

# Lekkasje på hovedavløpsledning utenfor Hamar våren 2009 – konsekvenser for vannkvaliteten i Mjøsa

*Av Jarl Eivind Løvik, Ola Gillund og Ingun Tryland*

Jarl Eivind Løvik og Ingun Tryland er forskere ved NIVA. Ola Gillund er senioringeniør hos Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvern-avdelingen.

## Sammendrag

Ledningslekkasjen førte til at ca. 25 000 m<sup>3</sup> ubehandlet avløpsvann ble sluppet ut på grunt vann i Mjøsa utenfor Hamar. Dagen etter utslippet var Mjøsas øvre vannlag sterkt forurenset av fekale indikatorbakterier fra et område omkring utslippsstedet til minst 2,5 km nordvest for dette. Områder i sørvest og sør var ubetydelig påvirket, og dypvannsområdet ved inntaket for Hamar Vannbehandlingsanlegg ble ikke påvirket. Konsentrasjonen av *E. coli* i det mest berørte området avtok markant i løpet av de første to ukene etter utslippet og nådde et antatt "normalnivå" nær 4 uker etter at utslippet var stanset. Et planlagt utslipp for å forsterke den første reparasjonen av ledningen samt tilførsel av forurenset vann fra nedbørfeltet, bidrog til å forsinke tilfriskningen av vannkvaliteten. Utslippet førte ikke til noen merkbar økning i algemengden i Mjøsa. Trolig skyldtes dette først og fremst at utslippet

skjedde før den egentlige algevekstsesongen, mens det var lav vanntemperatur og sirkulerende vannmasser.

## Summary

*Leakage on the main sewer pipe outside Hamar in spring 2009 – consequences for the water quality in Lake Mjøsa*

The leakage caused a discharge of 25 000 m<sup>3</sup> sewer into shallow waters of Lake Mjøsa outside the city of Hamar. The day after the spill was stopped; Lake Mjøsa was strongly polluted by faecal bacteria from the outlet point and at least 2.5 km in north west direction. Areas in south west and south were insignificantly affected, and the deep waters near the drinking water intake for Hamar were not affected. Concentrations of *E. coli* in the most affected area reached an expected "normal level" nearly 4 weeks after the spill. There was a delay in the improvement of the water quality due to a later,

planned spill and inputs of polluted water from the catchment. The discharge did not cause any significant increase in the algal biomass in the lake, probably because this took place before the algal growth season, during spring circulation when water temperature was low.

### Innledning

Våren 2009 oppstod det en lekkasje på hovedavløpsledningen i Mjøsa mellom Hamar og Hias avløpsrenseanlegg i Stange kommune. Lekkasjen ble oppdaget ca. 13 timer etter sannsynlig bruddtidspunkt ved at det ble registrert påfallende lav tilførsel av avløpsvann til renseanlegget natt til 22. april (<http://www.hias.no/> samt pers. oppl. Erik Bøhleng og Ove Sander, Hias). Ved nærmere undersøkelse viste det seg at det var en stor lekkasje på pumpeledningen i Mjøsa mellom Tjuvholmen og Sandvika. En midlertidig reparasjon av skaden på ledningen ble utført ca. to døgn etter at lekkasjen oppstod. Mens ledningen ble reparert, gikk avløpsvannet i overløp fra pumpestasjonen

på Tjuvholmen. Lekkasjen førte til at totalt ca. 25 000 m<sup>3</sup> ubehandlet avløpsvann ble sluppet ut på grunt vann i Mjøsa (ca. 2-4 m dyp). Ledningen transporterer ca. 50 % av alt avløpsvann som går til Hias, dvs. fra en befolkning på mer enn 25 000 samt avløpsvann fra flere store næringsmiddelindustribedrifter. Utslippet skjedde mens det var lav vanntemperatur og sirkulerende vannmasser (Løvik 2009).

