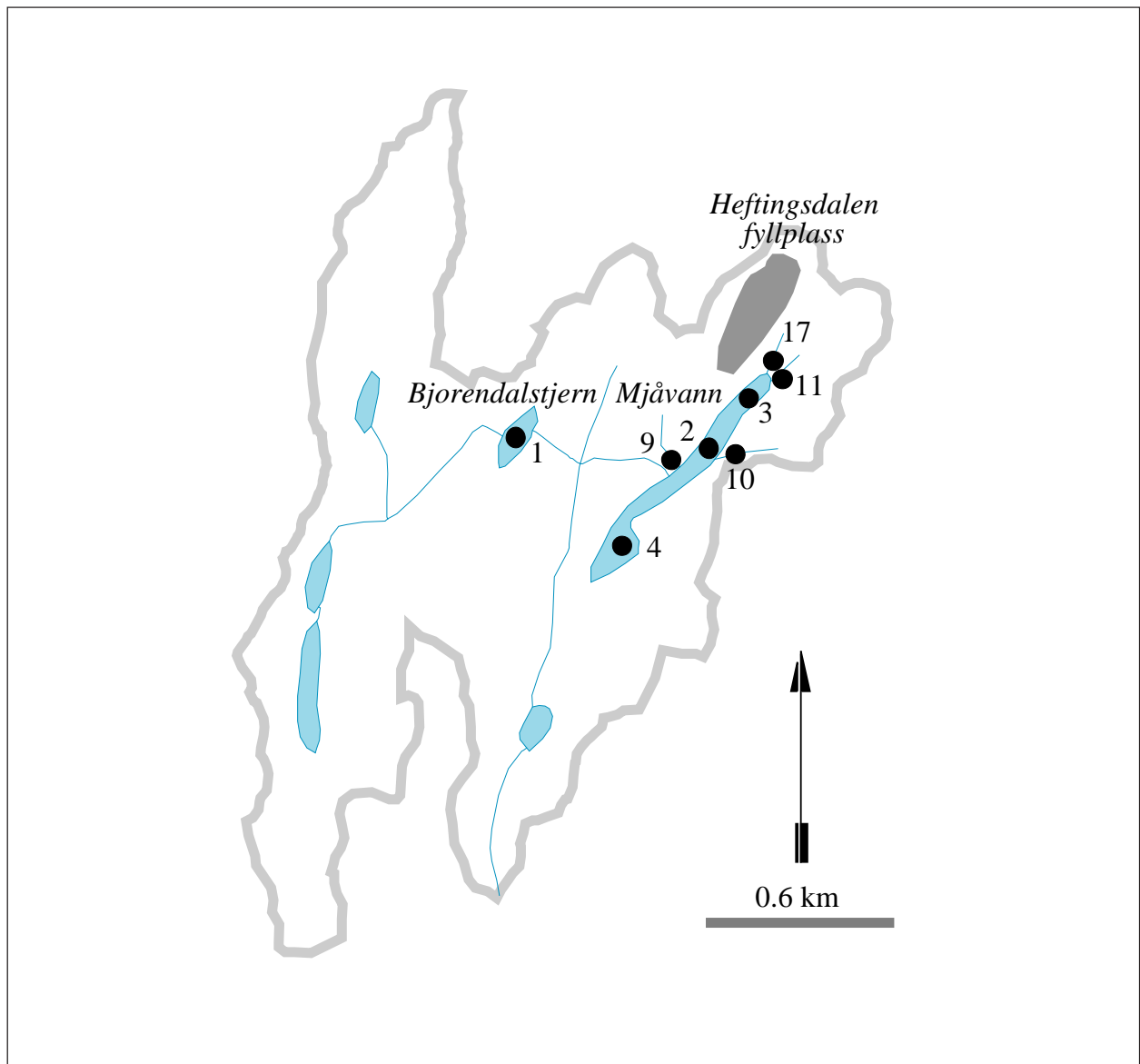


NIVA



RAPPORT LNR 4515-2002

Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 2001



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen søppelfyllplass i 2001. <i>(Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill 2001)</i>	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4515-2002	Mai 2002
Forfatter(e) Hindar, A. og Skancke, L.B.	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-21815	22
	Fagområde	Distribusjon
	Eutrofi ferskvann	
	Geografisk område	Trykket
	Aust-Agder	NIVA

Oppdragsgiver(e) Agder Renovasjon DA	Oppdragsreferanse 725/01, 15.11.01
---	---------------------------------------

Sammendrag

Vannkvaliteten i Mjåvann overvåkes årlig for å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen søppelfyllplass til Songevassdraget ved Arendal. I tillegg samles og rapporteres data fra grunnvannsbrønner og sivevann fra fyllplassen. Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringsssalter (tilstandsklasse III), og det blir også påvist termostabile koliforme bakterier. Vannene egner seg derfor ikke til drikkevann, men tilfredsstilte Folkehelsas hygieniske krav til godt badevann. I grunnvann fra fyllplassområdet ble det i 2001 registrert omlag samme nivå og variasjon i konsentrasjonene av næringsstoffer og en del metaller som tidligere. Endringer i deteksjonsgrenser gjør det nå mulig å få bedre mål på de reelle konsentrasjonene av enkelte metaller. Det er ikke funnet spesielle forhold som skulle tilsi endringer i driftsrutiner ved fyllplassen. Høye metallkonsentrasjoner, spesielt for kvikksølv, bør vurderes nærmere.

Fire norske emneord 1. Overvåking 2. Søppelfylling 3. Avrenning 4. Vannkvalitet	Fire engelske emneord 1. Monitoring 2. Landfill 3. Leaching 4. Water quality
---	--

Aile Hindar
Prosjektleder

Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder
ISBN 82-577-4166-3

Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Overvåking av Mjåvann nedstrøms Heftingsdalen
søppelfyllplass i 2001**

Forord

Overvåkingsprogrammet for Mjåvann skjer på oppdrag fra Agder Renovasjon DA, et interkommunalt selskap for Arendal, Froland og Grimstad.

Prøvetaking, databearbeiding og rapportering gjennomføres av NIVA, men Agder Renovasjon har selv tatt prøver av grunnvannsbrønner og sigevann fra søppelfyllplassen.

Vannkjemiske analyser er foretatt ved NIVAs laboratorium i Oslo. AnalyCen i Arendal har analysert bakterieprøvene og prøvene fra grunnvannsbrønner og sigevann.

Grimstad, 2. mai 2002

Atle Hindar

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Områdebeskrivelse	7
1.2 Nedbør i 2001	7
2. Resultater og diskusjon	8
2.1 Næringsalter og klorofyll	8
2.2 Tarmbakterier	12
2.3 Vann fra grunnvannsbrønner	13
2.4 Sigevann	14
2.5 Vurdering av behov for tiltak	14
3. Referanser	14
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	16
Vedlegg B. Vedleggstabeller kjemi og bakteriologi	17

Sammendrag

I forbindelse med etablering og drift av Heftingsdalen søppelfyllplass i Songevassdraget, Arendal kommune, foretas en løpende overvåking av vannkvaliteten i Mjåvann rett nedstrøms fyllplassen. Disse undersøkelsene har som formål å vurdere eventuell påvirkning fra Heftingsdalen på vassdraget.

