

Vil rent vann også være rent i fremtiden? Effekter av ekstremvær på drikkevannskvalitet

Av Anne-Marie Bomo, Ingun Tryland og Helge Liltved

Anne-Marie Bomo og Ingun Tryland er forskere og Helge Liltved er forskningsleder ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)

Innlegg på fagtreff i Vannforeningen 12. februar 2007

Sammendrag

Klimaendringer kan påvirke drikkevannskvalitet og drikkevannskilder. Det er sett nærmere på hvordan råvannskvalitet med hensyn på fargetall, total organisk karbon og mikroorganismer påvirkes av store nedbørmengder. Eksempelvis resulterte den nedbørsrike høsten 2000 i en fordobling av fargetallet i flere av Oslos råvannskilder. Økt innhold av naturlig organisk materiale (NOM) reduserer råvannskvaliteten og kan påvirke en rekke driftsforhold ved et vannbehandlingsanlegg. Kraftig regnfall og flom kan føre til økte tilførsler av mikroorganismer til drikkevannskildene. Klimaendringer kan redusere lagdelingen i dype innsjøer og igjen redusere effekten av dypvannsintak som hygienisk barriere. Konsekvensene kan være fare for sykdomsutbrudd dersom vannbehandlingen er mangelfull eller ikke fungerer tilfredsstillende. Viktigheten av å vite mest mulig om hva slags råvann man skal

forholde seg til ved produksjon av drikkevann i fremtiden påpekes, og hvordan man kan sikre god vannkvalitet under endrede klimaforhold.

Innledning

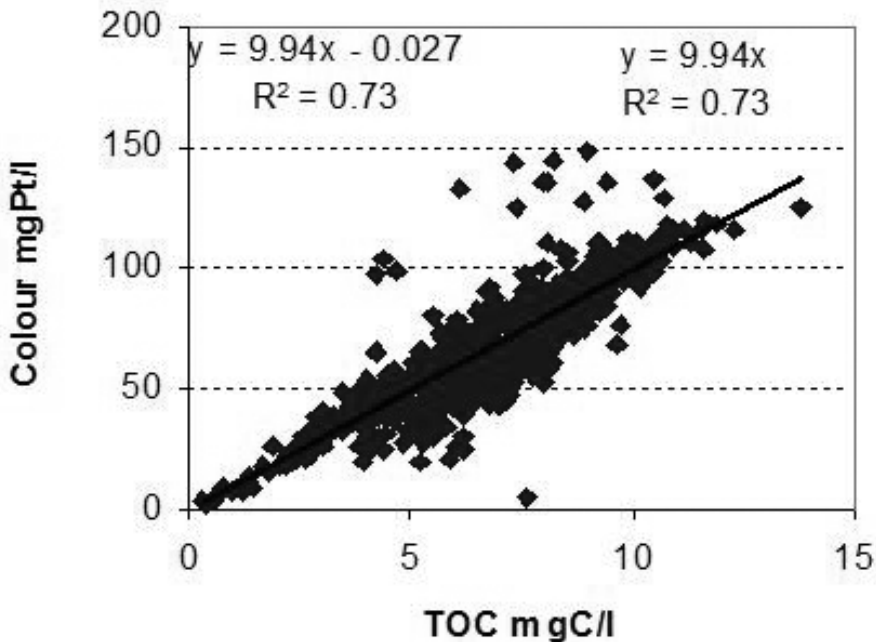
Det sies at været skal bli våtere og villere – men ikke nødvendigvis vakrere. Hvordan vil dette påvirke vannkvaliteten - vil det vi i dag definerer som ”rent” vann også være rent i fremtiden? Det er et spørsmål som er beheftet med usikkerhet, men vi vet (med stor sannsynlighet) at klimaforholdene er i endring. Nedbørmengder, nedbørmønster og fordeling over året ser ut til å endre seg, med hyppigere forekommende ekstreme nedbør- og vindepisoder. Vinteren synes å bli mildere og middeltemperatur og vekstsesongen synes å øke. Disse klimaendringene kan påvirke drikkevannskvalitet og drikkevannskilder (overflatevann og grunnvannskilder) på flere måter:

- endringer i fargetall og totalt organisk karbon (TOC) i overflatevann
- økt antall patogene mikroorganismer og partikler etter kraftig nedbør og flom
- redusert lagdeling i drikkevannskilder – økt fare for mikrobiologisk kontaminering
- økt nitrogentransport ved økt temperatur
- høye sulfatkonsentrasjoner (ledsaget av H⁺ og aluminium) i avrenning etter tørkeperioder (forårsaket av oksidering av sulfid til sulfat i jordsmonn)
- økt lokal sjøsaltdeposisjon og forsurening etter ekstreme vær-situasjoner
- økt antall oppblomstringer av giftproduserende blågrønnalger som følge av økt temperatur og næring
- forekomster av "nye" mikroorganismer
- mer sjøfugl i innsjøer. Vinteråpne (isfrie) innsjøer vil kunne nyttes som overvintringsplass for gjess, ender og svaner
- høyere temperatur om sommeren (også i dypvannet) med stabil sjiktning, lang sommerstagnasjon og økt oksygenforbruk i dypet kan gi økte problemer med jern og mangan (Berge, 2007)

Basert på historiske data skal vi i det følgende se nærmere på hvordan ekstreme værepisoder, eksempelvis store nedbørsmengder, kan påvirke råvannskvaliteten med hensyn på parametere som fargetall, total organisk karbon (TOC), bakterier og andre patogene mikroorganismer.

Fargetall og total organisk karbon

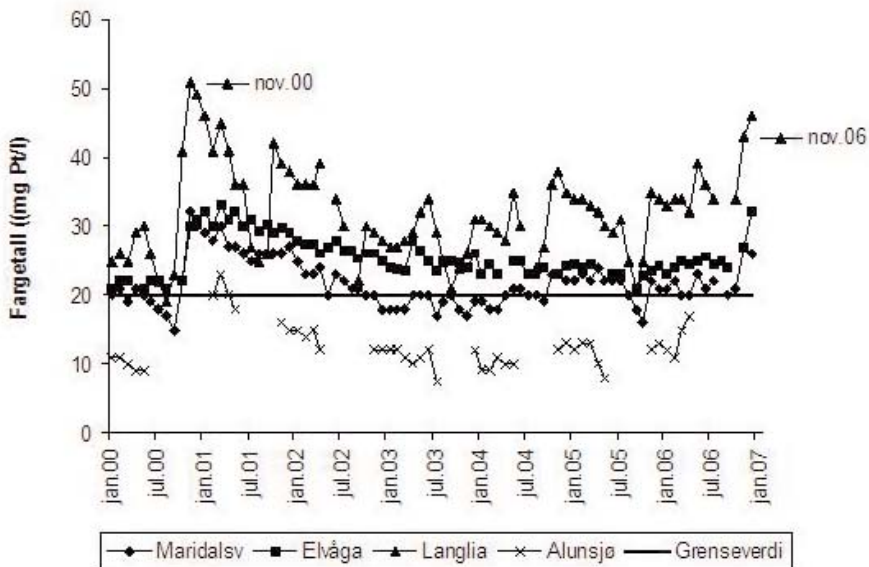
Vegetasjon på land og jord/vann systemer er hovedkildene til naturlig organisk materiale (NOM) i innsjøer. Konsentrasjonen i innsjøer bestemmes av hvor mye som tilføres, og hvor mye som forsvinner ved nedbryting og sedimentering. Tilførslene reguleres av vegetasjon og jordkarakter i nedbørsfeltet, samt klima og hydrologi. Mengden av naturlig organisk materiale i vann måles på ulike måter. Fargetallet (mg Pt/l) er en enkel måling relatert til vannets utseende, og måles jevnlig ved de fleste vannverk. Totalt organisk karbon (TOC) og kjemisk oksygenforbruk (KOF) er mer kompliserte analyser og måles i første rekke ved de større vannverkene og i forbindelse med overvåking av miljøtilstanden i innsjøer og elver. Det er en nær sammenheng mellom fargetall og TOC/DOC og fargetall og KOF (figur 1).