Det aktuelle røret ble lagt på 1970-tallet og er av såkalt duktilt støpejern (d = 600 mm). Årsakene til at lekkasjen oppstod, er trolig sammensatte. Det kan ha vært svakheter i det aktuelle rørelementet sammen med varierende trykkbelastning og korrosjon og/eller ytre belastninger som har forårsaket lekkasjen (<http://www.hias.no/>). En mer permanent utbedring og forsterking av reparasjonen ble gjennomført 9. mai 2009. Mens dette arbeidet ble utført, måtte avløpsvannet gå i overløp i vel 3 timer, og det gikk da ut ca. 1 500 m<sup>3</sup> urensset avløpsvann. En del data omkring utslippene er gitt i tabell 1.

Utslipp	Tidsrom	Utslipp totalt m <sup>3</sup>	Utslipp pr. time m <sup>3</sup>	Tot-P-konsentrasjon mg P/l	Utslipp totalt kg tot-P
Første lekkasje med reparasjon	22.4 kl. 00.30 – 23.4 kl. 22.45 = 46,25 timer	ca. 25.000	532	2,5	63,45
Utbedring med forsterkende reparasjon	9.5 kl. 09.05 – 9.5 kl. 12.20 = 3,25 timer	1521	468	4,5	6,84
Hias renset utslipp	Hele 2008	7,7 mill.	879	0,19	1463

Tabell 1. Data over tidspunkter og størrelser på utslippene, samt noen sammenlignende verdier for renset utslipp fra Hias avløpsrenseanlegg. Kilder: Ove Sander, Hias og <http://www.hias.no/>.

Mjøsa er både resipient og råvannskilde for en stor befolkning. Totalt ca. 200 000 personer bor i Mjøsas nedbørfelt, hvorav ca. 150 000 personer i nærområdet (Kjellberg 2006). Ca. 80 000 personer får sitt drikkevann fra 7 kommunale vannverk med inntak på dypt vann (60–280 m). Mindre, private vannverk med inntak på grunnere vann finnes også, og det er store brukerinteresser knyttet til jordvanning, råvann for næringsmiddelindustri, fiske, bading og rekreasjon etc.

For å få oversikt over forurensningssituasjonen i forbindelse med utslippet, ble NIVAs Østlandsavdeling engasjert for å legge opp et prøveprogram og gjennomføre en første prøveinnsamling så raskt som mulig. Arbeidet ble utført i samarbeid med Fylkesmannens miljøvernavdeling. Hensikten var å dokumentere virkningen av utslippet og kunne vurdere graden av påvirkning på den hygieniske/bakteriologiske vannkvaliteten og spredning av forurensningen de nærmeste dagene og ukene etter utslippet. Situasjonen ble også fulgt opp med daglige analyser av råvannskvaliteten ved Hamar Vannbehandlingsanlegg, samt 4 prøveserier som Hamar kommune tok ut på badeplasser – selv om det var før badesesongen (pers. oppl. Ove Sander, Hias).

