friluftsliv, bading og fiske.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data for Mjåvann. Etter Boman (1982).

| | | |
|---------------------------------|-------|----------------------|
| Høyde over havet | 31 | m |
| Innsjøareal | 0,127 | km ² |
| Innsjøvolum | 0.65 | mill. m ³ |
| Maks. dyp | 9.4 | m |
| Middeldyp | 5.1 | m |
| Nedbørfeltareal | 2,15 | km ² |
| Heftingsdalens areal | 0,192 | km ² |
| Teor. oppholdstid ^{*)} | 0.35 | år |

*) uten Heftingsdalen og basert på spesifikk avrenning på 30 l/s·km²

1.2 Tidligere undersøkelser

Det ble tatt en vannprøveserie fra Mjåvann den 1. nov 1982 og gjort en del morfometriske og hydrologiske målinger og beregninger. Disse, sammen med en vurdering av resipientforholdene i Mjåvann, er presentert i notat av Boman (1982).

I 1985 ble det gjort en noe større undersøkelse av biologisk materiale (fisk, bunndyr, begroing) og av innsjøsedimenter. Resultatene av alle disse undersøkelsene er presentert i et notat av Lande og Boman (1986). Det ble påvist relativt høye konsentrasjoner av kadmium, bly og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentkjernene. Dette er resultater fra perioden før søppelfyllplassen ble tatt i bruk, slik at sedimentenes relativt høye innhold av slike stoffer er tilskrevet andre kilder. Overvåkingsresultater fra 1986 er presentert som notat av Lande (1986).

Data fra 1987 er rapportert av Hindar (1988). Sedimentene hadde også ved disse undersøkelsene høyt innhold av kadmium, bly og PAH. Dette tilskrives lokale luftforurensningskilder og/eller langtransportert forurenset luft og nedbør. Resultatene for perioden 1988-1996 er rapportert av Hindar (1989, 1992), Kroglund og Hindar (1990, 1991), Kaste (1994, 1995a, 1996), Kaste og Håvardstun 1997.

1.3 Målsetting og program

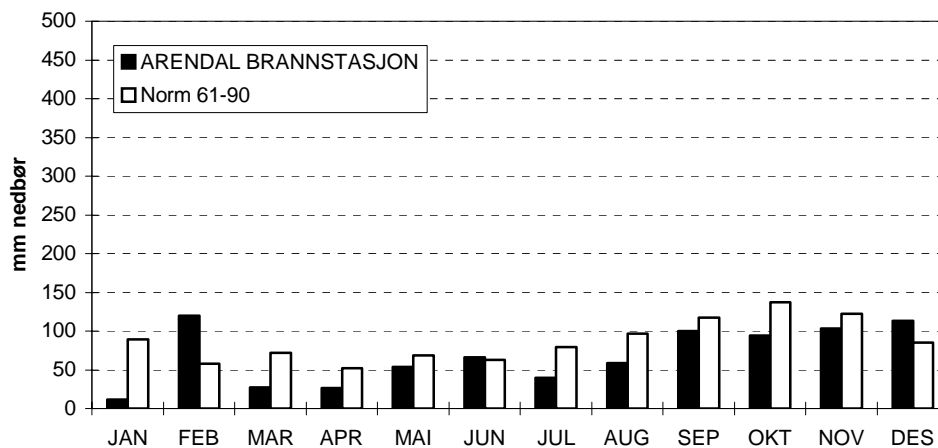
Målet med undersøkelsene er:

- å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget; enten via grunnvannet eller dersom det forekommer overløp fra fangdammen som samler sigevann fra fyllplassområdet.
- Ved et eventuelt overløp skal overvåkingsprogrammet påvise virkninger på økosystemet i vassdraget.

Programmet for undersøkelsene i 1997 fulgte stort sett samme prosedyre som i perioden 1993-1996. Det ble i 1997 tatt 5 vannkjemiske og bakteriologiske prøveserier i Bjorendalstjern og Mjåvann.

1.4 Nedbør i 1997

| | | |
|---|-----------------|---------|
| Meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon: | Årsnedbør 1997: | 814 mm |
| | Normalt: | 1040 mm |
| | % av normalen: | 78 |



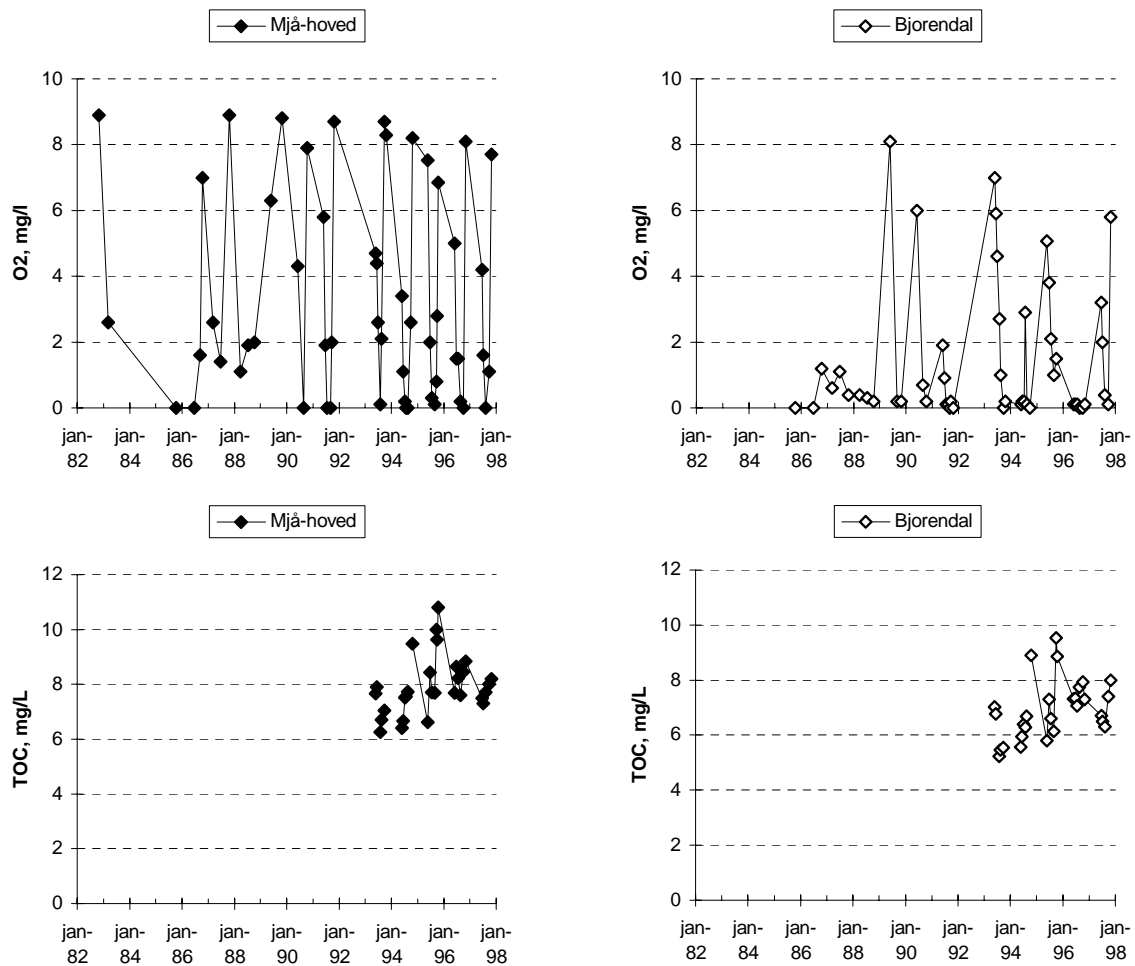
Figur 2. Månedlig nedbør i 1997 ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 1998).

2. Resultater og diskusjon

2.1 Temperatur og oksygen

Generelt

Mjåvann er grunnere og mer vindeksponert enn Bjorendalstjern. Dette medfører at Mjåvann har en svakere temperatursjiktning mot dypet om sommeren, og innsjøen sirkulerer vanligvis tidligere om høsten enn Bjorendalstjern. Disse forskjellene i temperaturstratifikasjon har stor betydning for oksygenutviklingen i de to innsjøenes bunnvann. Bjorendalstjern har ofte lengre perioder med oksygenfritt bunnvann enn Mjåvann om sommeren (**Figur 3**). Begge innsjøer har stort oksygenforbruk i bunnvannet, noe som i hovedsak skyldes nedbryting av organisk materiale som dels er produsert i innsjøene og dels er tilført naturlig fra nedbørfeltet. Innsjøene har forholdsvis høy vannfarge (vedlegg C1) og TOC-konsentrasjon (**Figur 3**), som følge av tilførsler av naturlig organisk materiale (bl.a. humusstoffer).



Figur 3. Oksygen i bunnvannet (9 meters dyp i Mjåvann og 12 meters dyp i Bjorendalstjern), konsentrasjon av totalt organisk karbon i overflatevannet (0-4 meters dyp).

Temperatur

Ved prøvetakingene i juni, juli og august var det en klar temperatursjiktning i begge innsjøer med overflatetemperaturer på over 20 °C og bunnvannstemperaturer på 8-9 °C i Mjåvann og 5-6 °C i Bjorendalstjern (**Tabell 2**). Begge innsjøer sirkulerte (full blanding av overflatevann og bunnvann) i slutten av oktober.