Vannkvalitet i Mjåvann og Bjorendalstjern

Både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjorendalstjern er markert påvirket av næringssalter og organisk stoff (tilstandsklasse III og IV), men noe av grunnen er høye konsentrasjoner fra naturens side. Fosforkonsentrasjonen i Mjåvann lå innenfor grensen av hva som kan kalles akseptabelt, men en ammoniumkonsentrasjon på omlag 200 µg N/L høsten 2001 indikerer påvirkning fra fyllplassen. Etter et uhell med en ventil på sigevannsledningen i desember ble det også målt en tilsvarende konsentrasjon.

Det ble i 2001 påvist termostabile koliforme bakterier (TKB) i nesten alle prøvene fra Mjåvann og Bjorendalstjern. Vannene egner seg derfor ikke til drikkevann, men tilfredsstilte Folkehelsas krav til godt badevann. Det må imidlertid tillegges at undersøkelsesprogrammet ikke fullt ut oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet.

Grunnvann fra fyllplassområdet

Pga ulike deteksjonsgrenser på prøvetakingstidspunktene, er det ikke beregnet årsmiddelverdier for metallene. Mange målinger ligger nær de deteksjonsgrensene det opereres med, og usikkerheten i tallmaterialet er trolig forholdsvis stor. Basert på målingene med lavest deteksjonsgrense er det ikke grunn til å tro at konsentrasjonene av metallene bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) har endret seg fra tidligere år. Konsentrasjonene av næringssaltene nitrogen og fosfor varierte innenfor samme konsentrasjonsnivåer som tidligere.

Sigevann fra fyllplassområdet som ledes til kommunalt avløpsnett

Konsentrasjonene av næringssaltene nitrogen og fosfor varierte innenfor samme eller litt lavere konsentrasjonsnivåer som tidligere. Nivåene tilsier at større overløp av forurenset sigevann til Mjåvann vil kunne ha konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.

Det er målt høye konsentrasjoner av flere metaller i sigevannet. Kvikksølvkonsentrasjoner på opp mot 0.3 µg Hg/L er forholdsvis høyt og bør vurderes nærmere, f.eks. ved å sammenlikne med sigevann fra andre fyllplasser i Norge.

Kontinuerlige vannføringsmålinger for sigevann ble også avlest i 2001, og det vil dermed være mulig å kvantifisere tilført mengde av f.eks. næringssalter til det kommunale kloakknettet.

Vurdering

Det er ikke funnet forhold som skulle tilsi endringer i driftsrutiner ved fyllplassen, men de høye metallkonsentrasjonene i sigevannet, spesielt for kvikksølv, bør vurderes nærmere. En bør sammenlikne sigevannskvaliteten med tilsvarende fra andre fyllplasser. Det kan være at en bør supplere med andre analyser eller med andre analysemetoder for å komme ned i lavere deteksjonsgrenser, men det bør evt. skje som resultat av vurderingen.

Summary

Title: Monitoring of Lake Mjåvann, downstream Heftingsdalen landfill in 2001.
Year: 2002
Authors: Hindar, Atle and Skancke, Liv Bente
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4166-3

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

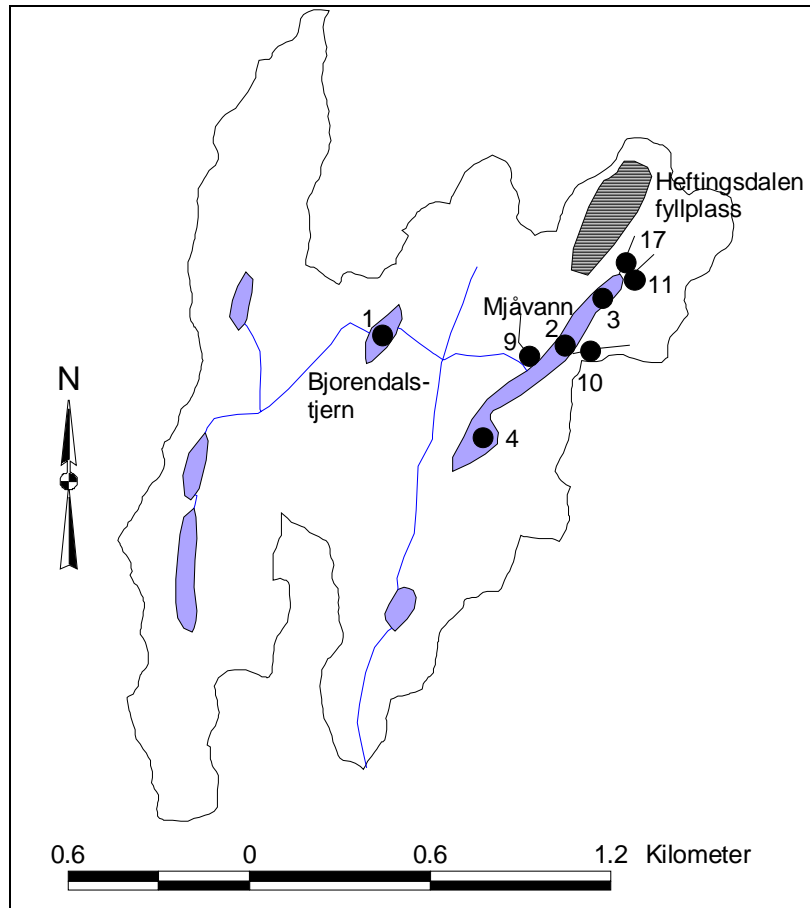
Both Lake Mjåvann and the reference Lake Bjorendalstjern are markedly affected by phosphorus and termo-stabile coliform bacteria. Monitored concentrations in 2001 were largely within variations seen over the last years. However, a measured concentration of ammonium at about 200 µg N/L in autumn 2001, indicates influence from the landfill. The concentrations of coliform bacteria allow use of the classification “good bath water quality”.

In groundwater wells and in overland flow from the dump area, monitored concentrations of nutrients and metals were largely within variations from previous monitoring. Concentrations in overland flow were high, and mercury close to 0.3 µg Hg/L should be further examined. Due to changes of detection limits for some metals, more precise information is now available from this part of the monitoring programme.

1. Innledning

1.1 Områdebeskrivelse

Mjåvann - Songevassdraget ligger i Arendal kommune (**Figur 1**). Fra 1986 ble Heftingsdalen, i den nordlige delen av Mjåvanns nedbørfelt, tatt i bruk som søppelfyllplass. Fyllplassen utgjør knapt 10% av innsjøens nedbørfelt. Det vises til tidligere rapporter for flere detaljer om innsjøene og undersøkelsene.