### Materiale og metoder

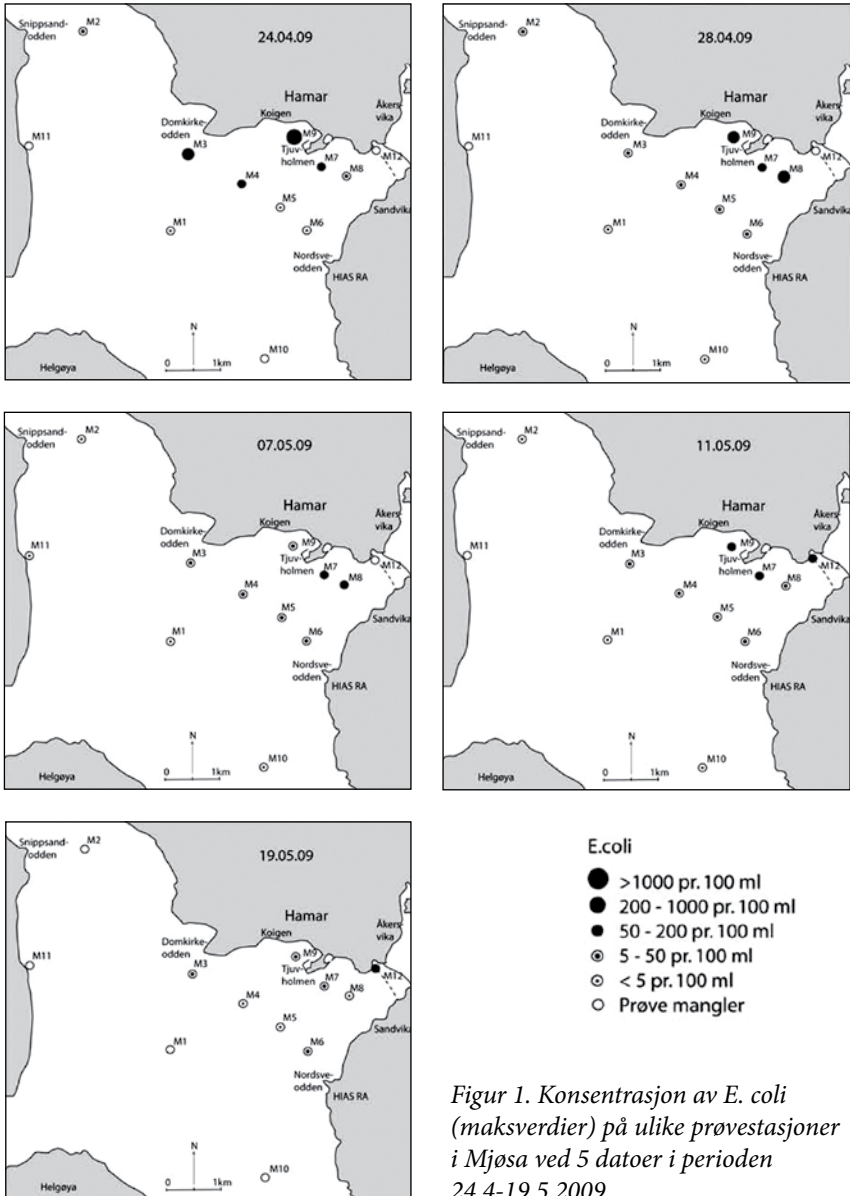
Det ble samlet inn prøver fra 9–12 stasjoner i Mjøsa utenfor Hamar (Fig. 1) for analyser av *Escherichia coli* (*E. coli*) og total-fosfor (tot-P), i alt 5 ganger i perioden fra 24. april til 19. mai, dvs. henholdsvis ca. ½, 4 ½, 14, 18 og 26 døgn etter at det første utslippet var stanset.

Ved flertallet av prøvestasjonene, som lå i relativt grunne områder, ble prøver samlet inn fra bare 1 m dyp eller 1 m og 10 m, mens ved stasjon M1 og M2 ble prøver samlet inn fra flere dyp helt ned til 150 m og 60 m. Stasjon M1 ligger nær området for inntaket til Hamar Vannbehandlingsanlegg, mens bruddstedet og overløpet var like ved stasjon M7. Prøvene ble levert akkreditert laboratorium innen én time etter innsamling. Vanntemperaturen ble målt på alle prøvedyp. Analyseprogrammet for tot-P ble etter hvert konsentrert om stasjon M5 der det til sammen er 8 observasjoner fra sjiktet 0–10 m (blandprøver) i perioden 24. april til 25. august. Ved stasjon M5 ble i alt 6 blandprøver fra sjiktet 0–10 m samlet inn for analyse av klorofyll-*a* (Kl-*a*), som et mål på algemengden, i perioden 11. mai til 25. august. Det vil si at den vesentligste delen av algevekstsesongen ble dekket. Prøveinnsamlingen ved M5 i tidsrommet juni–august ble koordinert med prøveinnsamling i forbindelse med det faste overvåkingsprogrammet på Mjøsa i regi av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver (<http://vassdragsforbundet.no/>). Data over tot-P og Kl-*a* fra dette programmet er stilt til rådighet for å kunne vurdere effektene av kloakkutslippet. Nærmere beskrivelse av prøveprogrammet og metoder, samt primærdata er gitt i en NIVA-rapport fra undersøkelsen (Løvik 2009).