Tabell 2. Temperatur og oksygenutvikling i Mjåvann og Bjorendalstjern 1997.

| Mjåvann Dato | Temperatur | | | O ₂ | Bjorendalstj. Dato | Temperatur | | | O ₂ |
|-----------------|------------|------|------|----------------|-----------------------|------------|------|-----|----------------|
| | 1m | 4m | 9m | 9m | | 1m | 4m | 12m | 12m |
| 17/06/97 | 21,0 | 11,6 | 8,2 | 4,2 | 17/06/97 | 20,5 | 8,5 | 5,4 | 3,2 |
| 08/07/97 | 22,0 | 17,5 | 8,6 | 1,6 | 08/07/97 | 21,0 | 9,4 | 5,5 | 2,0 |
| 11/08/97 | 23,8 | 17,8 | 8,5 | 0,0 | 11/08/97 | 23,8 | 10,3 | 5,9 | 0,4 |
| 23/09/97 | 13,3 | 13,2 | 10,8 | 1,1 | 23/09/97 | 12,8 | 12,2 | 5,7 | 0,1 |
| 28/10/97 | 5,5 | 5,5 | 5,4 | 7,7 | 28/10/97 | 5,2 | 5,1 | 5,1 | 5,8 |

Oksygen

Det var et kraftig oksygenavtak i bunnvannet i begge innsjøer utover sommeren 1997 (**Tabell 2**). Mjåvann hadde helt oksygenfritt bunnvann i august, men i tiden fram til neste prøvetakingsrunde (23. september) hadde det vært en viss oksygenutveksling mellom overflatevann og bunnvann. I Bjorendalstjern ble det ikke registrert helt oksygenfritt bunnvann i 1997. Den laveste konsentrasjonen (0,1 mg/L) ble funnet i september-prøven. I slutten av oktober hadde begge innsjøer fått innblandet rikelig med oksygen i bunnvannet.

2.2 Næringsalter og klorofyll

Fosfor

Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 µg P/L, mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier, omkring 8-12 µg/L omregnet fra Østlandsforhold (Bratli et al. 1997). Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner i avrenning fra områder under marin grense er imidlertid vanskelig å fastslå, i og med at det meste av disse arealene er dyrket opp. I og med at begge innsjøene ligger under marin grense (ca 70 moh. i området), vil de fra naturens side ha høyere ioneinnhold og være mer næringsrike enn innsjøer som ligger over denne grensen. Bortsett fra søppelfyllplassen ved Mjåvann, samt litt spredt bosetting og landbruksaktivitet rundt Bjorendalstjern, er det ubetydelige forurensningskilder i de to innsjøenes nedbørfelter. En bieffekt av søppelfyllplassen er en økt måkebestand som sannsynligvis bidrar til en viss gjødsling av Mjåvann.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 16 og 12 µg/L i 1997 (vedlegg C1). Det ble målt konsentrasjoner på 11-24 µg/L i Mjåvann og 7-19 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (vedlegg B1). En del av variasjonen i fosforkonsentrasjonen i Mjåvann kan sannsynligvis forklares ved svingninger i total algemengde (**Figur 4**). Algene inneholder også en del fosfor som registreres i forbindelse med analysen av total fosfor. Maksimumkonsentrasjonene i 1997 lå ikke høyere enn det som er registrert i innsjøene tidligere i overvåkingsperioden (**Figur 4**).

Fosfor som uorganisk, løst fosfat i vann tas vanligvis svært raskt opp biologisk. Dette skyldes at det er underskudd på fosfor i de fleste innsjøer og elver i Norge. I uforurensede systemer er det derfor svært lave, eller ikke målbare konsentrasjoner av løst fosfat. Laveste målbare konsentrasjon (deteksjonsgrensen) av løst fosfat i standardanalyser er 2 µg P/L. Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn dette, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor enn det som

kan omsettes biologisk. Det ble gjennomgående målt lave fosfatkonsentrasjoner i begge innsjøer i 1997 (**Figur 4**).

Klorofyll

Årsmiddelkonsentrasjonene av klorofyll a i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 28,8 og 6,8 µg/L i 1997 (vedlegg C1). Det ble målt konsentrasjoner på 1,3-76,1 µg/L i Mjåvann og 1,3-21,1 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (vedlegg B1). Den store variasjonen i konsentrasjonene av klorofyll (**Figur 4**) i Mjåvann forklares med tilstedeværelse av den store flagellaten *Gonyostomum semen* som har en tendens til å dominere planteplanktonet i innsjøer den etablerer seg i. Denne algen er kjent for å foreta vertikale vandringer i vannsøylen, noe som gjør det vanskelig å foreta representativ prøvetaking (Cronberg et al. 1988, Hongve et al. 1988). Den store bevegeligheten gjør den sannsynligvis også i stand til å utnytte næringsressurser dypere ned i innsjøen.

Nitrogen

Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker kan ligge opp mot 300-500 µg/L i utmarksområder på Sørlandet (Bratli et. al. 1997). En stor del av dette nitrogenet stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (Skjelkvåle 1996, Kaste et al. 1997). Nitrogenedfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen i bekker.

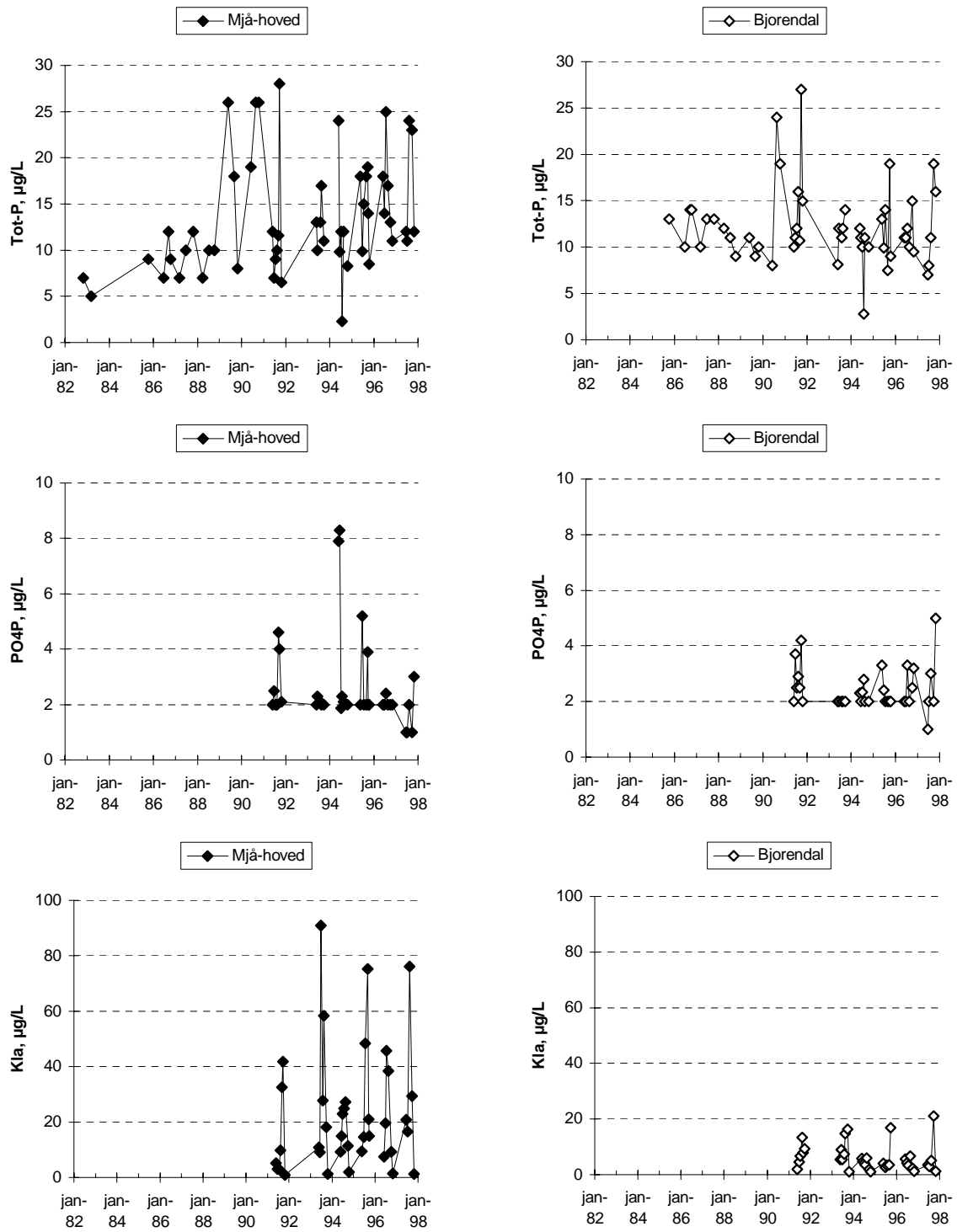
Årsmiddelkonsentrasjonene av total nitrogen i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 480 og 540 µg/L i 1997 (vedlegg C1). Det ble målt konsentrasjoner på 385-535 µg/L i Mjåvann og 435-655 µg/L i Bjorendalstjern i løpet av året (vedlegg B1). Nitrogenkonsentrasjonene i 1997 var ikke spesielt høye i forhold til tidligere målinger i perioden 1988-1997 (**Figur 5**). En stor del av nitrogenet i innsjøene (gjennomsnittlig 90% i Mjåvann og 70% i Bjorendalstjern) forelå på organisk form i 1997. En viktig årsak til dette er at innsjøene inneholder relativt mye humus (naturlig organisk materiale), og at nitrogenet er bundet til disse stoffene i vannet. Konsentrasjonene av nitrat er svært lave i Mjåvann i sommerhalvåret (kun 6% av tot-N i gjennomsnitt i 1997) (**Figur 5**). Dette har trolig sammenheng med at konsentrasjonen i innløpsbekkene er lave på denne tiden av året (nitratet tas opp landvegetasjonen). Noe nitrat vil også tas opp biologisk i innsjøene gjennom vannplantenes (inkl. algenes-) fotosyntese.

