

# Vannkvalitetsendring i ledningsnett for drikkevann - en kompleks problematikk

Av Jens Erik Pettersen

Jens Erik Pettersen er seniorrådgiver ved Nasjonalt folkehelseinstitutt

Innlegg på fagtreff 15.10.03

## Innledning

Når ferdig behandlet drikkevann distribueres til abonnentene via ledningsnett, bassenger pumpestasjoner og diverse armatur, vil det som regel skje en endring av vannkvaliteten. Vannkvalitetsendringene kan skyldes prosesser inne i distribusjonssystemet, og de kan skyldes at fremmedvann eller annen væske utenfor distribusjonssystemet lekker inn og forurenser drikkevannet. Årsakene er mange og komplekse. Rørmaterialer, vannkvalitet, tekniske løsninger, systemutforming, ledningsnettets alder, anlegg utførelse, drifts- og vedlikeholds rutiner er faktorer som er viktige.

Vannkvalitetsendringer kan ha hygieniske og bruksmessige konsekvenser for abonnentene, og økonomiske konsekvenser for vannverket. Innlegget tar for seg årsaker til at vannkvaliteten kan endre seg i ledningsnett og hvilke konsekvenser dette kan medføre for abonnentene.

## Vannkvalitetsendringer forårsaket av innlekking

Innlekking skyldes at vann eller annen væske utenfor vannledningene eller bassengene trenger inn i distribusjonssystemet. Dette kan skje gjennom utettheter, ved diffusjon igjennom ledningsmaterialet, eller ved at annet vann eller væske suges eller pumpes inn i vannledningen via abonnentenes eget distribusjonssystem (interne fordelingsnett).

### *Tilbakeslag fra internt fordelingsnett*

Dersom trykket i det interne fordelingsnett er høyere enn i vannverkets ledning, og det ikke er etablert noen form for tilbakeslagsvern, vil væske strømme til vannledningen. Tilbakeslag fra abonnentenes egne ledninger kan skje dersom det oppstår undertrykk i vannverkets ledning eller ved at pumping i det interne fordelingsnett skaper overtrykk. Typiske situasjoner hvor undertrykk kan forekomme, er knyttet til rørbrudd eller brannslukking som medfører vesentlig økning av strømningshastigheten i vannverkets ledning.

Der det er kobling mellom drikkevannsledningen og ledninger for transport av annen væske, for eksempel prosessvann, kjemikalier eller vann fra andre kilder, vil det være en viss sannsynlighet for at dette kan trenge inn i vannverkets ledning. Behovet for tilbakeslagsvern må derfor alltid vurderes der ledninger som fører drikkevann, er koplet sammen med ledninger som fører annen type væske. Nødvendig sikkerhet i tilbakeslagsvernet bør vurderes på grunnlag av hvilke konsekvenser et tilbakeslag vil kunne få. De helsemessige konsekvensene vil være de desidert viktigste å vurdere.

### ***Utett ledningsnett***

Vann som lekker inn i ledningsnettet, medfører stor smittefare. Fellesgrøfter for vann- og avløpsledninger er meget vanlig, og termotolerante koliforme bakterier i grøftevann påvises jevnlig selv der vannet ikke er direkte påvirket av kloakk. Som for vannledningene er lekkasjene i avløpsledningene også betydelige.

Forurensninger som har trengt inn i ledningsnettet, er vanskelige å oppdage. Et "støtinnslipp" vil kunne bli ført konsentrert gjennom store deler av ledningsnettet. Det vil sannsynligvis ikke bli oppdaget ved analyse. Abonentene vil tidligst kunne merke at drikkevannet er forurenset av kloakk når konsentrasjonen er over 1%. Kloakkvannet utgjør stor smittefare lenge før konsentrasjonen når dette nivået.

Det har vært hevdet at restklor vil uskadeliggjøre mikrobiologisk forurensning av vannet i ledningsnettet og

derved gi en hygienisk sikring. Undersøkelser har imidlertid vist at selv klorkonsentrasjoner som er vesentlig høyere enn det som er vanlig å benytte i Norge ikke gir noen garanti for at mikrobiologisk forurensning, selv i meget små mengder, blir uskadeliggjort.

Den hygieniske sikkerheten må derfor bygges inn i distribusjonssystemet på annet vis. Det er snakk om en rekke tiltak av forebyggende art, både tekniske og driftsmessige.

Skal vann lekker inn, må kombinasjonen av grøftevann og undertrykk eller trykkløs ledning være tilstede samtidig. Brannventiler kan være kritiske punkt. Ved trykkfall i ledningen kan disse åpne seg, og står det da grøftevann over ventilen vil dette trenge inn i distribusjonssystemet.

Den beste garanti mot forurensning av vann i ledninger er å velge tekniske løsninger som sammen med tilfredsstillende drift og vedlikehold sikrer tilstrekkelig overtrykk og en grøftevannstand som ligger under vannledningen. Gode driftsrutiner må blant annet ta hensyn til hvilken betydning ekstraordinære vannuttak, avstengning av deler av distribusjonssystemet med videre har for trykkforholdene i nettet.