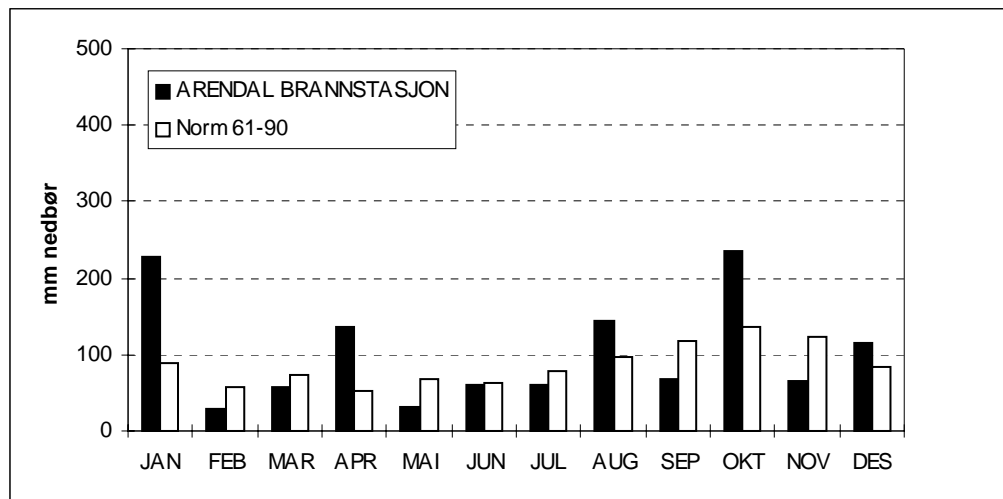


Figur 1. Songevassdragets nedbørfelt med prøvetakingsstasjoner. Søppelfyllplassen er inntegnet. I 2001 var det prøvetaking ved stasjonene 1-4.

1.2 Nedbør i 2001

Nedbørmengdene i 2001 var 118 % av det normale, med 1226 mm målt ved Arendal Brannstasjon. I januar, april og oktober var det spesielt mye nedbør i forhold til normalen (**Figur 2**).

I begynnelsen av desember 2001 var det uhell i en ventil på sivevannsledningen i Heftingsdalen. Det skjedde samtidig med kraftig regn i dagene 30.november-2.desember, da det falt til sammen 91 mm nedbør.



Figur 2. Månedlig nedbør i 2001 ved Arendal brannstasjon. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 2002).

2. Resultater og diskusjon

Alle data og en del middelverdier er gitt i vedleggstabeller bak i rapporten. Her trekkes bare de viktigste resultatene fram.

2.1 Næringsalter og klorofyll

Fosfor

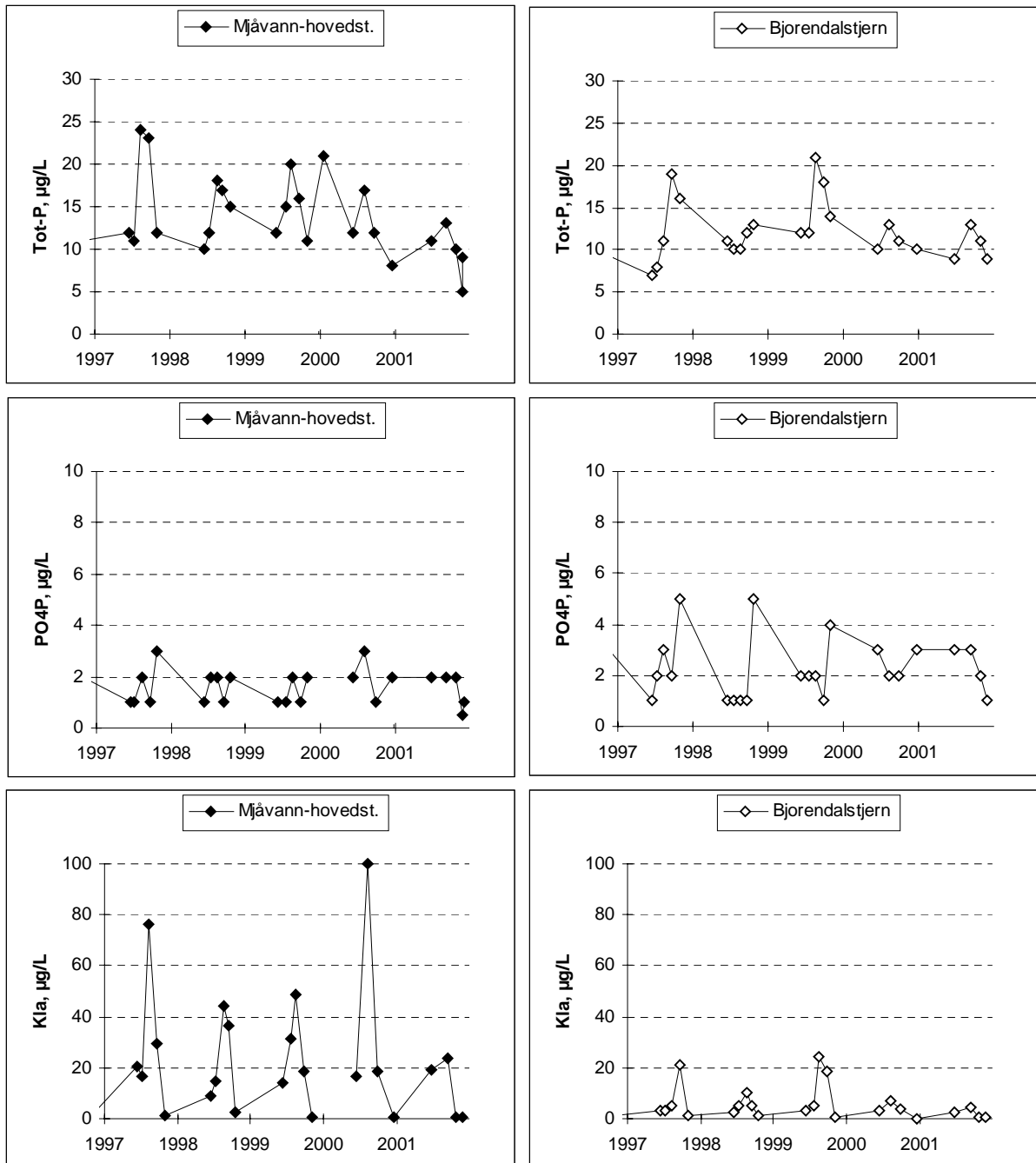
Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 $\mu\text{g P/L}$, mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier, omkring 8-12 $\mu\text{g/L}$ omregnet fra Østlandsforhold (Bratli et al. 1997). I tillegg kommer fosfor assosiert til løst organisk stoff.

Direkte fosfortilførsel på vannoverflaten fra måker som tiltrekkes av fyllplassen bør betraktes som en deponieffekt. Imidlertid er det å forvente at ansamlingen av måker kan avta ettersom det nå ikke blir deponert matavfall på fyllingen. Matavfallet blir kompostert på eget område i Heftingsdalen.

Årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor i Mjåvann har sunket de siste årene, og var i 2001 nede i 10 $\mu\text{g/L}$. Verdiene varierte relativt lite, med verdier mellom 5 og 13 $\mu\text{g/L}$ gjennom året (**Figur 3**). Tidligere år har det vært større variasjon på denne stasjonen, noe som har vært knyttet opp mot endringer i algemengde. Målt maksimalkonsentrasjon av klorofyll var da også på et lavere nivå dette året enn tidligere (se **Figur 3**). Årsmiddelkonsentrasjonen av total fosfor i Bjørendalstjern lå på samme nivå som Mjåvann; målte konsentrasjoner var 9-13 $\mu\text{g/L}$.

Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn 2-3 $\mu\text{g P/L}$, er det en indikasjon på at det tilføres mer fosfor enn det som kan omsettes biologisk. Det ble ikke funnet fosfatkonsentrasjoner over 3 $\mu\text{g/L}$ verken i Mjåvatn eller Bjørendalstjern i 2001 (**Figur 3**).

Basert på SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i ferskvann (**Vedlegg A**) er både Mjåvann og referanseinnsjøen Bjørendalstjern markert påvirket av næringsalter (Tilstandsklasse III for Tot P og siktedyp samt Tilstandsklasse IV for Tot N).

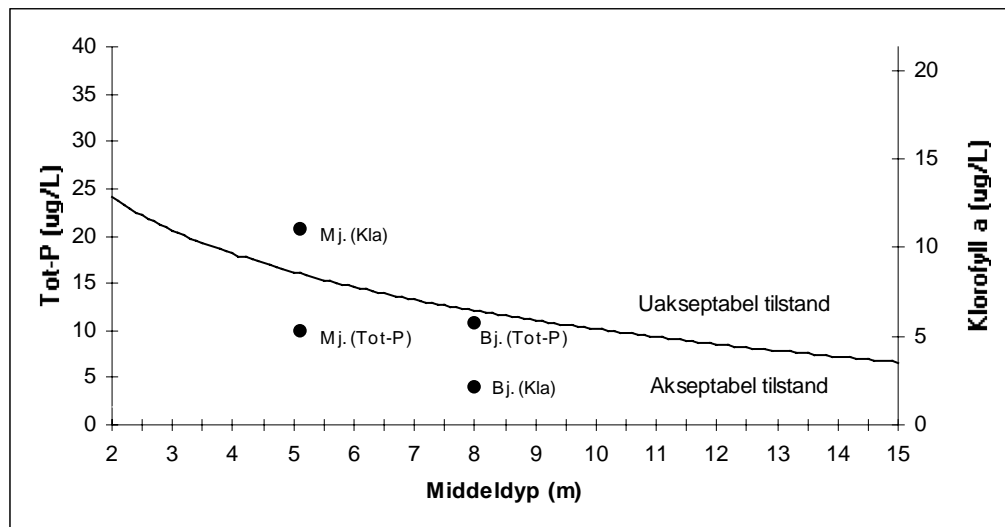


Figur 3. Total fosfor, løst fosfat og klorofyll a i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern for femårsperioden 1997-2001.

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 µg P/L (**Figur 4**). Midlere konsentrasjon av total fosfor var 10 µg P/L i 2001, noe som ligger innenfor grensen av hva som kan kalles akseptabelt.

Klorofyllkonsentrasjonene i Mjåvann (**Figur 3**) er etter all sannsynlighet dominert av den mobile flagellaten *Gonyostomum semen*. 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 innsjøens vannlag. Klorofyll er derfor lite egnet til en generell vannkvalitetsvurdering i denne innsjøen.

Midlere klorofyllkonsentrasjon i Bjorendalstjern (**Figur 3**) har ligget på et akseptabelt nivå de siste to årene, og var kun 0.6-4.4 $\mu\text{g/L}$ i 2001.



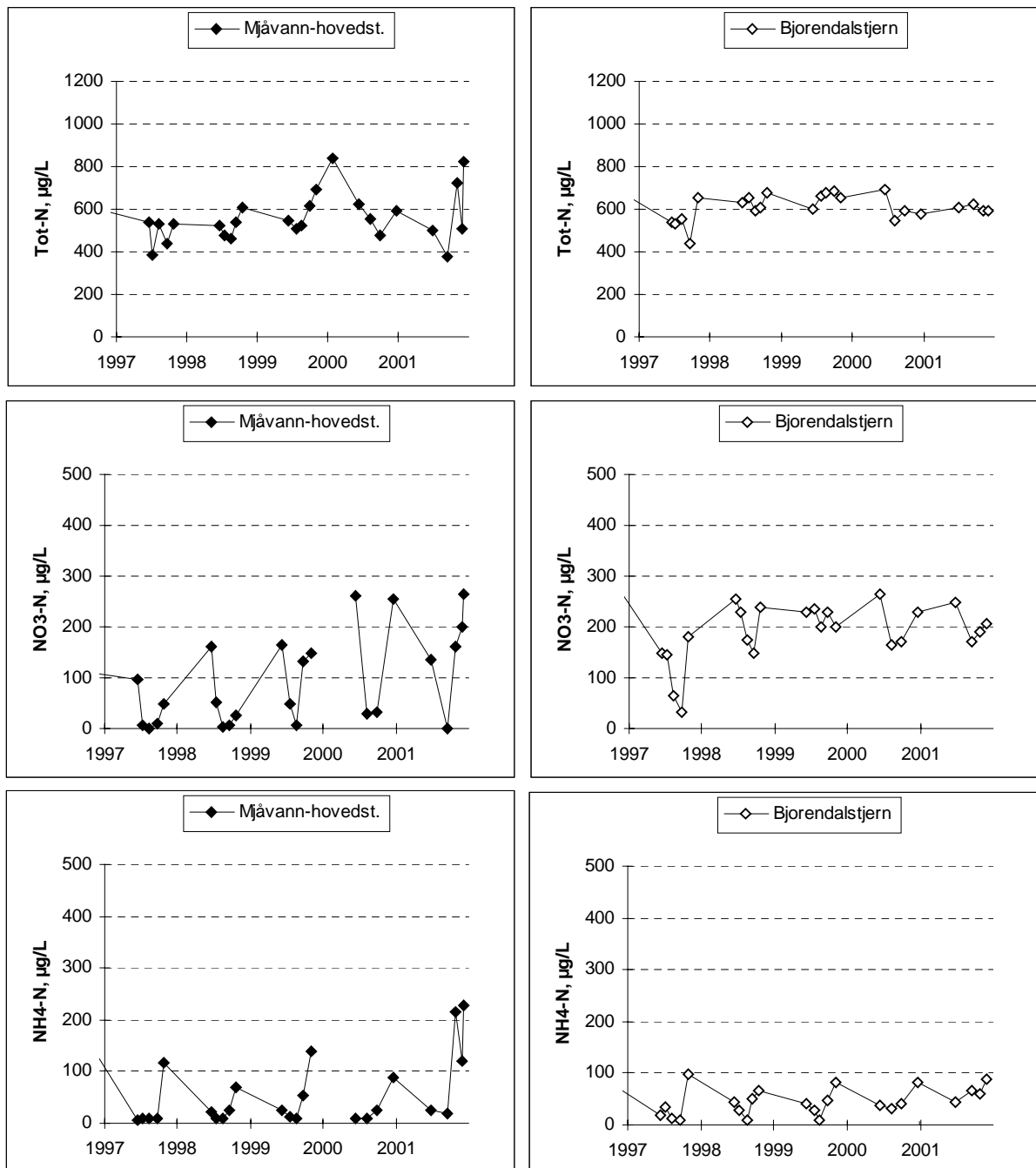
Figur 4. Grense for akseptabelt trofinivå i innsjøer med forskjellig middeldyp. Middelkonsentrasjon for klorofyll (Kla) og totalfosfor (Tot-P) i 2001 er markert for Mjåvann (Mj) og Bjorendalstjern (Bj). Kurven er hentet fra Berge (1987), se kommentarer i tekst.