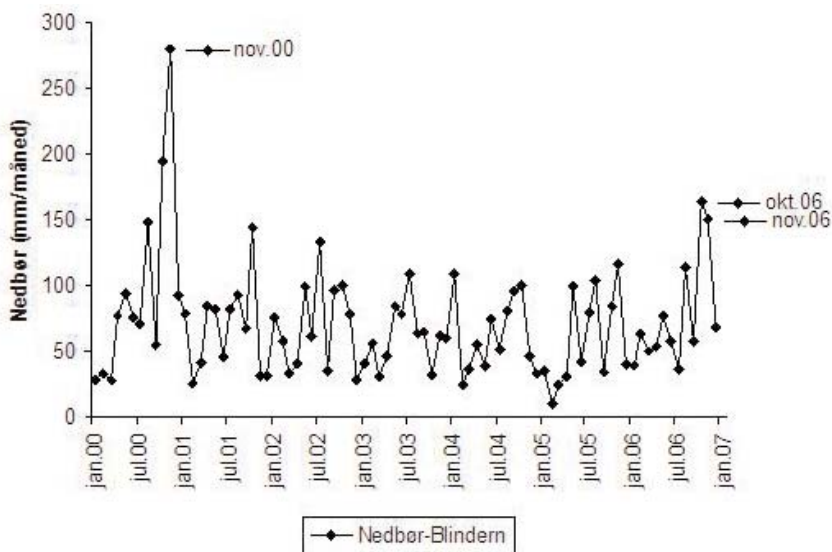
Figur 1. Sammenheng mellom fargetall (mg Pt/l) og total organisk karbon (TOC)

Tidsserier for fargetall i Oslos råvannskilder (Alunnsjøen, Skullerud, Langlia og Maridalsvannet (Oset)) fra 1974 og frem til og med 2006 viser at fargetallet har steget jevnt med en markant økning på slutten av 90-tallet og inn i år 2000. Fra 2000 – 2006 (figur 2) har fargetallet ligget over øvre grenseverdi angitt i Drikkevannsforskriften (20 mg Pt/l) for alle råvannskildene med unntak av Alunnsjøen. Endret nedbørsmønster og høyere temperaturer kan bidra til økning i fargetall og TOC i råvannskilder. Kraftige regnskyll vil gi en rask og kraftig økning i fargetall og TOC. En sammenligning av nedbørstall fra nedbørsmålestasjonen på Blindern og fargetallsmålinger i Oslos råvannskilder viser tydelig hvordan

perioder med kraftig nedbør kan gi store og langvarige effekter. Som det framgår av figur 3 falt det mye nedbør i oktober og november 2000. Eksempelvis økte fargetallet i Maridalsvannet fra 15 mg Pt/l i september 2000 til 32 mg Pt/l i november 2000 – altså en fordobling i løpet av to måneder. En fordobling av fargetallet ble også observert i Langlia høsten 2000 – her opplevde man en økning fra 23 mg Pt/l i september til 51 mg Pt/l i november. Etter denne episoden har det vært en langsom nedgang i fargetallet i samtlige råvannskilder. En ny økning i fargetall kom høsten 2006 (oktober og november) hvor nedbørsmengdene var de høyeste som er målt siden høsten 2000.



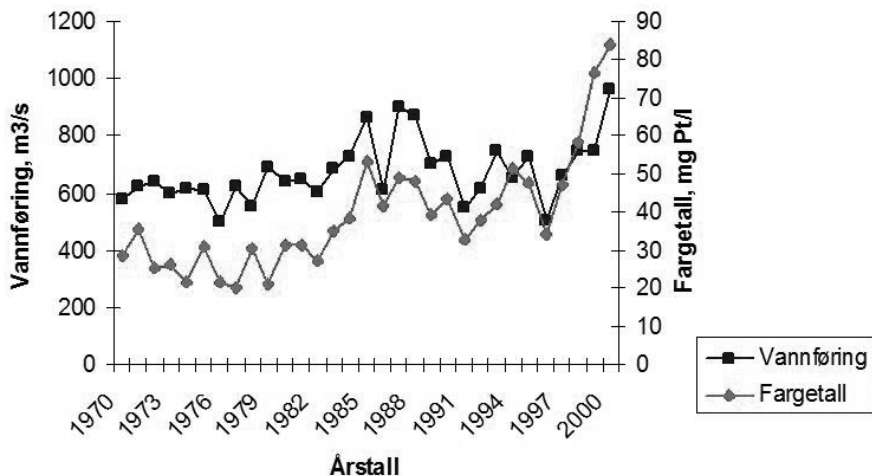
Figur 2. Utvikling av fargetall i Oslos vannkilder i perioden 2000 – 2006. Punktene representerer årsmiddel av månedlige målinger (data fra Vann og avløpsetaten i Oslo (VAV))