Ved reparasjoner og vedlikehold som medfører at ledningsnettet er trykkløst, må man ha gode rutiner for å hindre at grøftevann eller forurenset masse kommer inn i ledningen. Ledningsnettet bør planlegges slik at det er mulig å avgrense de delene som blir trykkløse mest mulig. Før ledningsstrekken settes i normal drift må det desinfiseres.

### **Andre årsaker til innlekking**

Petroleumprodukter vil kunne diffundere igjennom veggene i plastrør og derved sette lukt og smak på vannet. Lekkasjer fra nedgravde oljetanker bør derfor påaktes også i drikkevannssammenheng.

### **Vannkvalitetsendringer forårsaket av prosesser i ledningsnett**

Vannkvalitetsendringer som skyldes prosesser inne i distribusjonssystemet, forbindes først og fremst med beleggdannelse og korrosjon.

Utlekking fra materialer som står i kontakt med drikkevannet, for eksempel produkter som benyttes til tetting, beskyttende lag og enkelte plastmaterialer, kan også påvirke vannkvaliteten. Man må ikke benytte materialer som setter dårlig lukt og smak på vannet, eller som inneholder helseskadelige herdere eller myknere.

### **Beleggdannelse**

Beleggdannelse kan skyldes mikrobiologisk vekst, kjemisk utfelling og sedimentering av partikulært materiale.

Konsekvensene av beleggdannelse kan være mange: Slamdannelse, grop-tæring og rustknolldannelse, gjen-tetting av rør, dårlig lukt og smak på vannet, grumsete og brunt vann, dannelse av allergifremkallende stoffer og høyt bakterieinnhold. De fleste bakteriene er ufarlige, men enkelte opportunistiske bakterier, som vi lever med til daglig, vil kunne utvikle seg i slike mengder i belegget at de kan medføre sykdom, for eksempel magebesvær, luftveisinfek-

sjoner eller andre betennelser. *Legionella*-bakterien som kan medføre alvorlig lungebetennelse, vil under gunstige temperaturforhold (20-55°C) kunne utvikle seg i belegg. Bakterier som bedriver matvarer, vil også kunne få gode vekstvilkår. Disse er lite ønsket av næringsmiddelindustrien. Belegget vil kunne skjerme smittefarlige bakterier og på denne måten redusere desinfeksjonseffekten ved klorering av forurenset ledningsnett.

Høyt humusinnhold er vanlig i norske overflatekilder. Humusstoffer kan danne tette og godt fastsittende belegg i vannledninger som andre partikler i vannet lett kan fanges opp i. Vannets innhold av organisk stoff som er lett nedbrytbart, gir gode oppvekstvilkår for bakterier. Bakterier på fastsittende flater i kontakt med strømmende vann, kan vokse selv ved lave konsentrasjoner av lett nedbrytbart organisk stoff, og danne belegg som lett rives løs. Etter hvert som humus og bakteriebelegg er etablert, vil sopp og større mikroorganismer som ernærer seg av belegget, kunne utvikle seg.

Råvann fra grunnvannskilder og overflatekilder der oksygeninnholdet i dyplaget er lavt, vil kunne inneholde løst jern og/eller mangan. Vannets innhold av disse metallene vil også bidra til beleggdannelse, enten ved kjemisk oksidasjon ved at vann med lavt oksygeninnhold kommer i kontakt med luft slik at metallene feller ut, eller ved at "jern- og manganbakterier" kan utvikle seg og danne belegg og flyteslam. Utfelte jernoksider vil gjøre vannet rustbrunt. I

grunnvannsbrønner med mye mangan kan det dannes et nesten svart belegg i rørene. Manganbelegg sitter godt festet til rørveggen og rives sjelden løs slik at vannet blir slamførende, men det kan føre til at friksjonen mellom vann og rørvegg øker slik at vannføringen gjennom røret avtar. Manganbelegg kan også dannes i nye sementbaserte installasjoner fordi overflaten da er basisk. Tilsetning av små mengder toverdige mangan til vannet er blitt benyttet som korrosjonshindrende behandling av sementbaserte ledninger.

Kalkutfelling i vannledninger kan gi god korrosjonsbeskyttelse for sementbaserte materialer og metaller, men kan også føre til innsnevring av rørdiameteren og redusere rørets hydrauliske kapasitet. Norsk drikkevann inneholder svært sjelden så høye konsentrasjoner av oppløst kalk at det medfører problemer i distribusjonsnettet. Vann fra grunnvannsbrønner, spesielt fra brønner i fjell, kan imidlertid medføre kalkutfelling i installasjoner der vannet varmes opp. Mengden som felles ut vil øke med stigende temperatur. Faren for beleggdannelse er derfor spesielt stor på varmeelementer. Dette kan føre til overoppheting som ødelegger elementene.

Det vil alltid være noe beleggdannelse i ledningsnett. Belegget kan begrenses ved å fjerne årsakene til dannelsen. Vannets farge er en god indikator på innholdet av humusstoff. Grenseverdiene for farge og TOC i drikkevannsforskriften kan benyttes som indikatorer på om det er nødvendig å fjerne humusstoff.