### Resultater

#### Hygieniske/bakteriologiske forhold

Om formiddagen 24. april var Mjøsa markert til meget sterkt forurenset av



Figur 1. Konsentrasjon av *E. coli* (maksverdier) på ulike prøvestasjoner i Mjøsa ved 5 datoer i perioden 24.4-19.5.2009.

fekale indikatorbakterier omkring utslippsstedet og i et område vest og nordvest for dette, figur 1. Her ble det målt

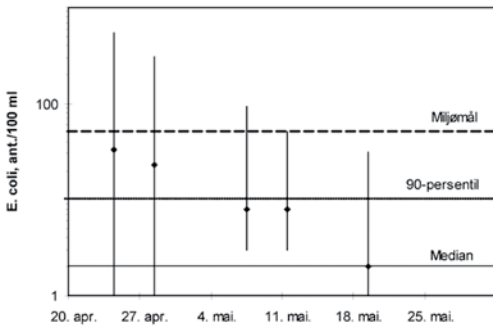
konsentrasjoner av *E. coli* i området ca. 100 bakt./100 ml til over 2400 bakt./100 ml. Dette tilsvarer mindre god til meget

dårlig vannkvalitet (tilstandsklasse III-V, jf. SFT 1997). De høyeste konsentrasjonene ble registrert på stasjon M9 ved innløpet til Hamars havneområde og på M3 utenfor Domkirkeodden. På disse lokalitetene var konsentrasjonene høyere enn på stasjon M7 like ved utslippsstedet. Lengre nord, vest og sørvest for de nevnte områdene var konsentrasjonen av *E. coli* betydelig lavere (< 5 - 50 bakt./100 ml), tilsvarende meget god til god vannkvalitet (tilstandsklasse I-II).

Den 28. april var den romlige fordelingen av bakterier i hovedtrekkene den samme som 24. april, men konsentrasjonen i det mest berørte området (M3-M9) var nå redusert ved de fleste prøvestasjonene til ca. 20-300 *E. coli* pr. 100 ml (tilstandsklasse II-IV). Reduksjonen var spesielt stor ved M3 og M9, mens det ved

M8 sørøst for utslippet ble registrert en økning. En nyopprettet prøvestasjon, M10, lengre sør i Mjøsa hadde meget lave konsentrasjoner av *E. coli*. Prøvene og analysene fra 7. mai viste fortsatt nedgang i konsentrasjonen av *E. coli* ved de fleste prøvestasjonene i område M3-M9, men det var liten endring fram til 11. mai, figurene 1 og 2. Dette skyldtes mest sannsynlig det nye planlagte utslippet ved forsterkende reparasjon av ledningen den 9. mai. En nyopprettet prøvestasjon (M11) like ved et privat vanninntak hadde 7. mai lave konsentrasjoner av fekale indikatorbakterier (2 *E. coli*/100 ml). En annen nyopprettet prøvestasjon i utløpet fra Åkersvika (M12) hadde 11. mai relativt høy konsentrasjon av *E. coli* (104 bakt./100 ml). Dette kunne tyde på andre kilder til bakterieforurensning i området i tillegg til ledningslekkasjen.

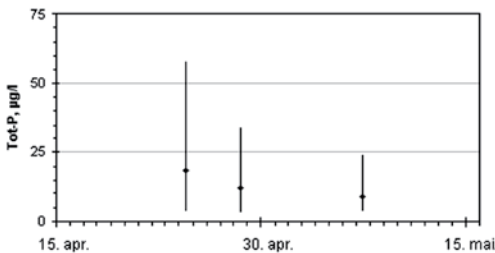
Fra 11. mai til 19. mai ble det registrert en ytterligere generell reduksjon i konsentrasjonen av *E. coli*. Stasjon M6 hadde imidlertid økning og stasjon M12 ingen endring av betydning. Data fra overvåkingen av Mjøsa (prøvestasjoner utenfor Hamar) i perioden 1999-2008 er brukt som et mål på "normaltilstanden" mht. *E. coli* i dette området. Av figur 2 framgår det at "normaltilstanden" vurdert ut fra median *E. coli* (2 bakt./100 ml) var nådd 19. mai, dvs. 26 døgn etter det første utslippet og 10 døgn etter det andre, planlagte utslippet. Stasjon M1 nær inntaket for Hamar Vannbehandlingsanlegg hadde lave konsentrasjoner av *E. coli* på alle prøvedyp og datoer (median og maks henholdsvis 0 og 3 bakt./100 ml, N = 16).