Høye konsentrasjoner av nitrogenfraksjonen ammonium i overflatevann er en indikator på forurensning fra lokale kilder som f.eks. kommunal kloakk, søppelfyllinger eller landbruk. I uforurenset bekkevann er ammoniumkonsentrasjonene vanligvis lave, < 50 µg N/L.

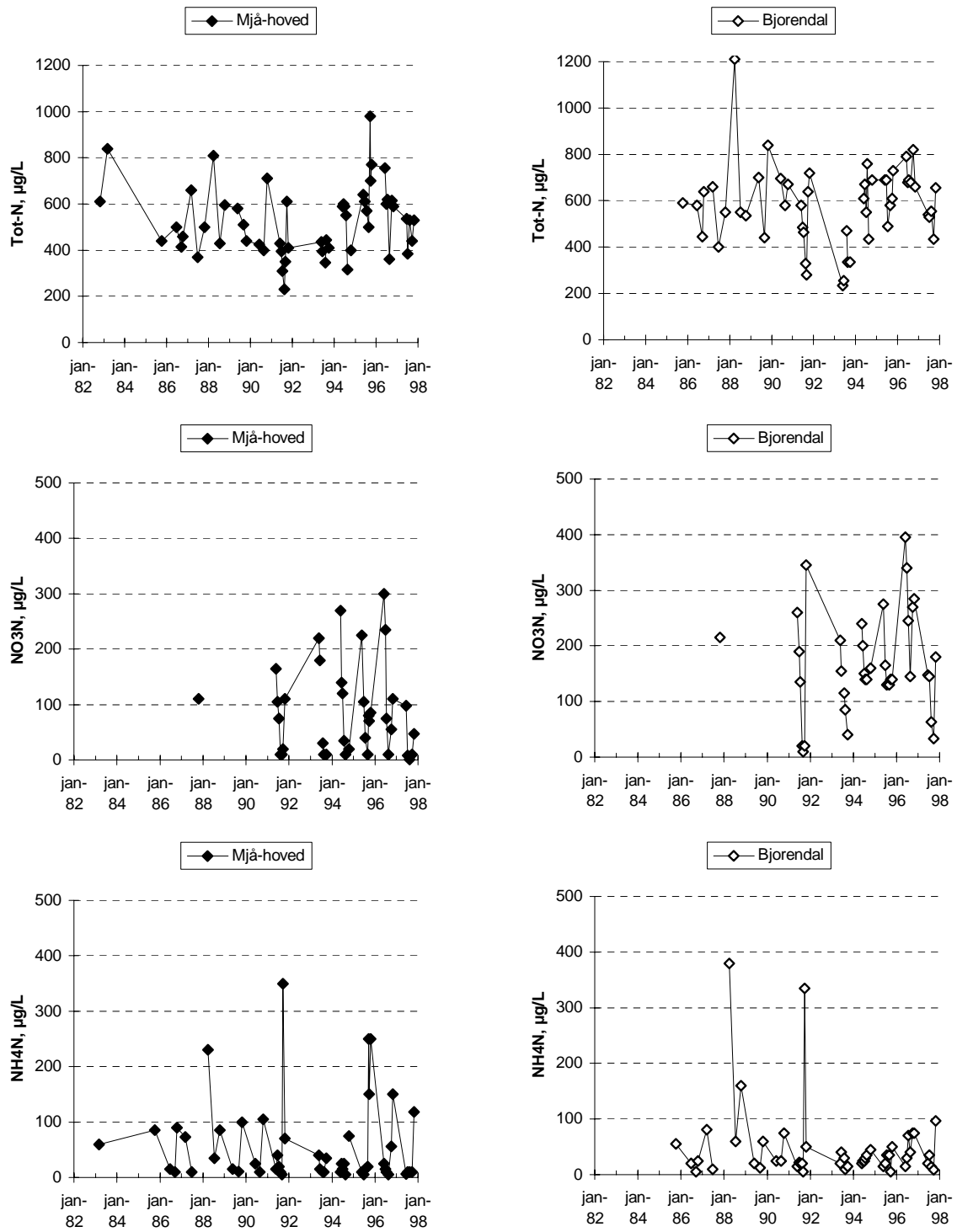
Konsentrasjonene av ammonium i innsjøene var lave (<50 µg N/L) gjennom store deler av sommerhalvåret (**Figur 5**). De forhøyede konsentrasjonene om høsten (118 µg N/L i Mjåvann og 97 µg N/L i Bjorendalstjern) har trolig sammenheng med at oksygenfattig (og ammonium-rikt) bunnvann ble blandet inn i overflatevannet under sirkulasjonen. I forbindelse med overløpet fra Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995 (Kaste 1995b) ble det registrert forhøyede ammoniumkonsentrasjoner (~250 µg N/L) i Mjåvann.

2.3 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. I følge Folkehelsas krav må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet skal oppnå betegnelsen "god drikkevannskvalitet" (SIFF 1987). Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann er <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode



Figur 4. Total fosfor, løst fosfat og klorofyll a i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.

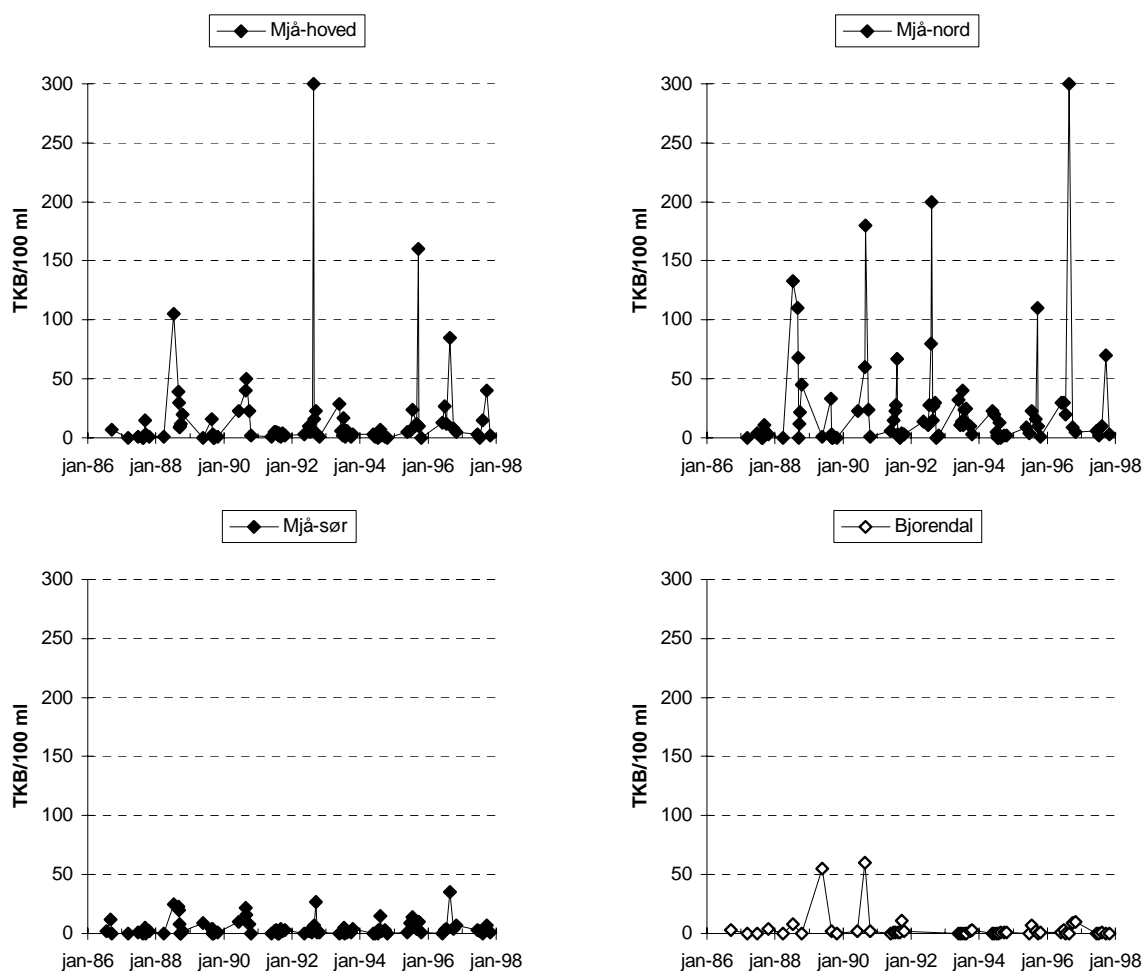


Figur 5. Total nitrogen, nitrat og ammonium i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.

(Statens helsetilsyn 1994). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltresultatene (SIFF 1976).

Det ble i 1997 påvist termostabile koliforme bakterier (TKB) i hhv. 100, 80, 80 og 20% av prøvene på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hoved, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern (vedlegg B1). Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på de nevnte stasjonene var hhv. 18, 12, 3 og 0 TKB/100 ml i 1997. Maksimale TKB-konsentrasjoner på de samme stasjonene i 1997 var hhv. 70, 40, 7 og 1 TKB/100 ml (**Figur 6**). Basert på de målinger som er foretatt, tilfredsstilte vannkvaliteten i innsjøene Folkehelsas krav til “godt badevann” i 1997. Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt månedlige prøver.

Den hygieniske vannkvaliteten i 1997 må karakteriseres som god sammenlignet med tidligere målinger foretatt i perioden 1988-1997 (**Figur 6**). Det er imidlertid store år til år variasjoner i bakterietallene, slik at det er vanskelig å påvise trender i materialet (se kapittel 3.2). Klimatiske forhold, hydrologi (vanngjennomstrømming), og variasjoner i forekomsten av måker er trolig faktorer som innvirker på de hygieniske forholdene i innsjøen. Påvirkning fra lokale kilder som landbruk og bebyggelse er trolig små.