Nitrogen

Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen i bekker kan ligge opp mot 300-500 $\mu\text{g/L}$ i utmarksområder på Sørlandet (Bratli et. al. 1997). En stor del av dette nitrogenet kan stamme fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Nitrogenfallet er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen.

Årsmiddelkonsentrasjonene av total nitrogen i Mjåvann og Bjorendalstjern var hhv. 585 og 605 $\mu\text{g/L}$ i 2001. Det ble målt konsentrasjoner på 375-820 $\mu\text{g/L}$ i Mjåvann og 590-625 $\mu\text{g/L}$ i Bjorendalstjern i løpet av året (**Figur 5**). Nitrogenkonsentrasjonene dette året var på omtrent samme nivå som målinger i perioden 1997-2000 (Mjåvann) eller noe lavere enn tidligere (Bjorendalstjern). Konsentrasjonene av nitrat i Mjåvann er vesentlig lavere i sommerhalvåret enn i Bjorendalstjern (**Figur 5**). En viktig årsak til dette er trolig at nitrat i innsjøen i stor grad blir brukt i forbindelse med vannplantenes (inkl. algenes) fotosyntese.

Høye konsentrasjoner av 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 $\mu\text{g N/L}$. I Mjåvann ble det registrert verdier for ammonium godt under 50 $\mu\text{g N/L}$ i prøvene fra juni og september (**Figur 5**), men tre høstverdier var på 100-200 $\mu\text{g/L}$ (maksimalverdi 4. desember på 229 $\mu\text{g/L}$). Verdiene har en tendens til å øke noe om høsten i



Figur 5. Total nitrogen, nitrat og ammonium i overflatevann (0-4 meter) i Mjåvann og Bjørendalstjern for femårs perioden 1997-2001.

forbindelse med sirkulasjon og innblanding av oksygenfattig (og ammoniumrikt) bunnvann i overflatevannet, men disse verdiene indikerer påvirkning fra fyllplassen. Konsentrasjonene av ammonium i Bjørendalstjern lå rundt 50 µg N/L også sommerstid, men selv med en økning i verdiene utover høsten ble maksimalverdien ikke over 100 µg/L.

Uhell med ventil på sigevannsledningen i desember 2001.

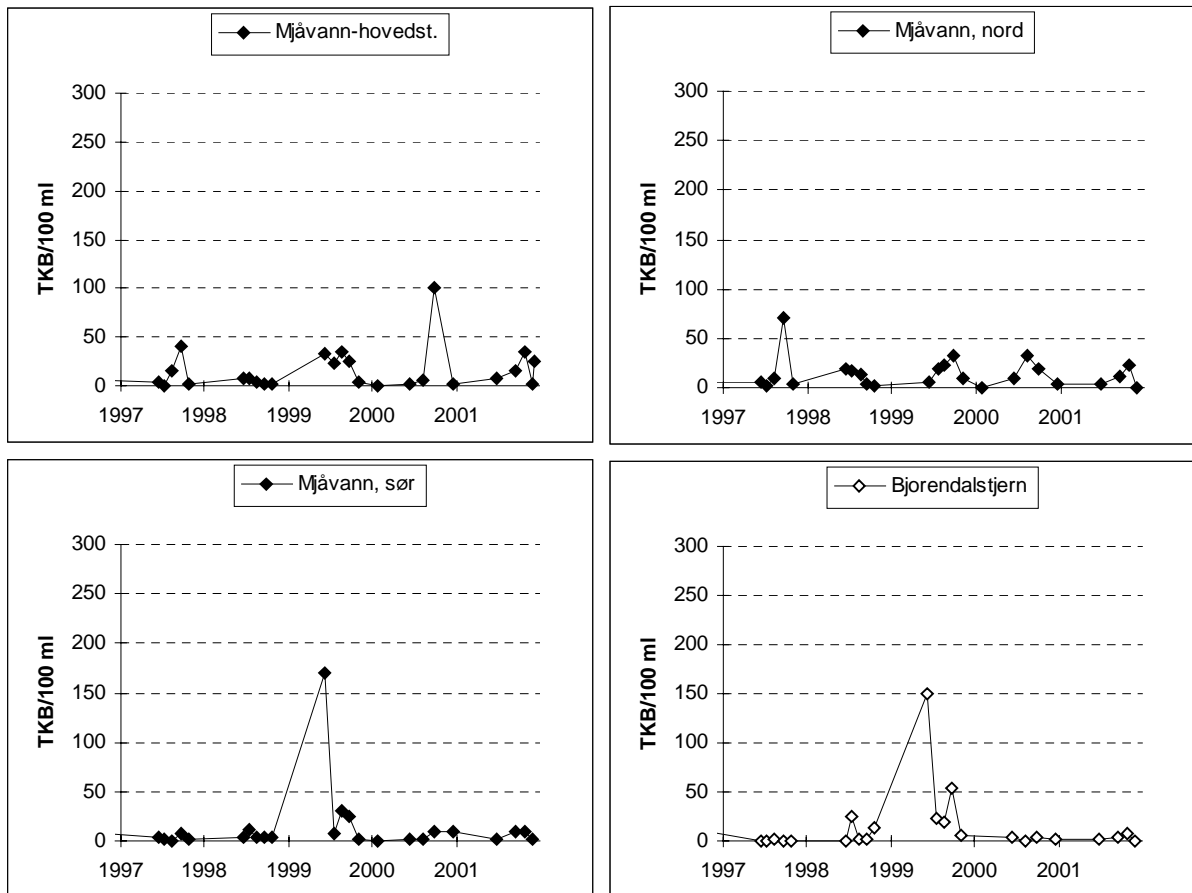
Tidlig i desember 2001 var det lekkasje i ventil på sigevannsledningen i Heftingsdalen. Det medførte tilførsel av sigevann til Mjåvatn. Det skjedde samtidig med store nedbørmengder (91 mm) i dagene 30.november-2.desember, og det ble gjennomført ekstra prøvetaking i Mjåvatn. Dette er rapportert i egen oversendelse til oppdragsgiver. Ammoniumverdien referert over og forholdsvis høye bakterietall indikerte påvirkning av vannet. I forbindelse med overløpet fra Heftingsdalen søppelfyllplass i 1995 (Kaste 1995) ble det også registrert forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i Mjåvann (~250 µg N/L).

2.2 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk, fekal forurensning enten fra mennesker eller dyr. I følge Drikkevannsforskriftens krav må det ikke påvises TKB i noen prøver i vann levert forbruker (Sos.- og helsedpt. 2001). Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann er <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode (Statens helsetilsyn 1994). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkelt-resultatene (SIF 1976).