Figur 2. Tidsutvikling i konsentrasjonen av *E. coli* ved prøvestasjonene M3-M9 våren 2009. Figuren viser medianverdier, 10-persentiler og 90-persentiler. Horisontale linjer angir vedtatt miljømål for badevann ved Mjøsas badestrender, 90-persentil for prøvestasjoner i området i perioden 1999-2008 og median for de samme stasjoner og samme periode (N = 45). Merk: logaritmisk skala.

**Fosfor og algemengder**

24. april ble det målt høye konsentrasjoner av tot-P (ca. 25-60 µg/l) ved flere av prøvestasjonene i det antatt mest berørte området (M3-M9). Middelverdien (18 µg/l) for dette området tilsvarer mindre god vannkvalitet (tilstandsklasse III, jf. SFT 1997). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt ved de samme stasjonene som hadde høye konsentrasjoner av *E. coli* (Løvik 2009). Ved stasjonene M2, M3 og M4 ble det registrert en økning i konsentrasjonen av tot-P med dypet på



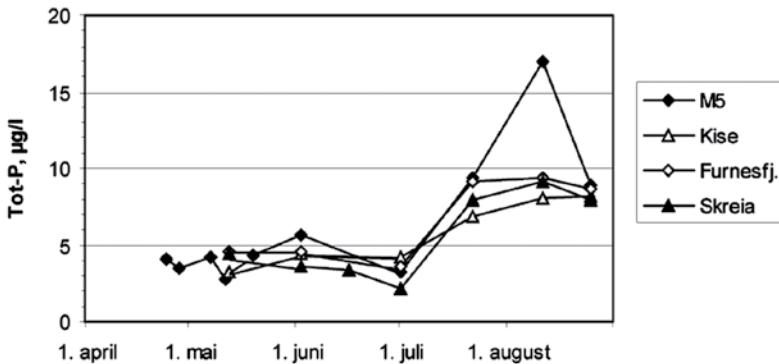
Figur 3. Konsentrasjoner av tot-P i det antatt mest berørte området (stasjon M3-M9) 24. april, 28. april og 7. mai 2009. Figuren viser middelverdier (N = 11 hver dato) og variasjonsbredder.

tilsvarende måte som for *E. coli*. Middel- og maksverdiene for tot-P ble ca. halvert i perioden fra 24. april til 7. mai, figur 3. Ved stasjon M5 hadde konsentrasjonen av tot-P i hovedsak samme utviklingsforløp som ved de 3 faste overvåkingsstasjonene i Mjøsa vist i figur 4.

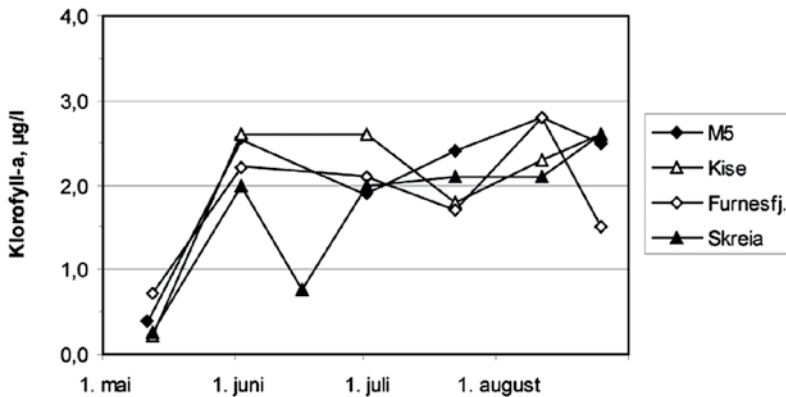
Algemengden målt som klorofyll-*a* i sjiktet 0-10 m var lav i begynnelsen av mai (<1 µg/l), økte til 2,0-2,6 µg/l i begynnelsen av juni, men viste ingen økning av betydning videre utover i algevekstsesongen, verken ved M5 eller ved de faste overvåkingsstasjonene, figur 5. Middelverdiene for perioden juni-august tilsvarer tilstandsklasse I ved stasjon Skreia (1,9 µg/l) og tilstandsklasse II ved stasjonene Furnesfjorden, Kise og M5 (2,1-2,4 µg/l), dvs. meget god til god vannkvalitet (jf. SFT 1997).