Figur 6. Termostabile koliforme bakterier i overflaten (0 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern.

2.4 Kjemiske analyser av vann fra grunnvannsbrønnene

For å kunne registrere eventuelle endringer i grunnvannskvaliteten nedstrøms Heftingsdalen, er det satt ned to peilerør mellom søppelplassen og innsjøen. I 1997 er det analysert i alt 4 prøver fra disse grunnvannsbrønnene (vedlegg B2).

Resultatene fra de kjemiske analysene av grunnvannsbrønnene i 1997 viste ingen vesentlige endringer sammenlignet med de foregående år for de fleste parametre (**Figur 7, Figur 8**). Det er imidlertid notert enkelte forhold:

- Nitrogenkonsentrasjonene la seg i 1997 på et “normalt” nivå, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert tildels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene.
- Det kan være en tendens til forhøyede konsentrasjoner av totalt organisk karbon og totalt jern i prøvebrønnene i de to siste årene (se avsnitt 3.2).
- I den vestre prøvebrønnen ble det i 1997 registrert forholdsvis høye enkeltverdier av bly (19 µg/L) og ammonium (560 µg/L). Det er foreløpig ingen ting som tyder på at disse enkeltobservasjonene er en del av en generell utviklingstrend.

Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og kvikksølv har generelt holdt seg på et lavt nivå siden overvåkingen startet. Verdiene i 1997 lå under Folkehelsas krav til drikkevann (kranvann) (SIF 1987). Grenseverdiene for “godt” drikkevann er satt til <5 µg Pb/L, <1 µg Cd/L og < 0,05 µg Hg/L. Grenseverdiene for “mindre godt” drikkevann er satt til <20 µg Pb/L, <5 µg Cd/L og < 0,5 µg Hg/L.

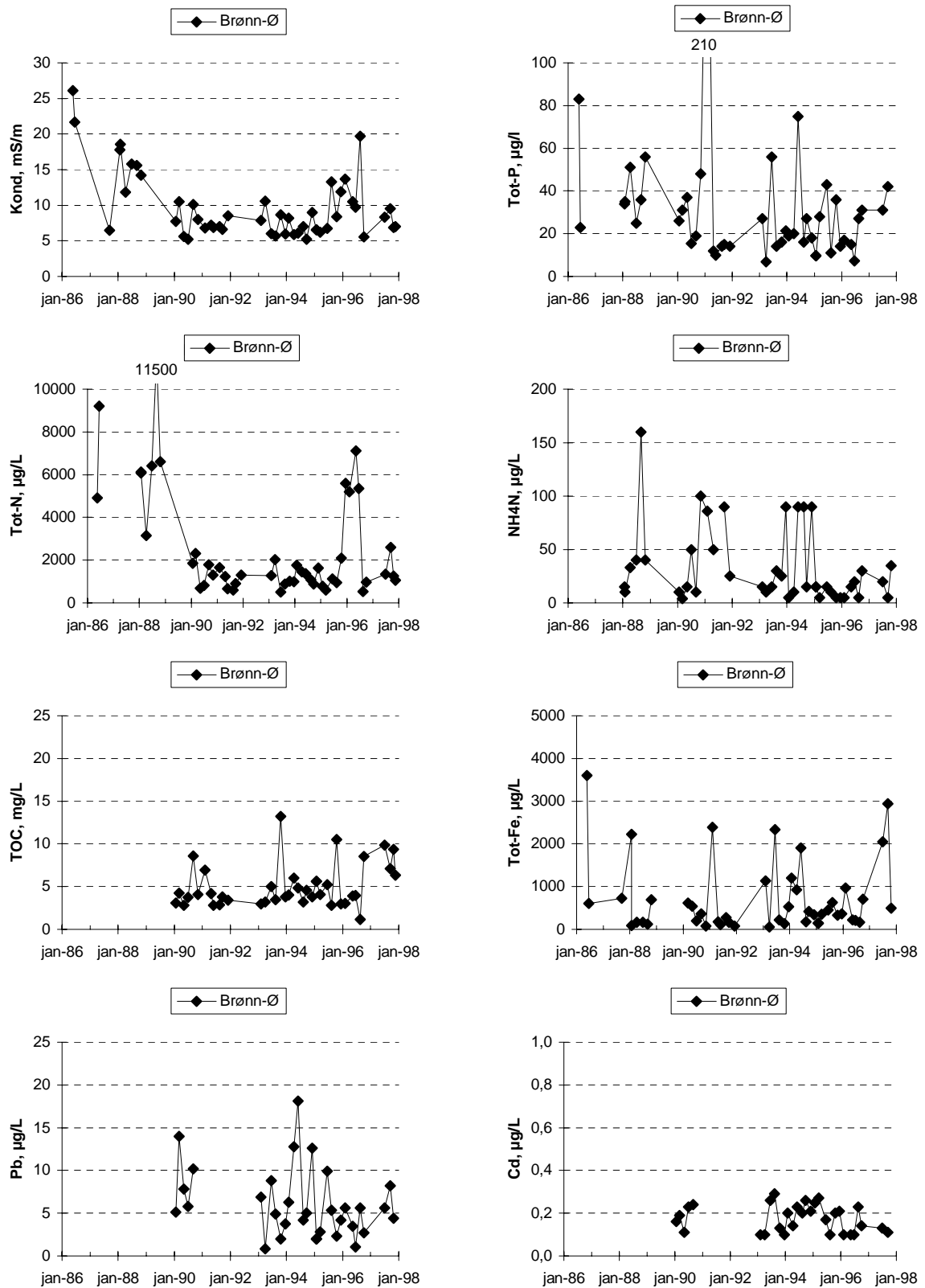
Vannkvaliteten i brønnene skiller seg relativt lite fra vannkvaliteten i selve Mjåvann. Basert på middelveidier i 1997 var konduktiviteten, samt konsentrasjonene av total fosfor, total nitrogen og ammonium i prøvebrønnene hhv. 2, 2, 3 og 4 ganger konsentrasjonene i innsjøen (det analyseres ikke jern og tungmetaller i innsjøprøvene). Med dagens konsentrasjonsnivå i brønnene er det foreløpig liten fare for at Mjåvann forurenses nevneverdig via grunnvannet, i og med at dette vil bli fortynnet i innsjøens øvrige vanntilsig. Det er imidlertid grunn til å følge vannkvaliteten både i Mjåvann og i grunnvannsbrønnene videre for å registrere eventuelle endringer i dette forholdet over tid. Utviklingen av mht. næringssalter og organisk stoff i grunnvannet og i Mjåvann bør følges spesielt nøye framover.

2.5 Kjemiske analyser av sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett.

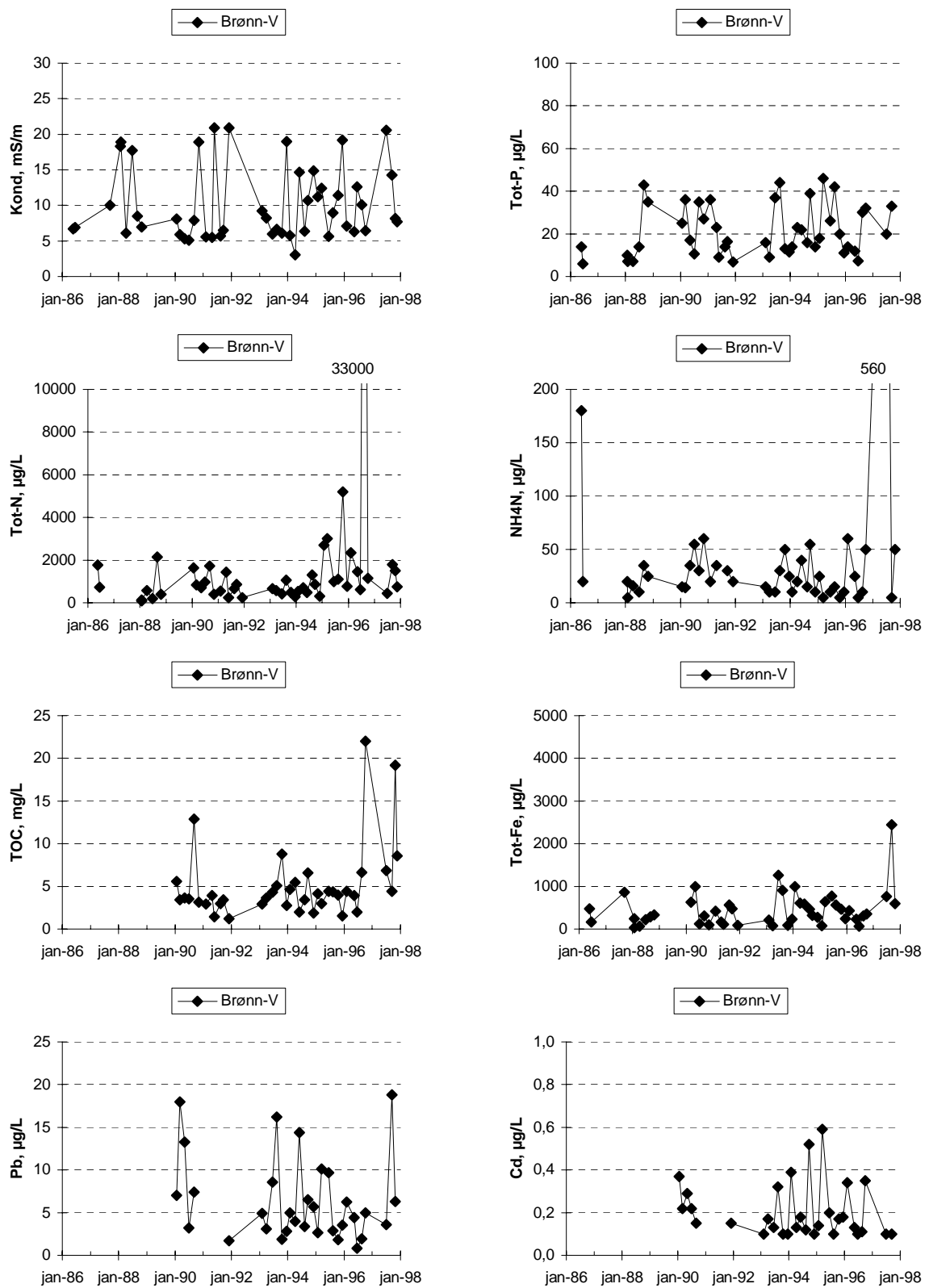
I henhold til utslippstillatelsen for søppelfyllplassen skal det tas prøver av sigevannet som samles opp ved hjelp av en fangdam og ledes til kommunalt avløpsnett. Hensikten med dette er å karakterisere vannet som tas inn på det kommunale avløpsnettet, samt å ha en dokumentasjon på sigevannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann. I 1997 ble det i alt tatt 4 prøver av dette sigevannet.