Det ble i 2001 påvist termotabile koliforme bakterier (TKB) i alle prøvene fra Mjåvann og Bjorendalstjern med unntak av novemberprøvene fra Bjorendalstjern og st. 3 Mjåvann-nord (**Figur 6**). Gjennomsnittlige TKB-konsentrasjoner på stasjonene Mjåvann-nord, Mjåvann-hovedstasjon, Mjåvann-sør og Bjorendalstjern var hhv. 9, 17, 6 og 3 TKB/100 ml i 2001, og høyeste registrerte bakterieantall var 35/100 ml (Mjåvann-hovedstasjon i oktober). Disse verdiene tilsier at bakterieinnholdet er omtrent på samme nivå som året før. Klimatiske forhold, hydrologi (vanngjennomstrømming) og variasjoner i forekomsten av måker er trolig faktorer som innvirker på de hygieniske forholdene i innsjøene. Påvirkning fra lokale kilder som landbruk og bebyggelse er små i Mjåvann, men kan trolig forklare forhøyede verdier i Bjorendalstjern.

Da det kun tas få bakteriologiske prøver i sommersesongen, er grunnlaget for å klassifisere den bakteriologiske vannkvaliteten ikke fullgodt. Men sammenholdt med vannkvalitetsnormer kan vannet trolig betegnes som "godt badevann" (Folkehelsa) og Tilstandsklasse II - "god" (SFT).



Figur 6. Termotabile koliforme bakterier i overflaten (0 meter) i Mjåvann og Bjorendalstjern for femårsperioden 1997-2001.

2.3 Vann fra grunnvannsbrønner

For å kunne registrere eventuelle endringer i grunnvannskvaliteten nedstrøms Heftingsdalen, er det satt ned to peilerør mellom søppelplassen og Mjåvann. I 2001 ble det tatt totalt fem prøver fra hver av disse grunnvannsbrønnene (se tabeller i **Vedlegg**).

Blant resultatene fra 1997 til 2001 kan nevnes at de høyeste årsmiddelkonsentrasjonene av total fosfor i måleperioden ble registrert i prøvebrønn Øst i 1998 og 1999, mens maksimalverdien i nevnte periode for brønn Vest ble registrert i 2001. Nitrogenkonsentrasjonene har i 1997 -2001 ligget på et "normalt" nivå for brønn øst, etter at det i 1995 og 1996 ble registrert til dels betydelig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i grunnvannsbrønnene. I brønn Vest var det lavere verdier enn året før. Selv om konsentrasjonene av jern i grunnvannsbrønnene fortsatt kan ligge høyt, var verdiene i 2001 kun 20-27 % av toppverdiene fra 1997.

Middelkonsentrasjonene av kadmium og kvikksølv ligger ofte under deteksjonsgrensene. Verdiene tilfredsstilte Drikkevannsforskriften for kadmium ($<1 \mu\text{g Cd/L}$) både i 2000 og 2001 (Sos.- og helsedpt. 2001). Kvikksølvverdiene kommer i Tilstandskasse IV (meget dårlig) i forhold til SFTs vannkvalitetsklassifisering for ferskvann, men målingene ligger nær deteksjonsgrensen og kan være svært usikre.

2.4 Sigevann

I henhold til utslippstillatelsen for søppelfyllplassen skal det tas prøver av sigevannet fra søppelfyllplassen. Vannet samles opp ved hjelp av en fangdam og ledes til kommunalt avløpsnett. Vannet som tas inn på det kommunale avløpsnettet kan dermed karakteriseres og en får en dokumentasjon på sigevannskvaliteten ved en eventuell lekkasje til Mjåvann.

Arbeidet med å dekke til deler av fyllingen for å redusere sigevannsmengden ble avsluttet i 1999. Dette omfattet ca. 20 da, eller omlag 25% av tilsiget fra fyllplassområdet. Avrenningen går nå til det kommunale avløpsnettet.

I 2001 ble det i alt tatt 11 prøver av sigevannet (se tabeller i **Vedlegget**). Sigevannet inneholdt høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk stoff, jern og tungmetaller. De høye metallkonsentrasjonene og spesielt kvikksølvkonsentrasjoner på opp mot 0.3 µg Hg/L bør vurderes nærmere. Det ble ikke registrert spesielle ekstremverdier verken i 2000 eller 2001, slik som tilfellet var i 1990 og 1996. Variasjonen mellom målingene var relativt liten, noe som trolig var en følge av de relativt like avrenningsforholdene. Større overløp av forurenset sigevann til Mjåvann vil kunne ha konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen.

Vannmengdemålingene i inntakssjakten til det kommunale avløpssystemet gjør det mulig å beregne forurensningstransporten til det kommunale avløpssystemet. Sigevannsmengden måles kontinuerlig, og for perioden 31.januar-13.november 2001 ble vannmengden målt til 107820 m³. Det tilsvarer 372 m³ pr. døgn (4.3 L/s) i gjennomsnitt. Middelet for målte vannmengder ved de 11 prøvetakingene var 2.9 L/s, altså noe lavere enn årsmiddelet.

2.5 Vurdering av behov for tiltak

Det er ikke funnet spesielle forhold som skulle tilsi endringer i driftsrutiner ved fyllplassen. Vi vil imidlertid anbefale en nærmere vurdering av metallkonsentrasjonene i sigevannet. Det kan f.eks. gjøres ved at sigevannskvaliteten i Heftingsdalen sammenliknes med avrenning fra andre fyllplasser i Norge. Det kan være at en bør supplere med andre analyser eller med andre analysemetoder for å komme ned i lavere deteksjonsgrenser, men det bør evt. skje som resultat av vurderingen.

3. Referanser

- 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.
- 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 2002. Nedbørhøyder for 2001 fra meteorologisk stasjon Arendal Brannstasjon, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.

- 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. 1995. 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.
- SIFF. 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- Sos. - og helsedpt. 2001. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). Sosial- og helsedepartementet 4.12.2001.
- 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 ved hjelp av 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 råvann til drikkevann, friluftsbad og rekreasjon, fritidsdsfiske og jordvanning (åker og eng).

Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene er gitt, og nøkkelparametre er satt i kursiv. Utdrag fra SFTs veileder 97:04 (Andersen et al. 1997).

Virkinger av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	<i>Total fosfor, µg P/l</i>	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	<i>Klorofyll a, µg/l</i>	<2	2-4	4-8	8-20	>20
	<i>Siktedyp, m</i>	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	<i>Prim. prod., g C/m² år</i>	<25	25-50	50-90	90-150	>150
	<i>Total nitrogen, µg N/l</i>	<300	300-400	400-600	600-1200	> 1200
Organiske stoffer	<i>TOC, mg C/l</i>	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	<i>Fargetall, mg Pt/l</i>	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	<i>Oksygen, mg O₂/l</i>	>9	6,5-9	4-6,5	2-4	<2
	<i>Oksygenmetning, %</i>	>80	50-80	30-50	15-30	<15
	<i>Siktedyp, m</i>	>6	4-6	2-4	1-2	<1
	<i>KOF_{Mn}, mg O/l</i>	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	<i>Jern, µg Fe/l</i>	<50	50-100	100-300	300-600	>600
Forsurende stoffer	<i>Alkalitet, mmol/l</i>	>0,2	0,05-0,2	0,01-0,05	<0,01	0,00
	<i>pH</i>	>6,5	6,0-6,5	5,5-6,0	5,0-5,5	<5,0
Partikler	<i>Turbiditet, FTU</i>	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	<i>Suspendert stoff, mg/l</i>	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	<i>Siktedyp, m</i>	>6	4-6	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	<i>Termotol koli. bakt., ant./100 ml</i>	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000
Miljøgifter (tungmetaller) i vann	<i>Kobber, µg Cu/l</i>	<0,6	0,6-1,5	1,5-3	3-6	>6
	<i>Sink, µg Zn/l</i>	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	<i>Kadmium, µg Cd/l</i>	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	>0,4
	<i>Bly, µg Pb/l</i>	<0,05	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5
	<i>Nikkel, µg Ni/l</i>	<0,5	0,5-2,5	2,5-5	5-10	>10
	<i>Krom, µg Cr/l</i>	<0,2	0,2-2,5	2,5-10	10-50	>50
	<i>Kvikksølv, µg Hg/l</i>	<0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	>0,02