**Oppsummerende diskusjon**

Et utslipp på ca. 25 000 m<sup>3</sup> må betegnes som et stort utslipp, og konsentrasjonen av *E. coli* i ubehandlet avløpsvann er svært høy (ca. 10<sup>5</sup>-10<sup>7</sup> pr. 100 ml, Schönning



Figur 4. Konsentrasjoner av tot-P i sjiktet 0-10 m ved stasjon M5 og 3 andre prøvestasjoner i Mjøsa.



Figur 5. Utviklingen i algemengder målt som klorofyll-a våren og sommeren 2009 ved stasjon M5 og 3 faste prøvestasjoner innenfor mjosovervåkingen i regi av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

2003). Det er derfor rimelig å anta at utslippet som følge av lekkasjen var den helt dominerende kilden til forurensningen som ble observert. Strøm- og spredningsmodeller indikerer at utbredelsen av bakterieforurensning i Mjøsas øvre vannlag i stor grad bestemmes av vindretningen (Tjomsland og Tryland 2008, Tjomsland mfl. 2007). I perioden 22.-24. april var det overveiende lite vind (svak vind til lett bris) fra sørlig retning i dette området (<http://eklima.met.no>). Dette sammen med stor vanntransport ut fra Åkersvika i øst forklarer at spredningen av forurensningen skjedde i nordvestlig retning.

Graden av fekal forurensning avtok markant i løpet av de første to ukene etter utslippet, men viste ingen bedring av betydning i løpet av de neste fire dagene. Dette skyldtes mest sannsynlig at det i løpet av denne perioden ble foretatt en ny reparasjon av ledningen. Dette arbeidet innebar et nytt utslipp, riktignok av

betydelig mindre omfang enn det første. Tilfriskningen av den hygieniske vannkvaliteten fortsatte utover i mai slik at konsentrasjonen av *E. coli* var nådd en antatt ”normaltilstand” ca. 26 døgn eller nær 4 uker etter at det første store utslippet var stanset. Overlevelsesevnen til *E. coli* påvirkes av en rekke faktorer, blant annet vanntemperatur, lysforhold og beiting (patogene blir spist av større organismer). Den lave temperaturen i vannet (ca. 3-6 °C) førte nok til relativt god overlevelse av *E. coli*. Verdier fra litteraturen indikerer at halveringstiden (tiden det tar før halvdelen er døde) for *E. coli* er i størrelsesorden ett døgn ved 20 °C og flere dager ved 3-6 °C (Hipsey mfl. 2008). Ved flere tidspunkter ble det påvist relativt høye konsentrasjoner av *E. coli* i vann fra utløpet av Åkersvika. Også tidligere har det blitt påvist høye konsentrasjoner av *E. coli* i utløpet fra Åkersvika og i flere av tilløpselvene i området (Kjellberg 2006, Løvik og Romstad 2007a og b). Tilførsler

av forurenset vann f.eks. fra dette området kan derfor sammen med det planlagte utslippet 9. mai ha bidratt til å forlenge tilfriskningsperioden. Ifølge Hamar kommune var det ingen andre kjente overløp med avløpsvann i det aktuelle tidsrommet (pers. oppl. Egil Johansen).