Kommunen måler sigevannsmengden kontinuerlig i inntakssjakten til det kommunale avløpssystemet. Vannføringsmålingene er viktige for f.eks. å kunne beregne forurensningstransport til det kommunale avløpssystemet og til Mjåvann i forbindelse med et evt. overløp. Det har vært en del tekniske problemer med måleutstyret i 1997, slik at en kun har times- og døgnverdier for november måned. For året ellers finnes det kun månedsverdier, noe som har relativt liten verdi i tolkningen av sigevannsdatabene. Under prøvetakingen 17. november utgjorde sigevannsmengden 540 m³/døgn (~6 l/s).

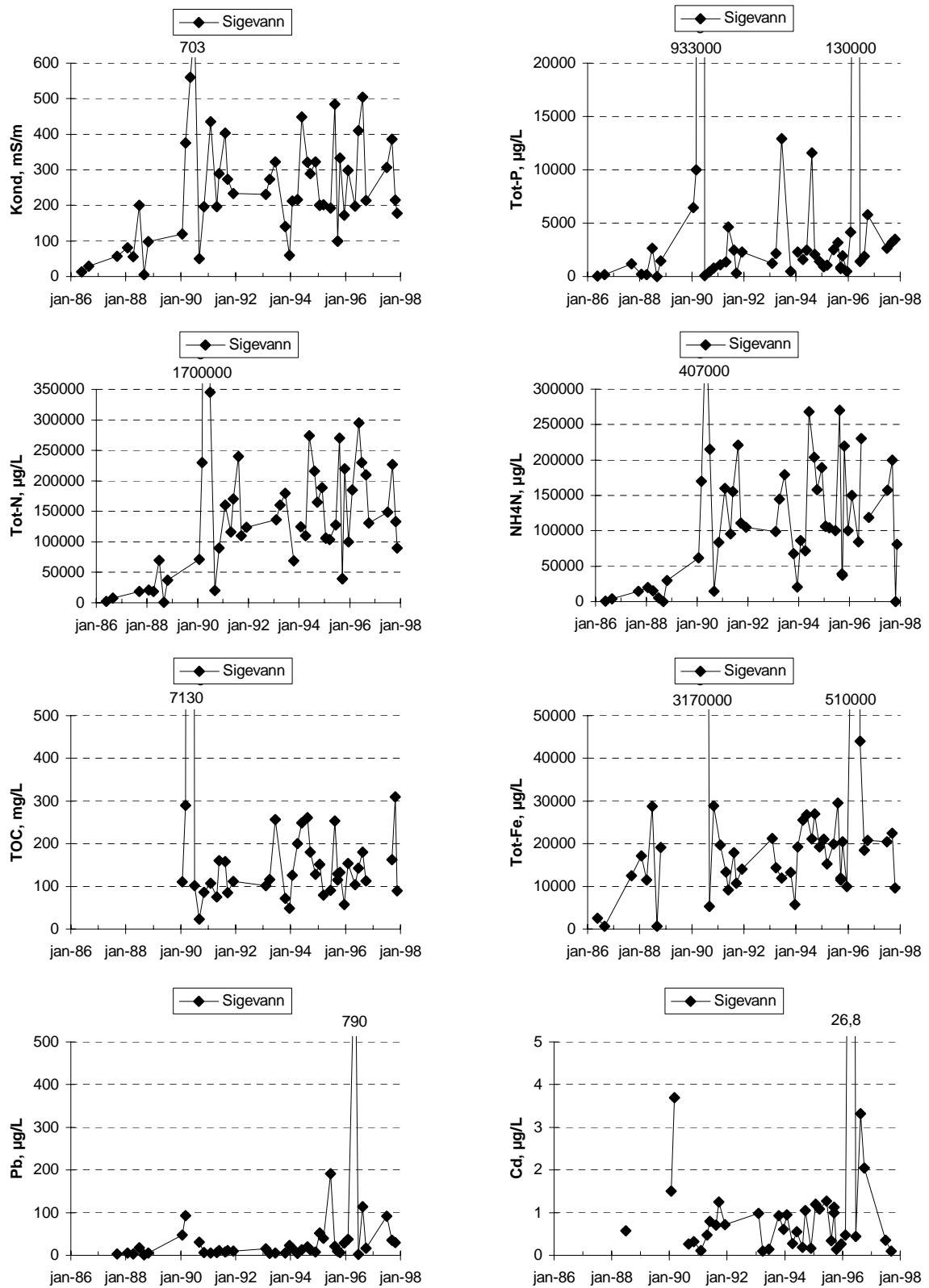
Sigevannet inneholder svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller (**Figur 9**). Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier i 1997, slik som tilfellet var i 1990 og 1996. Variasjonen er imidlertid stor, trolig som følge av skiftende nedbør- og avrenningsforhold.



Figur 7. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Øst.



Figur 8. Kjemiske analyser fra prøvebrønn Vest.



Figur 9. Kjemiske analyser av sigevann fra søppelfyllplassen som ledes til kommunalt avløpsnett.

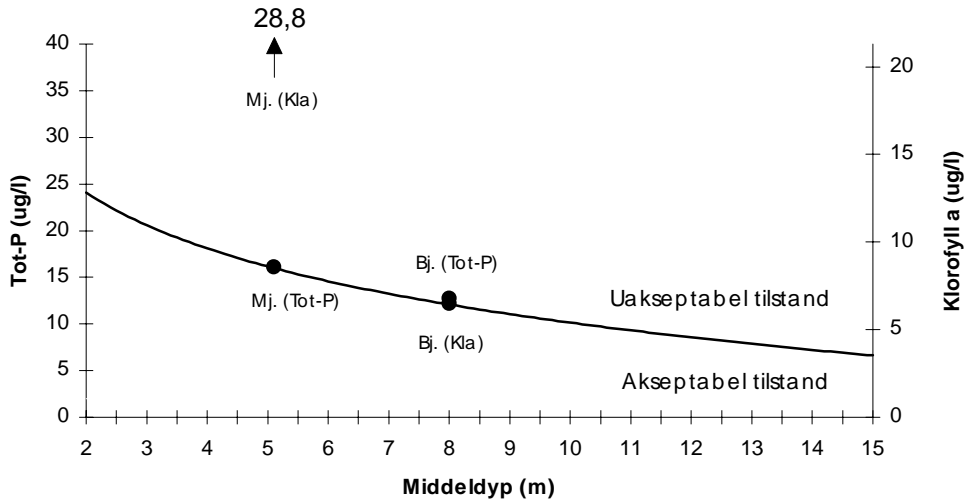
3. Vurdering av resultatene

3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (vedlegg A) er både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern markert påvirket av næringssalter (tilstandsklasse III).

Basert på FOSRES-modellen for fosforbelastning i grunne innsjøer (Berge 1987) kan Mjåvann med et middeldyp på 5.1 meter tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 16 $\mu\text{g P/l}$ (**Figur 10**). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 16 $\mu\text{g P/l}$ i 1997, noe som altså ligger helt på grensen av hva som kan kalles akseptabelt. Ut fra samme modellbetraktning må klorofyllkonsentrasjoner over 8-9 $\mu\text{g/l}$ karakteriseres som uakseptabelt i Mjåvann. Midlere klorofyllkonsentrasjon i 1997 var 28,8 $\mu\text{g/l}$, men tatt i betraktning at en stor del av biomassen sannsynligvis bestod av den mobile flagellaten *Gonyostomum semen* vil det være mest riktig å legge vekt på fosforkonsentrasjonen som et mål på belastning (Kaste 1995a). *Gonyostomum semen* utnytter sannsynligvis næringsressurser dypere ned i innsjøen og vil derfor være forholdsvis uavhengig av næringssaltkonsentrasjonen i overflatevannet.

Bjorendalstjern har et antatt middeldyp på 8 meter (Hindar 1992) og kan derfor tåle en midlere fosforkonsentrasjon i sommerperioden på omkring 12 $\mu\text{gP/l}$ og en klorofyllkonsentrasjon på 6-7 $\mu\text{g/l}$. Midlere konsentrasjon av total fosfor i Bjorendalstjern var 12 $\mu\text{gP/l}$ i 1997, altså på grensen av det akseptable. Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjorendalstjern lå i 1997 noe over akseptabelt nivå med 6,8 $\mu\text{g/L}$.