Figur 3. Nedbørstall fra Blindern (www.met.no) i perioden 2000 - 2006

En sammenheng mellom fargetall og vannføring ser vi også i andre typer vannkilder (elver) – som for eksempel

Glomma. Figur 4 viser hvordan høy nedbør øker vannføringen og fargetallet i vannkilden.



Figur 4. Gjennomsnittlig vannføring og fargetall i Glomma i perioden 1970 - 2000. Årsverdiene for fargetall er middelverdi av månedlige analyser (data fra Frevar og NVE)

Utvikling av mengde naturlig organisk materiale (NOM) i ferskvannsresipienter er også av internasjonal interesse og følges opp via det internasjonale overvåkingsprogrammet for forsurening i Europa og Nord-Amerika (The International Cooperative Program on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes). Resultater herfra viser at i perioden 1990 – 2004 finner man en økning i DOC på alle lokaliteter, med en spesielt stor økning i Sør-England, Sør-Norge og Sør-Finland (deWit og Skjelkvåle, 2007). Økningen i DOC kan være en respons på kombinasjonen av avtagende mengder sur nedbør og økende temperatur (Evans et al 2005) og ikke nødvendigvis en klimarelatert hendelse med hensyn på

økende mengde nedbør. Dog påpeker forfatterne at sammenhengene som er påviste er komplekse og at det er vanskelig å isolere mekanismene basert på måledata alene. En full forståelse av betydningen av en økning i DOC kan først oppnås basert på viten om langtidsvariasjoner og hva som kan defineres som den naturlige "referansestatusen" for disse systemene.

Hvilken rolle spiller økning i NOM for vannverkene?

Økt innhold av naturlig organisk materiale (NOM) i råvannet reduserer kvaliteten på vannet med hensyn på lukt og smak, og vil påvirke en rekke forhold som angår driften av et vannbehandlingsanlegg. Det er viktig

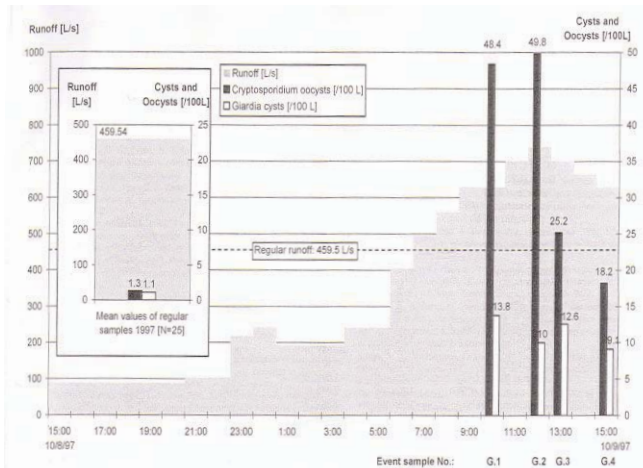
å redusere negative effekter av økt NOM i størst mulig grad via optimalisering av driften, blant annet fordi dette kan påvirke vannbehandlingsbarrierefunksjon. Typisk kan en fargetallsøkning i råvannet gi følgende driftsmessige effekter for et vannverk:

- fare for dannelse av kloreringsbiprodukter
- redusert effekt av desinfeksjon
- økt nedslamming/begroing på ledningsnettet, økte kostnader for rengjøring
- må investere i anlegg for humusfjerning
- oppgradering av eksisterende anlegg
- optimalisering, prosessendringer som følge av endringer i fargetall
- økt kjemikalieforbruk, reduserte filtersykluser, økt slammengde.