Området omkring inntaket for Hamar Vannbehandlingsanlegg ble ikke merkbart påvirket av forurensningen fra utslippet. Retningen forurensningen tok den første tiden etter utslippet og de gode fortynningsmulighetene, var sannsynligvis de viktigste årsakene til dette. Den hygieniske/bakteriologiske vannkvaliteten på badestrender har ikke vært undersøkt spesielt innenfor dette prosjektet. Antar en at badesesongen normalt starter tidligst ca. 1. juni, så ser det imidlertid ut til at nærområdet til utslippet hadde akseptabel vannkvalitet mht. *E. coli* før dette tidspunktet. Andre potensielle smittestoffer i vann slik som parasitter (f.eks. *Giardia* og *Cryptosporidium*) og virus kan imidlertid ha betydelig lengre overlevelse enn *E. coli* (Robertson og Gjerde 2006, Espinosa mfl. 2008, Peng mfl. 2008), men de forekommer i lavere konsentrasjoner enn *E. coli* i avløpsvann. Mengden av slike smittestoffer varierer fra ikke påvist til  $10^5$  pr. liter ubehandlet avløpsvann (Robertson mfl. 2006, Otteson mfl. 2006) og avhenger av smittesituasjonen blant abonnentene som er tilknyttet. Erfaringer etter storflommen i Mjøsa i 1995 tydet dessuten på at fekale bakterier kunne overleve i slammet som lå langs strender, og evt. igjen gi opphav til økt fekal forurensning i forbindelse med vindpåvirkning og oppvirvling av

slammet (Stårvik mfl. 1996). Trolig dreide det seg her om blandet slam som ble liggende igjen når vannet trakk seg tilbake etter flommen, dvs. jord og organisk og uorganisk materiale fra dyrka mark, tettsteder og nedbørfeltet for øvrig, inklusive ”slam” fra avløpssystemer ute av drift.

På enkelte prøvepunkter ble det dagen etter utslippet målt ca. 4-8 ganger høyere konsentrasjon av tot-P enn det som er vanlig ved overvåkingsstasjonene i Mjøsa (jf. Løvik mfl. 2009). Vi har lite erfaringstall for tot-P fra mer strandnære områder i Mjøsa, men en kan i slike områder forvente større variasjoner og til tider betydelig høyere konsentrasjoner enn på overvåkingsstasjonene som ligger midtfjords. Likevel er det rimelig å anta at utslippet 22.-23. april var hovedkilden til de høye konsentrasjonene av tot-P dagen etter utslippet. Dette fordi tot-P generelt var høyest på de samme stasjonene og dypene som også hadde høye konsentrasjoner av fekale indikatorbakterier. I område M3-M9 ble middelkonsentrasjonen av tot-P halvert fram til 7. mai, dvs. i løpet av ca. 2 uker.

Økningen i tot-P som ble observert både ved M5 og de tre overvåkingsstasjonene fra og med slutten av juli, hadde sannsynligvis sammenheng med at det i denne perioden var mye nedbør og betydelige tilførsler av næringsrikt vann fra nedbørfeltet (<http://www.aquamonitor.no/Mjosovervak/>). Påvirkning fra f.eks. Flagstadelva og Svartelva kan også ha vært et viktig bidrag til høyere konsentrasjon av tot-P ved M5 enn ved overvåkingsstasjonene i begynnelsen av august.

Algemengden var lav i den vesentligste



delen av vekstsesongen (Kl-a <3 µg/l, målinger til ut august), og det var ingen vesentlige forskjeller i algemengden mellom stasjon M5 og overvåkingsstasjonene. Videre var gjennomsnitt Kl-a for perioden juni-august (1,9-2,4 µg/l) på samme nivå som middel fra overvåkingsstasjonene i de senere årene (Løvik mfl. 2009). I august ble en markert oppblomstring av blågrønnalgen (cyanobakterien) *Anabaena* observert spesielt langs land i østre deler av Furnesfjorden (<http://vassdragsforbundet.no/>). Siden utslippet fant sted over 3 måneder tidligere, anser vi det som lite sannsynlig at oppblomstringen var forårsaket av dette utslippet, selv om en viss påvirkning ikke kan utelukkes 100 % (forurensningen hadde ”kurs mot” Furnesfjorden). Hovedårsaken til *Anabaena*-oppblomstringen var trolig en kombinasjon av relativt høy vanntemperatur og ekstra næringstilførsler i forbindelse med nedbørperiodene utover sensommeren.

Konklusjonen blir derfor at utslippet mest sannsynlig ikke førte til noen vesentlig økning i algemengden i Mjøsa. Hvorfor skjedde ikke det? Den viktigste årsaken er trolig at utslippet fant sted under vørsirkulasjonen da vannet var meget kaldt, dvs. før algevekstsesongen normalt starter i Mjøsa. Fortynningsforholdene var da gode, og en stor del av fosforet sedimenterte ut av de øvre vannlag før det ble noen særlig økning i vanntemperaturen og dermed bedre vekstbetingelser.