Vedlegg B. Vedleggstabeller kjemi og bakteriologi

Tabell B1. Primærtabell for innsjøene for 2001.

Nr.	Lokalitet	Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	Turb FNU	Farge mg Pt/L	NO ₃ -N µg/L	NH ₄ -N µg/L	Tot-N µg/L	PO ₄ -P µg/L	Tot-P µg/L	TOC mg/L C	K mg/L	O ₂ mg/L	H ₂ S mg/L	KLA µg/L	Bakt. ant/100 ml	Sikt m	Temp C
1	Bjorendalstjern	28/06/01	0-4	6.58	4.50	1.74	49.1	250	43	610	3	9	5.7	0.71			2.7			
1	Bjorendalstjern	28/06/01	0															1	3.1	
1	Bjorendalstjern	28/06/01	1																	20.5
1	Bjorendalstjern	28/06/01	2																	19.1
1	Bjorendalstjern	28/06/01	3																	12.5
1	Bjorendalstjern	28/06/01	4																	9.1
1	Bjorendalstjern	28/06/01	12													0.05				4.9
1	Bjorendalstjern	13/09/01	0-4	6.59	4.86	0.78	65.8	170	67	625	3	13	7.6	0.72			4.4			
1	Bjorendalstjern	13/09/01	0															3	2.9	
1	Bjorendalstjern	13/09/01	1																	12.9
1	Bjorendalstjern	13/09/01	2																	12.7
1	Bjorendalstjern	13/09/01	3																	12.3
1	Bjorendalstjern	13/09/01	4																	12.1
1	Bjorendalstjern	13/09/01	12													0.38				4.7
1	Bjorendalstjern	31/10/01	0-4	6.50	4.99	0.85	76.2	190	59	590	2	11	8.8	0.75			0.57			
1	Bjorendalstjern	31/10/01	0															8	3.0	
1	Bjorendalstjern	31/10/01	1																	10.2
1	Bjorendalstjern	31/10/01	2																	10.1
1	Bjorendalstjern	31/10/01	3																	10.1
1	Bjorendalstjern	31/10/01	4																	10.0
1	Bjorendalstjern	31/10/01	12													0.08				5.6
1	Bjorendalstjern	30/11/01	0-4	6.43	4.95	0.65	77.4	205	90	595	1	9	8.1	0.47			0.76			
1	Bjorendalstjern	30/11/01	0															0	3.4	
1	Bjorendalstjern	30/11/01	1																	4.3
1	Bjorendalstjern	30/11/01	2																	4.3
1	Bjorendalstjern	30/11/01	3																	4.3
1	Bjorendalstjern	30/11/01	4																	4.3
1	Bjorendalstjern	30/11/01	12																	4.3
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	0-4	6.42	4.33	1.38	53.8	134	25	500	2	11	6.7	0.60			19			
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	0															7	2.7	

NIVA 4515-2002

Nr.	Lokalitet	Dato	Dyp m	pH	Kond mS/m	Turb FNU	Farge mg Pt/L	NO ₃ -N µg/L	NH ₄ -N µg/L	Tot-N µg/L	PO4-P µg/L	Tot-P µg/L	TOC mg/L C	K mg/L	O2 mg/L	H ₂ S mg/L	KLA µg/L	Bakt. ant/100 ml	Sikt m	Temp C
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	1																	21.7
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	2																	19.4
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	3																	16.7
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	4																	12.4
2	Mjåvann, hovedstasjon	28/06/01	9												2.24					7.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	0-4	6.61	4.34	0.80	63.5	1	19	375	2	13	7.8	0.51			24			
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	0															15	3.1	
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	1																	13.4
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	2																	13.3
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	3																	12.9
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	4																	12.5
2	Mjåvann, hovedstasjon	13/09/01	9													0.79				9.0
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	0-4	6.59	5.08	1.50	93.3	160	214	725	2	10	9.9	0.81			0.58			
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	0															35	2.9	
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	1																	10.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	2																	10.0
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	3																	9.8
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	4																	9.8
2	Mjåvann, hovedstasjon	31/10/01	9													7.6				7.5
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	0-4	6.20	4.09	0.58	49.9	200	120	505	<1	5	4.2	0.45			0.40			
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	0															1	3.5	
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	1																	4.2
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	2																	4.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	3																	4.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	4																	4.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	30/11/01	9																	4.1
2	Mjåvann, hovedstasjon	04/12/01	0-4	6.59	5.04	1.0	86.3	265	229	820	1	9	9.0	0.79						
2	Mjåvann, hovedstasjon	04/12/01	0															25		
3	Mjåvann, nord	28/06/01	0															3		
3	Mjåvann, nord	13/09/01	0															12		
3	Mjåvann, nord	31/10/01	0															22		
3	Mjåvann, nord	30/11/01	0															0		
4	Mjåvann, sør	28/06/01	0															2		
4	Mjåvann, sør	13/09/01	0															9		
4	Mjåvann, sør	31/10/01	0															10		
4	Mjåvann, sør	30/11/01	0															2		

Tabell B2. Termostabile koliforme bakterier som årsmidler for perioden 1986-2001 for Mjåvann og Bjorendalstjern.

År	Ant. målinger	Mjåvann, nord	Mjåvann – Hovedst.	Mjåvann, sør	Bjorendalstjern
1986	3	-	-	5	-
1987	8/3	3	3	1	1
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
1998	5	11	5	5	8
1999	5	18	24	47	50
2000	4	13	22	4	2
2001	4-5	9	17	6	3

Tabell B3.