Figur 10. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelskonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) i 1997 er markert for Mjåvann (Mj) og Bjorendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987).

3.2 Vannkvalitetsutvikling 1988-1997

Det er foretatt en statistisk analyse (enkel regresjon) av vannkvalitetsutviklingen på de enkelte stasjonene i perioden 1988-1997 (**Tabell 3**). Pga. av få data før søppelplassen ble etablert (kun tre

prøvetakingsrunder i perioden 1982-1986), er disse ikke tatt med i analysen. Enkelte av prøvene fra den tidligste perioden er dessuten samlet inn i vinterhalvåret (oktober-mars), mens alle prøver fom. 1988 er samlet inn i sommerhalvåret. Hovedmålet med den statistiske analysen er derfor å vurdere om det har vært en negativ vannkvalitetsutvikling i den siste 10-års perioden med Heftingsdalen søppelfyllplass.

I Mjåvann har det vært en signifikant økning i pH og turbiditet (partikkelkonsentrasjon) i den aktuelle perioden. Dette dreier seg sannsynligvis om en naturlig utvikling som ikke kan knyttes til påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass. Innenfor de pH- og turbiditetsintervaller det er snakk om, har endringene ikke hatt nevneverdig betydning for innsjøens kjemiske eller biologiske status.

På referansestasjonen i Bjorendalstjern har det vært en signifikant økning i turbiditeten og i konsentrasjonen av totalt organisk karbon (TOC). I samme tidsrom har det vært en signifikant nedgang i konsentrasjoner av ammonium og termostabile koliforme bakterier. I og med at det dreier seg om en referansestasjon med minimal påvirkning fra lokale forurensingskilder, antas det å dreie seg om naturlige svingninger.

I den østre grunnvannsbrønnen er det notert en signifikant nedgang i konduktivitet og ammoniums-konsentrasjon, men en økning i TOC. I den østre grunnvannsbrønnen er det registrert en økning i total nitrogen, TOC og totalt jern. Det vil være viktig å følge vannkvalitetsutviklingen i grunnvannsbrønnene i årene framover. Dersom forurensningsgraden i grunnvannet øker vesentlig fra dagens nivå, vil dette kunne ha negativ innvirkning på vannkvaliteten i Mjåvann.

Tabell 3. Statistisk analyse av tidsutvikling for ulike parametre i perioden 1988-1997. Tegnforklaring: o=ingen signifikant utvikling på 90% konfidensnivå, tallene 90-95-99 angir konfidensnivå for signifikant utvikling (jo høyere tall jo tydeligere trend), +/- angir om trenden er økende eller avtakende. Ekstremverdier som ligger utenfor skalaen i figurene 7, 8 og 9 er ikke tatt med i analysen.

| STNR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|----------|
| NAVN | Bjorendal | Mjå-hoved | Mjå-nord | Mjå-sør | Brønn-Ø | Brønn-V | Sigevann |
| pH | o | 90 (+) | | | | | |
| FARG | o | o | | | | | |
| TURB | 90 (+) | 99 (+) | | | | | |
| KOND | o | o | | | 95 (-) | o | 90 (+) |
| TOTP | o | o | | | o | o | o |
| PO4P | o | o | | | | | |
| TOTN | o | o | | | o | 95 (+) | 95 (+) |
| NO3N | o | o | | | | | |
| NH4N | 95 (-) | o | | | 90 (-) | o | 95 (+) |
| K | o | o | | | | | |
| TOC | 95 (+) | o | | | 90 (+) | 95 (+) | o |
| BAKT | 90 (-) | o | o | o | | | |
| KLA | o | o | | | | | |
| Fe | | | | | o | 95 (+) | o |
| Pb | | | | | o | o | 90 (+) |
| Cd | | | | | o | o | o |
| Hg | | | | | o | o | o |

I sigevannet fra søppelfyllplassen er det registrert økende konduktivitet, total nitrogen, ammonium og bly i perioden 1988-1997. Utviklingen kan skyldes tilfeldigheter, men på den annen side må en forvente økt stoff-utlekking etterhvert som volumet og alderen på søppelfyllingen øker.

3.3 Vurdering av behov for tiltak.

Overvåkingsresultatene for 1997 viser ingen dramatiske endringer i vannkvaliteten, hverken i Mjåvann, eller i grunnvannsbrønnene. Det er likevel grunn til å følge utviklingen framover, spesielt med tanke på endringer i grunnvannskvaliteten. De høye konsentrasjonene av næringssalter og organisk stoff i sigevannet fra søppelfyllingen understreker viktigheten av at overløp til Mjåvann må unngås.

Overvåkingen anbefales videreført på dagens nivå. Prøvetakingshyppigheten i 1997 (5 runder i innsjøene og 4 årlige prøver av grunnvannsbrønnene) er et minimum for å holde oversikt med forurensningsutviklingen.

For å kunne anslå en eventuell forurensning av Mjåvann via grunnvannet, er det behov for kvantitative målinger av grunnvannsstrømmen. En alternativ metode er å anslå grunnvannsbidraget indirekte fra nedbørtall og kontinuerlige målinger av mengde sigevann som ledes til kommunalt avløpsnett. Dette forutsetter imidlertid at dagens system for kontinuerlige vannføringsmålinger blir mer stabilt og driftssikkert. Gode data på sigevannsmengde (minimum døgnmidler) er også viktig i forbindelse med tolkningene av de kjemiske analysene av sigevannet. Det bør også vurderes anlagt en ekstra prøvebrønn utenfor fyllplassen - som referanse til dagens prøvebrønner.

Det anbefales i tillegg å gjennomføre en spesialundersøkelse med følgende problemstillinger:

- Beregning av fosfor- og nitrogentilførsler fra bebyggelse og landbruk rundt Mjåvann og Bjorendalstjern.
- Inkludere 4 av de største innløpsbakkene til Mjåvann i programmet i ett år - for å beregne teoretiske innsjøkonsentrasjoner av næringssalter og organisk stoff.
- Gjennomføre 2-3 prøvetakingsrunder i løpet av vinteren (på is), for å måle næringssaltkonsentrasjon og konsentrasjon av termostabile koliforme utenom produksjonssesongen og uten påvirkning av måker.

4. Litteratur

Andersen, J.R, Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04, TA-1468/1997, 31 s.

Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport, løpenr. 2001, 44 s.

Boman, E. 1982. Mjåvann. En vurdering av resipientforhold i forbindelse med planlagt søppelfyllplass i Heftingsdalen, Moland og Arendal. NIVA-notat O-82115, 19 s.

Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1997. Miljømål for vannforekomstene - tilførselsberegninger. SFT-veileder 95:02, TA-1139/1995, 70 s.

Cronberg, G., G. Lindmark, S. Bjørk. 1988. Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes - an effect of acidification? *Hydrobiologia* 161: 217-236.

DNMI 1998. Nedbørhøyder for 1997 fra meteorologisk stasjon Arendal brannstasjon, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.

- Hindar, A. 1988. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1987. NIVA-rapport, løpenr. 2112, 17 s.
- Hindar, A. 1989. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1988. NIVA-rapport, løpenr. 2249, 21 s.
- Hindar, A. 1992. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1991. NIVA-rapport, løpenr. 2767, 25 s.
- Hongve, D., Ø. Løvstad og K. Bjørndalen. 1988. *Gonyostomum semen* - a nuisance to bathers in Norwegian lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 430-434.
- Kaste, Ø. 1994. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1992 og 1993. NIVA-rapport nr. 3023, 19 s.
- Kaste, Ø. 1995a. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1994. NIVA-rapport nr. 3243, 26 s.
- Kaste, Ø. 1995b. Oversvømmelsen i Heftingsdalen i september 1995. Beregning av forurensningstransport til Mjåvann og vurdering av vannkvaliteten i innsjøen i tiden etter oversvømmelsen. Notat til Arendal kommune 17/11-95, 7 s.
- Kaste, Ø. 1996. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995. NIVA-rapport nr. 3433, 22 s.
- Kaste, Ø. og Håvardstun, J. 1997. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1996. NIVA-rapport nr. 3629, 21 s.
- Kaste, Ø., A. Henriksen, and A. Hindar. 1997. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1990. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1989. NIVA-rapport, løpenr. 2437, 12 s.
- Kroglund, F og A. Hindar. 1991. Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 1990. NIVA-rapport, løpenr. 2564, 20 s.
- Lande, A. 1986. Mjåvann - Songevassdraget. Overvåkingsundersøkelse 1986. Fysisk - kjemiske, biologiske og bakteriologiske undersøkelser. NIVA-notat O-85063, 20 s.
- Lande, A. og E. Boman. 1986. Mjåvann - Songevassdraget 1985. Undersøkelser i vassdraget, før anleggelse av søppelfyllplassen i Heftingsdalen. NIVA-notat O-85063, 19 s.
- SIFF. 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- SIFF. 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. G2. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Skjelkvåle, B.L. (red.) 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - effekter 1995. Statens forurensningstilsyn (SFT), rapport 671/96, 193 s.
- Statens Helsetilsyn. 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut tabellen nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann-råvann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsdsfiske og jordvanning - åker og eng.