### Takk

Takk til Atle Rustadbakken (NIVA), Kristin Frodahl Rognerud (sommer-

vikar, NIVA), Odd Henning Stuen (Vassdragsforbundet), Ragnhild Skogsrud Narum og Steinar Østlie (begge Fylkesmannen i Hedmark) for bistand under feltarbeidet samt til Egil Johansen (Hamar kommune), May Skogh (Meteorologisk institutt), Erik Bøhleng og Ove Sander (begge Hias) for verdifulle opplysninger. En takk også til Mette-Gun Nordheim (NIVA) for bistand med figurframstilling. Undersøkelsen ble finansiert av Hias.

### Litteratur

Espinosa, A.C., Mazari-Hiriart, M., Espinosa, R., Maruri-Avidal, L., Mendez, E. and Arias, C.F. 2008. Infectivity and genome persistence of rotavirus and astrovirus in groundwater and surface water. *Water Research*, 42: 2618-2828.

Hipsey, M.R., Antenucci, J.P. and Brookes, J.D. 2008. A generic, process-based model of microbial pollution in aquatic systems. *Water Resources Research*, 44: 1-26.

Kjellberg, G. 2006. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2005. NIVA-rapport 5195-2006. 98 s.

Løvik, J.E. 2009. Lekkasje på kloakkledning utenfor Hamar våren 2009. Effekter på Mjøsas vannkvalitet. NIVA-rapport 5862-2009. 23 s.

Løvik, J.E. og Romstad, R. 2007a. Overvåking av vassdrag i Løten kommune i 2006. NIVA-rapport 5435-2007. 25 s.

- Løvik, J.E. og Romstad, R. 2007b. Overvåking av vassdrag i Hamar kommune i 2006. Finsalbekken. NIVA-rapport 5438-2007. 17 s.
- Løvik, J.E., Bækken, T. og Romstad, R. 2009. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2008. NIVA-rapport 5758-2009. 80 s.
- Ottoson, J., Hansen, A., Westrell, T., Johansen, K., Norder, H. and Stenström, T.A. 2006. Removal of noro- and enteroviruses, *Giardia* cysts, *Cryptosporidium* oocysts, and fecal indicators at four secondary wastewater treatment plants in Sweden. *Water and Environment Research*, 78: 828-834.
- Peng, X., Murphy, T. and Holden, N.M. 2008. Evaluation of the effect of temperature on the die-off rates for *Cryptosporidium parvum* oocysts in water, soils and feces. *Applied and Environmental Microbiology*, 74: 7101-7107.
- Robertson, L.J. og Gjerde, B.K. 2006. Fate of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the Norwegian aquatic environment over winter. *Microbial Ecology*, 52: 597-602.
- Robertson, L.J., Hermansen, L., and Gjerde, B. 2006. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in sewage in Norway. *Applied and Environmental Microbiology*, 72: 5297-5303.
- Schönning, C. 2003. Risk för smittspridning via avloppsslam. Redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter. Naturvårdsverket, rapport 5215. 65 s.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04. 31 s.
- Stårvik, B., Nordhagen, T.A., Vatile, A.-B. og Kjellberg, G. 1996. Hygienisk overvåking av Mjøsa i forbindelse med stormflommen 1995. Sluttrapport. Fylkeslegen i Hedmark, Fylkesmannen i Hedmark, Næringsmiddeltilsynet Hedmarken og NIVA. 63 s. + vedlegg.
- Tjomsland, T. og Tryland, I. 2008. Sårbarhetsanalyse av vanninntakene til de kommunale vannverkene i Mjøsa: Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten. Simulering av bakteriologiske forhold ved bruk av strøm- og spredningsmodeller. NIVA-rapport 5610-2008. 58 s.
- Tjomsland, T., Tryland, I., Brænden, R. og Løvik, J.E. 2007. Valg av trasé for avløpsledning over Furnesfjorden i Mjøsa. Sårbarhetsanalyse ved bruk av strøm- og spredningsmodeller. NIVA-rapport 5466-2007. 67 s.