Heftingsdalen-Sigevann -P1

	Ledn. evne	pH	Tot-N	Tot-P	NH ⁴⁺	DOC	TOC	KOF dikr,løst	KOF dikrom	BOF manom.	Jern	Bly	Cd	Hg	Q sigev.	Vann tellev.	Vann endr.	AOX	As	Cr	Cu
Dato	mS/m		µg N/l	µg P/l	µg N/l	mg C/l	mg C/l	mg O/l	mg O/l	mg O/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	l/sek	m ³	m ³	µg Cl/l	µg/l	µg/l	µg/l
31-jan-01		7,45	151000			150	180	400	485	70					4,9	875841					
20-feb-01	342	7,61	205000	1255	201000	120	140	355	425	28	12130	<20	<1,0	0,09	2,8	881322	5481				
20-feb-01			205000				130														
20-mar-01		7,65	19700			110	120	215	360	20					2,9	889023	7701				
23-apr-01		7,73	155000			87	110	260	320	8					3,0	905306	16283				
9-mai-01	247	7,26	134000	3000	141000	97	110	260	375	88	12100	<20	<1	0,27	3,4	914493	9187		9,6	12	27
9-mai-01			137000				120														
14-jun-01		7,59	221000			130	150	370	440	31					1,5	921305	6812				
17-jul-01	325	7,52	185000	1700	163000	120	140	330	470	43	17400	75	<1	0,05	2,9	927642	6337				
17-jul-01			181100				360														
29-aug-01	316	7,69	105000	5300	185000	270	290	345	450	170	15700	13,8	<1	0,17	2,2	939993	12351	3	12,6	74	17
26-sep-01		7,64	243000			145	155	380	385	23					1,8	946484	6491				
22-okt-01	275	7,70	176000	3026	176000	150	240	405	610	95	9390	29	0,38	0,09	4,1	968772	22288				
13-nov-01		7,88	195000			125	142	390	540	42					2,3	983661	14889				
															middel 2,9	sum 107820					

Tabell B4.

HEFTINGSDALEN - GRUNNVANNSBRØNN VEST, P3

	Kond	Jern	Tot-N	Tot-P	NH ₄ ⁺	Bly	TOC	Kadmium	Kvikksølv	AOx	Arsen	Kobber	Krom
Dato	mS/m	µg Fe/l	µg N/l	µg P/l	µg N/l	µg Pb/l	mg C/l	µg Cd/l	µg Hg/l	µg Cl/l	µg As/l	µg Cu/l	µg Cr/l
20-feb-01	5,2	255	630	77	<200	<10	5,7	<0,5	<0,01				
9-mai-01	4,47	130	-	13	31	<10	-	<0,5	<0,01		<1	<5	<5
17-jul-01	7,35	1030	3400	60	<200	10	19	0,8	0,02				
29-aug-01	5,3	260	-	30	15	2,2	-	<0,5	0,02	<1	1,7	<5	<5
22-okt-10	11,8	14	470	41	10	<1	3,8	<0,05	<0,01				

- ikke analysert pga. feil i etikettene hos AnalyCen

HEFTINGSDALEN FYLLPLASS - GRUNNVANNSBRØNN ØST, P2

Parametre:	Kond	Jern	Tot-N	Tot-P	NH ₄ ⁺	Bly	TOC	Kadmium	Kvikksølv	AOx	Arsen	Kobber	Krom
Dato	mS/m	µg Fe/l	µg N/l	µg P/l	µg N/l	µg Pb/l	mg C/l	µg Cd/l	µg Hg/l	µg Cl/l	µg As/l	µg Cu/l	µg Cr/l
20-feb-01	10,4	402	1200	28	200	10	4,9	<0,5	0,02				
9-mai-01	7,81	110	-	12	8	10	-	<0,5	<0,01		<1	<5	<5
17-jul-01	5,2	394	860	10	200	6	8,8	<0,5	0,02				
29-aug-01	5,16	580	-	60	23	4,5	-	<0,5	0,02	<1	1,6	11	<5
22-okt-01	8,04	60	670	73	10	<1	6,1	<0,05	0,01				

- ikke analysert pga feil i etikettene hos Analycen

Tabell B5. Årsmidler for perioden 1988-2001 for grunnvannsbrønner (*=middelverdi ikke beregnet pga. ulike deteksjonsgrenser).

År	Antall prøver	Kond mS/m	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Brønn-Øst										
1988	6	15,6	50	6640	40		576			
1990	6	7,9	36	1455	29	4,4	361	8,58	0,19	<0,5
1991	6	7,2	63	1060	46	4,0	533			<0,5
1993	5	7,5	31	1119	24	5,3	733	4,53	0,16	<0,5
1994	7	6,9	45	1281	26	4,6	730	8,71	0,21	<0,5
1995	6	8,9	9	1860	24	5,2	378	4,41	0,20	<0,5
1996	5	11,8	15	3833	19	4,1	453	3,68	0,13	<0,5
1997	4	7,9	20	1565	37	8,2	1830	6,08	0,12	<0,5
1998	7	7,8	98	1451	88	5,2	1027	13,53	0,24	<0,5
1999	5	8,8	19	1034	62	6,6	789	6,64	0,22	<0,5
2000	6	8,5	55	1246	49	7,3	989	*	*	*
2001	5	7,3	88	910	37	6,6	309	*	*	*
Brønn-Vest										
1988	6	12,8	19	586	19		198			
1990	6	8,5	35	1048	25	5,4	432	9,78	0,25	<0,5
1991	6	10,9	26	667	18	2,7	305	1,72	0,15	<0,5
1993	5	9,2	23	583	22	4,6	463	6,24	0,15	<0,5
1994	7	9,5	25	983	21	4,0	476	5,95	0,24	<0,5
1995	6	11,5	12	2297	27	3,6	460	5,11	0,23	0,72
1996	5	8,5	30	1773	19	7,8	279	3,67	0,21	<0,5
1997	4	12,7	205	1128	27	9,8	1270	9,56	<0,10	<0,5
1998	7	8,0	26	906	34	6,6	1239	8,83	0,18	<0,5
1999	5	6,0	54	1219	35	8,9	487	7,11	0,45	<0,5
2000	6	6,9	41	1792	27	8,7	517	*	*	*
2001	5	6,8	*	1500	44	9,5	338	*	*	*

Tabell B6. Års-medianverdier for perioden 1988-2001 for sigevann fra søppelfyllplassen (*=medianverdi ikke beregnet p.g.a. ulike deteksjonsgrenser).

År	Antall prøver	Kond mS/m	NH ₄ -N µg/l	Tot-N µg/l	Tot-P µg/l	TOC mg/l	Tot-Fe µg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Hg µg/l
Sigevann										
1988	5	80,6	15000	21200	200		17100	5,00	0,57	
1990	6	286,3	126850	159950	3630	106,5	74500	39,50	0,91	0,20
1991	6	282,0	133000	142000	1840	109,5	13700	8,87	0,72	0,20
1993	5	231,0	98600	148000	1710	102,0	13300	5,88	0,61	0,27
1994	6	305,8	173500	177000	2195	190,0	23300	13,10	0,42	<0,5
1995	8	201,0	105000	106000	990	124,0	20200	34,30	1,11	<0,5
1996	5	299,0	134500	210000	4150	143,0	44000	37,40	2,05	<0,5
1997	4	260,5	119125	141000	3210	163,0	20500	35,10	0,23	<0,5
1998	7	267,0	135000	155000	2530	116,0	15400	10,70	0,53	<0,5
1999	5	221,0	120000	140000	1220	101,0	15600	14,60	0,45	<0,5
2000	11	225,0	148000	145000	2630	116,0	11700	*	*	*
2001	11	316,4	176000	176000	3000	142,0	12130	*	*	0,09