Mikrobiologisk vannkvalitet

Flere studier viser at konsentrasjonen av patogene mikroorganismer i vannkilder øker under ekstreme vær

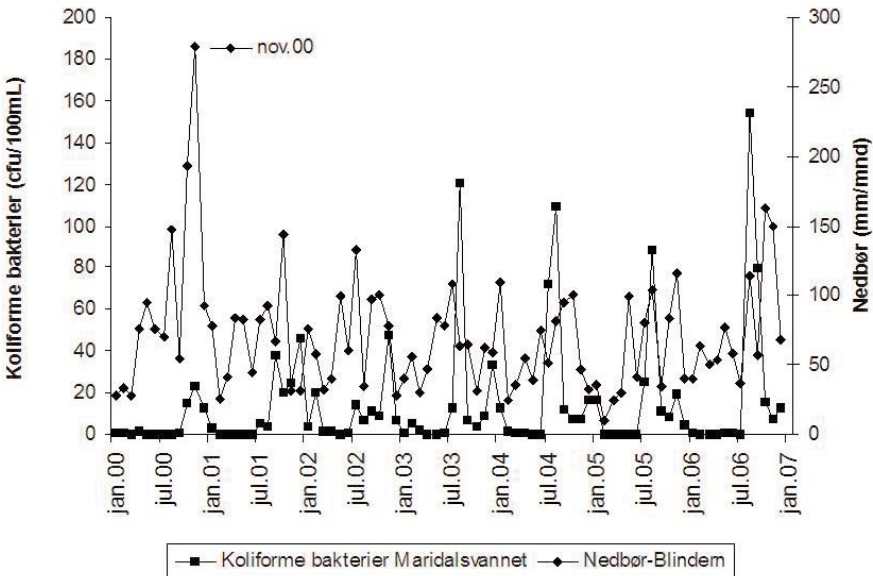
sjoner, og nedbør og økt avrenning har blitt assosiert med utbrudd av vannbårne sykdommer forårsaket av fekal-orale patogene mikroorganismer (Aterhold et al 1998; Rose et al 2000, Curriero et al 2001). Eksempelvis påviste et tysk studie (Kistemann et al 2002) at de mikrobiologiske parametrene (kimtall, *E.coli*, koliforme bakterier, fekale streptokokker, *Clostridium perfringens*) økte signifikant under ekstreme værforhold (1-2 log økning). Dersom det var kilder til *Cryptosporidium* og *Giardia* i nedbørsfeltet, økte også disse signifikant ved styrtregn/økt avrenning (figur 5). Den tydelige linken mellom store nedbørsmengder og muligheten for utbrudd av vannbårne sykdommer indikerer sterkt at klimatiske forhold må vurderes av vannverkseiere, offentlig helsetjeneste og privatpersoner som en betydelig risikofaktor for kontaminering av vannkilder (Auld et al 2004).



Figur 5. Sammenheng mellom vannføring og parasittmengde (*Cryptosporidium* og *Giardia*) (Kisteman et al 2002)

Resultater fra Aurevann/Bærum vann har vist at konsentrasjoner av *E. coli* kan være betydelige i vanninntak på 13 meters dyp under ekstreme vær-situasjoner, f.eks om høsten (Sogn, 2004). En risikovurdering gjennomført på BVAS (Bærum Vann AS) konkluderte med at styrtregn, spesielt kombinert med sterk vind om høsten kan være den største trusselen for Aurevannsanlegget. En sammenstilling av forekomsten av koliforme bakterier i råvannet til Oset vannverk i Maridalsvannet og nedbør data fra Blindern viser en viss sammenheng mellom nedbørstopper og forekomst av bakterier (figur 6). Spesielt vil situasjoner med sterk nedbør i kombinasjon med manglende sjiktning gjøre

at drikkevannskilder som i utgangspunktet er ansett som å være godt hygienisk sikret grunnet god lagdeling og vanninntak under sprangsjiktet, etter hvert må vurderes som mindre sikre. Mulige klimaendringer i form av kraftigere og hyppigere vind kan føre til økt innblanding av overflatevann i dypvannsinntak i innsjøer. Det kan bli lengre perioder hvor bekker føres dypere inn i vannlagene som følge av sen nedkjøling av store innsjøer i forhold til bekkene (Berge, 2007). Senere eller manglende islegging i store innsjøer kan medføre lengre sirkulasjonsperioder og hele vinteren kan i verste fall bli en sirkulasjonsperiode.