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder 97:04 (Andersen et al. 1997).

| Virkninger av: | Parametre | Tilstandsklasser | | | | |
|--|------------------------------------|------------------|-------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | | I "Meget god" | II "God" | III "Mindre god" | IV "Dårlig" | V "Meget dårlig" |
| Næringsalter | Total fosfor, µg P/l | <7 | 7-11 | 11-20 | 20-50 | >50 |
| | Klorofyll a, µg/l | <2 | 2-4 | 4-8 | 8-20 | >20 |
| | Siktedyp, m | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| | Prim. prod., g C/m ² år | <25 | 25-50 | 50-90 | 90-150 | >150 |
| | Total nitrogen, µg N/l | <300 | 300-400 | 400-600 | 600-1200 | > 1200 |
| Organiske stoffer | TOC, mg C/l | <2,5 | 2,5-3,5 | 3,5-6,5 | 6,5-15 | >15 |
| | Fargetall, mg Pt/l | <15 | 15-25 | 25-40 | 40-80 | >80 |
| | Oksygen, mg O ₂ /l | >9 | 6,5-9 | 4-6,5 | 2-4 | <2 |
| | Oksygenmetning, % | >80 | 50-80 | 30-50 | 15-30 | <15 |
| | Siktedyp, m | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| | KOF _{Mn} , mg O/l | <2,5 | 2,5-3,5 | 3,5-6,5 | 6,5-15 | >15 |
| | Jern, µg Fe/l | <50 | 50-100 | 100-300 | 300-600 | >600 |
| | Mangan, µg Mn/l | <20 | 20-50 | 50-100 | 100-150 | >150 |
| Forsurende stoffer | Alkalitet, mmol/l | >0,2 | 0,05-0,2 | 0,01-0,05 | <0,01 | 0,00 |
| | pH | >6,5 | 6,0-6,5 | 5,5-6,0 | 5,0-5,5 | <5,0 |
| Partikler | Turbiditet, FTU | <0,5 | 0,5-1 | 1-2 | 2-5 | >5 |
| | Suspendert stoff, mg/l | <1,5 | 1,5-3 | 3-5 | 5-10 | >10 |
| | Siktedyp, m | >6 | 4-6 | 2-4 | 1-2 | <1 |
| Tarmbakterier | Termotol koli. bakt., ant./100 ml | <5 | 5-50 | 50-200 | 200-1000 | >1000 |
| Miljøgifter (tungmetaller) i vann | Kobber, µg Cu/l | <0,6 | 0,6-1,5 | 1,5-3 | 3-6 | >6 |
| | Sink, µg Zn/l | <5 | 5-20 | 20-50 | 50-100 | >100 |
| | Kadmium, µg Cd/l | <0,04 | 0,04-0,1 | 0,1-0,2 | 0,2-0,4 | >0,4 |
| | Bly, µg Pb/l | <0,05 | 0,5-1,2 | 1,2-2,5 | 2,5-5 | >5 |
| | Nikkel, µg Ni/l | <0,5 | 0,5-2,5 | 2,5-5 | 5-10 | >10 |
| | Krom, µg Cr/l | <0,2 | 0,2-2,5 | 2,5-10 | 10-50 | >50 |
| | Kvikksølv, µg Hg/l | <0,002 | 0,002-0,005 | 0,005-0,01 | 0,01-0,02 | >0,02 |

Nøkkelparametre er gitt i kursiv.

Vedlegg B. Primærdata 1997

B1. Innsjøene

| STNR | LOKALITET | DATO | DYP | TEMP | PH | FARG mg Pt/L | TURB FTU | KOND mS/m | TOTP µg/L | PO4P µg/L | TOTN µg/L | NO3N µg/L | NH4N µg/L | K mg/L | TOC mg/L | BAKT /100 ml | KLA µg/L | O2 mg/L | Sikt m |
|------|-----------|----------|-----|------|------|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-----------------|-------------|------------|-----------|
| 1 | Bjorendal | 17/06/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 4,2 |
| 1 | Bjorendal | 08/07/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 3,7 |
| 1 | Bjorendal | 11/08/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 3,5 |
| 1 | Bjorendal | 23/09/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 3,5 |
| 1 | Bjorendal | 28/10/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 3,5 |
| 1 | Bjorendal | 17/06/97 | 1 | 20,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 08/07/97 | 1 | 21,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 11/08/97 | 1 | 23,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 23/09/97 | 1 | 12,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 28/10/97 | 1 | 5,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 17/06/97 | 4 | 8,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 08/07/97 | 4 | 9,4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 11/08/97 | 4 | 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 23/09/97 | 4 | 12,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 28/10/97 | 4 | 5,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bjorendal | 17/06/97 | 12 | 5,4 | | | | | | | | | | | | | | | 3,2 |
| 1 | Bjorendal | 08/07/97 | 12 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | 2,0 |
| 1 | Bjorendal | 11/08/97 | 12 | 5,9 | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 |
| 1 | Bjorendal | 23/09/97 | 12 | 5,7 | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 |
| 1 | Bjorendal | 28/10/97 | 12 | 5,1 | | | | | | | | | | | | | | | 5,8 |
| 1 | Bjorendal | 17/06/97 | 0-4 | | 6,79 | 41 | 0,5 | 6,38 | 7 | 1 | 540 | 148 | 20 | 0,74 | 6,7 | | 3,5 | | |
| 1 | Bjorendal | 08/07/97 | 0-4 | | 6,50 | 43 | 0,4 | 6,31 | 8 | 2 | 530 | 145 | 35 | 0,74 | 6,5 | | 3,1 | | |
| 1 | Bjorendal | 11/08/97 | 0-4 | | 7,91 | 42 | 0,5 | 6,46 | 11 | 3 | 555 | 63 | 14 | 0,72 | 6,3 | | 5,1 | | |
| 1 | Bjorendal | 23/09/97 | 0-4 | | 6,88 | 44 | 0,6 | 6,48 | 19 | 2 | 435 | 33 | 9 | 0,63 | 7,4 | | 21,1 | | |
| 1 | Bjorendal | 28/10/97 | 0-4 | | 6,39 | 54 | 1,3 | 6,86 | 16 | 5 | 655 | 180 | 97 | 0,76 | 8,0 | | <1,3 | | |
| 2 | Mjå-hoved | 17/06/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 3 | | | 3,1 |
| 2 | Mjå-hoved | 08/07/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 3,1 |
| 2 | Mjå-hoved | 11/08/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 15 | | | 3,2 |
| 2 | Mjå-hoved | 23/09/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 40 | | | 3,0 |

NIVA 3848-98

| STNR | LOKALITET | DATO | DYP | TEMP | PH | FARG mg Pt/L | TURB FTU | KOND mS/m | TOTP µg/L | PO4P µg/L | TOTN µg/L | NO3N µg/L | NH4N µg/L | K mg/L | TOC mg/L | BAKT /100 ml | KLA µg/L | O2 mg/L | Sikt m |
|------|-----------|----------|-----|------|------|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-----------------|-------------|------------|-----------|
| 2 | Mjå-hoved | 28/10/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 3,0 |
| 2 | Mjå-hoved | 17/06/97 | 1 | 21,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 08/07/97 | 1 | 22,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 11/08/97 | 1 | 23,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 23/09/97 | 1 | 13,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 28/10/97 | 1 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 17/06/97 | 4 | 11,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 08/07/97 | 4 | 17,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 11/08/97 | 4 | 17,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 23/09/97 | 4 | 13,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 28/10/97 | 4 | 5,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Mjå-hoved | 17/06/97 | 9 | 8,2 | | | | | | | | | | | | | | 4,2 | |
| 2 | Mjå-hoved | 08/07/97 | 9 | 8,6 | | | | | | | | | | | | | | 1,6 | |
| 2 | Mjå-hoved | 11/08/97 | 9 | 8,5 | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | |
| 2 | Mjå-hoved | 23/09/97 | 9 | 10,8 | | | | | | | | | | | | | | 1,1 | |
| 2 | Mjå-hoved | 28/10/97 | 9 | 5,4 | | | | | | | | | | | | | | 7,7 | |
| 2 | Mjå-hoved | 17/06/97 | 0-4 | | 6,46 | 53 | 0,6 | 5,63 | 12 | 1 | 535 | 98 | 6 | 0,52 | 7,5 | | 20,8 | | |
| 2 | Mjå-hoved | 08/07/97 | 0-4 | | 6,45 | 50 | 0,5 | 5,50 | 11 | 1 | 385 | 8 | 10 | 0,45 | 7,3 | | 16,5 | | |
| 2 | Mjå-hoved | 11/08/97 | 0-4 | | 7,64 | 48 | 1,2 | 5,74 | 24 | 2 | 530 | 1 | 10 | 0,53 | 7,7 | | 76,1 | | |
| 2 | Mjå-hoved | 23/09/97 | 0-4 | | 6,70 | 50 | 0,5 | 5,59 | 23 | 1 | 440 | <1 | 10 | 0,42 | 8,0 | | 29,3 | | |
| 2 | Mjå-hoved | 28/10/97 | 0-4 | | 6,42 | 65 | 1,1 | 5,84 | 12 | 3 | 530 | 47 | 118 | 0,52 | 8,2 | | <1.3 | | |
| 3 | Mjå-nord | 17/06/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 3 | Mjå-nord | 08/07/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 3 | Mjå-nord | 11/08/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 3 | Mjå-nord | 23/09/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 70 |
| 3 | Mjå-nord | 28/10/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | Mjå-sør | 17/06/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | Mjå-sør | 08/07/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 4 | Mjå-sør | 11/08/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| 4 | Mjå-sør | 23/09/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 4 | Mjå-sør | 28/10/97 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