Figur 6. Sammenheng mellom nedbør (www.met.no) og forekomst av koliforme bakterier i råvannet til Oset vannverk i Maridalsvannet (data fra Oslo vann og avløpsverk (VAV))

Oppsummert så kan man si at kraftig regnfall og flom kan føre til økte tilførsler av problematiske mikroorganismer til drikkevannskildene. Dette som følge av økt avrenning/utvasking fra nedbørsfelt som f.eks kan inneholde gjødsellagre, høstspredd gjødsel, havnehager/beitemark og lekkasjer/overløp i kloakksystemer (jamfr. Giardia-epidemien i Bergen). Når man også vet at klimaendringer kan redusere lagdelingen i dype innsjøer, vil dette redusere effekten av dypvannsinntak som hygienisk barriere. Konsekvensene av dette kan være fare for sykdomsutbrudd dersom vannbehandlingen er mangelfull eller ikke fungerer tilfredsstillende – ikke minst påpeker dette viktigheten av to uavhengige hygieniske barrierer ved vannverkene og/eventuelt behov for å ytterligere sikre nedbørsfeltet til drikkevannskilden (f.eks unngå nyetableringer). Klimaendringer kan også medføre økt behov for overvåking av råvann og rentvann, spesielt i sirkulasjonsperioder og ekstremvær-episer.

Hva gjør NIVA innenfor klimaendringer og drikkevannskvalitet

Det er viktig å vite mest mulig om hva slags råvann man skal forholde seg til ved produksjon av drikkevann i fremtiden og hvordan man best kan sikre god vannkvalitet under endrede klimaforhold. NIVA deltar derfor i flere prosjekter som berører vannkvalitet og klimaendringer. Et eksempel er ”Climate: Adapting to extreme weather conditions in municipalities: what, how and why

(2006-2010)” som er et strategisk instituttprogram hvor NIVA deltar sammen med seks andre forskningsinstitutter (Cicero (prosjektleder), Bioforsk, NIBR, NIKU, NILU, og NINA). NIVAs rolle er å se på ekstremværhendelser og dets påvirkning på råvannskvaliteten. Det skal sees nærmere på hvilken betydning endringer i råvannskvaliteten har for vannverkene og hvilke utfordringer og mulige driftsendringer vannverkene må se for seg hvis råvannskvaliteten forandrer seg. Målet med prosjektet er at det skal kunne ut i en manual som skal benyttes av kommuner/vannverk i deres planlegging av fremtidige utfordringer innen vannbehandlingssektoren.

Referanser

Atherholt, T.B., LeChevallier, M.W., Norton, W.D. and Rosen, J.S. (1998). Effect of rainfall on Giardia and crypto. Journal of American Waterworks Association, 90 (9). 66 – 80.

Auld, H., MacIver, D. and Klaassen, J. (2004) Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: The Walkerton example. Journal of Toxicology and Environmental Health, part A, 67. 1897 – 1887.

Berge, D. 2007. Endring i mikrobiologisk forurensning i vannkilder som følge av et varmere klima. Foredrag på NORVAR seminar i mars 2007.

Curriero, F.C (2001) The association between extreme precipitation and waterborn disease outbreaks in the

United States, 1948 – 1994. *American Journal of Public Health*, 91 (8). 1194-1199.

deWiit, H. and Skjelkvåle, B.L. (2007) Trends in surface water chemistry and biota; The importance of confounding factors. ICP waters report 87. 89 p.

Evans, C.D., Monteith, D.T. and Cooper, D.M. (2005) Long-term increases in surface water and dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*, 137 (1). 55-71.

Hunter, P.R. (2003). Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology*, 94. 37S – 46S.

Kistemann, T., Clafen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., Vacata, V. and Exner, M. (2002) Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (5). 2188 – 2197.

Rose, J.B., Daeschner, S., Easterling, D.R., Curriero, F.C., Lele, S. and Patz, J.A. (2000) Climate and waterborne disease outbreaks. *Journal of American Waterworks Association*, 92 (9). 77 – 87.

Sogn, K.U. (2004) Årstidsvariasjoner i vannkvalitet og utfordringer mht behandling. Eksempel fra Aurevann. *Vann* (1). 58-64.