B2. Grunnvannsbrønner og sigevann fra søppelfyllplassen

| STNR | LOKALITET | DATO | KOND mS/m | TOTP µg/L | TOTN µg/L | NH4N µg/L | TOC mg/L | TOTFE µg/l | Pb µg/L | Cd µg/L | Hg µg/L |
|------|-----------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|------------|------------|------------|
| 5 | Brønn-Ø | 01/07/97 | 8,31 | 31 | 1350 | 20 | 9,8 | 2050 | 5,63 | 0,13 | <0.50 |
| 5 | Brønn-Ø | 10/09/97 | 9,52 | 42 | 2600 | <5.0 | 7,1 | 2940 | 8,22 | 0,11 | <0.50 |
| 5 | Brønn-Ø | 23/10/97 | 6,84 | | 1260 | 35 | 9,4 | 500 | 4,40 | | <0.50 |
| 5 | Brønn-Ø | 17/11/97 | 7,02 | | 1050 | | 6,4 | | | | <0.50 |
| 6 | Brønn-V | 01/07/97 | 20,60 | 20 | 450 | 560 | 6,8 | 760 | 3,57 | <0.10 | <0.50 |
| 6 | Brønn-V | 10/09/97 | 14,30 | 33 | 1800 | 5 | 4,4 | 2450 | 18,80 | <0.10 | <0.50 |
| 6 | Brønn-V | 23/10/97 | 8,19 | | 1510 | 50 | 19,2 | 600 | 6,30 | | <0.50 |
| 6 | Brønn-V | 17/11/97 | 7,73 | | 750 | | 8,6 | | | | <0.50 |
| 7 | Sigevann | 01/07/97 | 306,00 | 2660 | 149000 | 157000 | | 20500 | 92,00 | 0,35 | <0.50 |
| 7 | Sigevann | 10/09/97 | 386,00 | 3210 | 227000 | 200000 | 163,0 | 22500 | 35,10 | <0.10 | <0.50 |
| 7 | Sigevann | 23/10/97 | 215,00 | 3500 | 133000 | 111 | 310,0 | 9610 | 30,30 | | <0.50 |
| 7 | Sigevann | 17/11/97 | 178,00 | | 89800 | 81250 | 89,4 | | | | <0.50 |

Vedlegg C. Årsmidler / årsmedianverdier 1988-1997

C1. Mjåvann og Bjorendalstjern; årsmidler for kjemiske parametre 1988-1997.

| År | Antall målinger | Kond mS/m | Farge mg Pt/l | Tot-P µg/l | Orto-P µg P/l | Tot-N µg/l | NO ₃ -N µg N/l | NH ₄ -N µg N/l | TOC mg/l | Kl.a µg/l |
|------------------------|-----------------|-------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------------------|---------------------------|------------|-------------|
| Mjåvann | | | | | | | | | | |
| 1988 | 3 | 5,13 | - | 9 | - | 612 | - | 117 | - | - |
| 1989 | 3 | 5,33 | 60 | 17 | - | 510 | - | 42 | - | - |
| 1990 | 3 | 6,57 | 51 | 24 | - | 512 | - | 47 | - | - |
| 1991 | 7 | 6,97 | 52 | 12 | 2,7 | 391 | 71 | 73 | - | 13,7 |
| 1993 | 6 | 6,59 | 53 | 13 | 2,0 | 418 | 129 | 33 | 7,1 | 30,9 |
| 1994 | 7 | 5,80 | 57 | 11 | 4,1 | 508 | 99 | 26 | 7,6 | 16,1 |
| 1995 | 7 | 5,75 | 78 | 15 | 2,7 | 681 | 88 | 100 | 8,7 | 32,6 |
| 1996 | 6 | 5,49 | 66 | 16 | 2,1 | 590 | 131 | 44 | 8,2 | 20,3 |
| 1997 | 5 | 5,66 | 53 | 16 | 1,6 | 484 | 31 | 31 | 7,7 | 28,8 |
| Bjorendalstjern | | | | | | | | | | |
| 1988 | 3 | 5,70 | - | 11 | - | 765 | - | 200 | - | - |
| 1989 | 3 | 6,53 | 33 | 10 | - | 660 | - | 31 | - | - |
| 1990 | 3 | 7,60 | 54 | 17 | - | 648 | - | 42 | - | - |
| 1991 | 7 | 7,47 | 58 | 15 | 3,0 | 500 | 140 | 67 | - | 7,3 |
| 1993 | 6 | 7,71 | 43 | 12 | 2,0 | 356 | 152 | 33 | 6,1 | 8,5 |
| 1994 | 7 | 5,52 | 49 | 10 | 2,2 | 619 | 172 | 30 | 6,6 | 3,9 |
| 1995 | 6 | 6,24 | 63 | 12 | 2,2 | 632 | 163 | 27 | 7,4 | 6,1 |
| 1996 | 6 | 6,40 | 52 | 12 | 2,5 | 720 | 280 | 51 | 7,5 | 3,9 |
| 1997 | 5 | 6,50 | 45 | 12 | 2,6 | 543 | 114 | 35 | 7,0 | 6,8 |

C2. Mjåvann og Bjorendalstjern; termostabile koliforme bakterier; årsmidler 1988-1997.

| År | Ant. målinger | Mjåvann - N | Mjåvann - H | Mjåvann - S | Bjorendalstjern |
|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1988 | 8 | 49 | 28 | 10 | 4 |
| 1989 | 8 | 5 | 3 | 3 | 19 |
| 1990 | 8 | 68 | 32 | 19 | 21 |
| 1991 | 10 | 15 | 3 | 2 | 2 |
| 1992 | 10 | 41 | 37 | 5 | |
| 1993 | 7-10 | 17 | 8 | 2 | 1 |
| 1994 | 7-10 | 7 | 2 | 3 | 0 |
| 1995 | 5-7 | 25 | 31 | 7 | 2 |
| 1996 | 6 | 66 | 25 | 9 | 4 |
| 1997 | 5 | 18 | 12 | 3 | 0 |

C3. Grunnvannsbrønner; årsmidler for perioden 1988-1997.

| Dato | Antall prøver | Kond mS/m | Tot-P µg/l | NH ₄ -N µg/l | Tot-N µg/l | TOC mg/l | Tot-Fe µg/l | Pb µg/l | Cd µg/l | Hg µg/l |
|----------------|---------------|--------------|------------|-------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Brønn-V | | | | | | | | | | |
| 1988 | 6 | 12,75 | 19 | 19 | 586 | | 198 | | | |
| 1990 | 6 | 8,53 | 25 | 35 | 1048 | 5,4 | 432 | 9,78 | 0,25 | <0,50 |
| 1991 | 6 | 10,85 | 18 | 26 | 667 | 2,7 | 305 | 1,72 | 0,15 | <0,50 |
| 1993 | 5 | 9,20 | 22 | 23 | 583 | 4,6 | 463 | 6,24 | 0,15 | <0,50 |
| 1994 | 7 | 9,53 | 21 | 25 | 983 | 4,0 | 476 | 5,95 | 0,24 | <0,50 |
| 1995 | 6 | 11,47 | 27 | 12 | 2297 | 3,6 | 460 | 5,11 | 0,23 | 0,72 |
| 1996 | 5 | 8,51 | 19 | 30 | 1773 | 7,8 | 279 | 3,67 | 0,21 | <0,50 |
| 1997 | 4 | 12,71 | 27 | 205 | 1128 | 9,8 | 1270 | 9,56 | <0,10 | <0,50 |
| Brønn-Ø | | | | | | | | | | |
| 1988 | 6 | 15,63 | 40 | 50 | 6640 | | 576 | | | |
| 1990 | 6 | 7,85 | 29 | 36 | 1455 | 4,4 | 361 | 8,58 | 0,19 | <0,50 |
| 1991 | 6 | 7,17 | 46 | 63 | 1060 | 4,0 | 533 | | | <0,50 |
| 1993 | 5 | 7,50 | 24 | 31 | 1119 | 5,3 | 733 | 4,53 | 0,16 | <0,50 |
| 1994 | 7 | 6,85 | 26 | 45 | 1281 | 4,6 | 730 | 8,71 | 0,21 | <0,50 |
| 1995 | 6 | 8,85 | 24 | 9 | 1860 | 5,2 | 378 | 4,41 | 0,20 | <0,50 |
| 1996 | 5 | 11,84 | 19 | 15 | 3833 | 4,1 | 453 | 3,68 | 0,13 | <0,50 |
| 1997 | 4 | 7,92 | 37 | 20 | 1565 | 8,2 | 1830 | 6,08 | 0,12 | <0,50 |

C4. Sigevann fra søppelfyllplassen; års-medianverdier for perioden 1988-1997.

| Dato | Antall prøver | Kond mS/m | Tot-P µg/l | NH ₄ -N µg/l | Tot-N µg/l | TOC mg/l | Tot-Fe µg/l | Pb µg/l | Cd µg/l | Hg µg/l |
|-----------------|---------------|---------------|-------------|-------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Sigevann | | | | | | | | | | |
| 1988 | 5 | 80,60 | 200 | 15000 | 21200 | | 17100 | 5,00 | 0,57 | |
| 1990 | 6 | 286,25 | 3630 | 126850 | 159950 | 106,5 | 74500 | 39,50 | 0,91 | 0,20 |
| 1991 | 6 | 282,00 | 1840 | 133000 | 142000 | 109,5 | 13700 | 8,87 | 0,72 | 0,20 |
| 1993 | 5 | 231,00 | 1710 | 98600 | 148000 | 102,0 | 13300 | 5,88 | 0,61 | 0,27 |
| 1994 | 6 | 305,80 | 2195 | 173500 | 177000 | 190,0 | 23300 | 13,10 | 0,42 | 0,50 |
| 1995 | 8 | 201,00 | 990 | 105000 | 106000 | 124,0 | 20200 | 34,30 | 1,11 | 0,50 |
| 1996 | 5 | 299,00 | 4150 | 134500 | 210000 | 143,0 | 44000 | 37,40 | 2,05 | 0,50 |
| 1997 | 4 | 260,50 | 3210 | 119125 | 141000 | 163,0 | 20500 | 35,10 | 0,23 | 0,50 |