Kjemisk oksygenforbruk er den av drikkevannsforskriftens analyseparametere som best representerer vannets innhold av lett nedbrytbart organisk materiale, og grenseverdien er satt ut fra erfaring med fra hvilket nivå man må forvente begroing i et omfang som kan medføre problemer. Grenseverdiene for jern og mangan er satt for å forebygge problemene disse metallene vil kunne medføre.

Bakterier løsner lett fra overflaten av belegget. Noen av bakteriene kan fremkomme i kimtallsanalyser som benyttes i vanlig kontroll av drikkevann. Vannet i ledningsnettet bør overvåkes med kimtallsanalyser. Dersom enkeltprøver viser høyt kimtall, kan dette skyldes tilfeldig løsrivelse av belegg. Dersom 22°C-kimene ligger jevnt over 100 per milliliter bør man undersøke årsaken. Kimtallsøkning kan bety at det har etablert seg belegg der det foregår omfattende bakteriell aktivitet. Kimtallsøkningen gir dermed indikasjon på at det kan være på tide med rengjøring, enten ved spyling eller ved pluggkjøring.

### ***Korrosjon***

Norsk råvann er ofte aggressivt overfor metaller. Vannkvalitetsparametre av betydning er blant annet pH og alkalitet. I oksygenrikt vann øker vannets aggressivitet med synkende pH-verdi, og for mange metaller også med avtakende alkalitet. Også andre parametre er av betydning for forskjellige metaller, men de nevnte er de viktigste for ledninger av jern, og de er også viktige for kobber og messinginstallasjoner. I det følgende omtales

hvilke konsekvenser korrosjon kan få for abonnentene, og litt om mikrobiologiske årsaker til korrosjon. Kjemien omkring korrosjon er omtalt i annet foredrag på fagtreffet.

### *Korrosjon på jern*

Jern og stål brukes mye i hovedvannledninger og i forgreninger av disse fram til abonnentene. Korrosjonsangrep på materialer av jern og stål kan føre til rustfarget vann under tæring på materialet, eller dannelse av tykke lag av jernhydroksider og jernoksider som blir sittende fast på materialet.

Forhøyede konsentrasjoner av jern i drikkevannet har ingen påviselig helseskadelig effekt, men det kan gi betydelige estetiske ulemper, gjøre vannet lite egnet til konsum og ubrukelig til for eksempel klesvask.

Groptæring startes ved at det dannes flekkvis belegg på metall-overflaten. Flekkvis beleggdannelse kan skyldes at humusstoffer fester seg til overflaten, ujevn begroing, eller at løsrevet belegg eller annet suspendert materiale sedimenterer i ledninger med liten gjennomstrømning. Der overflaten ikke er dekket av belegg, står metallet i kontakt med vann med et visst oksygeninnhold. Under belegget vil oksygeninnholdet være lavere på grunn av mikroorganismers oksygenforbruk. Forskjellen i oksygenkonsentrasjon fører til en elektrisk potensialforskjell mellom vann og vegg. Det dannes en galvanisk strøm som fører elektroner fra områder med belegg til områder uten belegg, og fra områdene med belegg frigjøres metall til vannet i form av ioner. Dette fører

til at det under belegget dannes en grop der metallet er løst ut.

En viktig årsak til dannelse av rustknoller, er vannbakterien *Gallionella ferruginea*. Bakterien oksiderer det utløste toverdige jernet fra groptæringen til treverdige jernoksider som felles ut i bakteriekolonien. Til slutt stivner jernoksidene til en rustknoll. Vekst av voluminøse rustknoller virker sterkt begrensende på ledningenes kapasitet. Rustknollen er innhul og kan brette i stykker ved større forandringer i vannets strømningshastighet og -retning. Vannet vil da inneholde rustpartikler av større eller mindre størrelse

Første tegn på rustknollkorrosjon er redusert vannføring i rørene eller periodisk innhold av rustpartikler i vannet. Lekkasje på grunn av gjennomtærede rør kommer først senere.

### *Korrosjon på kobber*

Kobberrør brukes til stikkledninger og fordeling av vann inne i bygninger. Når vannet brukes jevnlig, er kobberkonsentrasjonene i vannet normalt lave (<0,1 mg/l). Dersom drikkevannet har stått noen tid i ledningene vil det som regel ha betydelig høyere konsentrasjoner. Det er ikke uvanlig at kobberkonsentrasjonen i vann som har stått i ledningene over natten, er 2 til 3 mg/l. Enda høyere konsentrasjoner forekommer hvis vannet er spesielt korrosivt for kobber. I nybygg tar det en tid før rørene får et innvendig belegg som beskytter mot videre korrosjon. I nye store boligkomplekser, hvor det kan være lange strekk med kobberrør, kan konsentrasjonen i kranvann være over 1 mg/l til enhver tid.

Høye kobberkonsentrasjoner gir vannet en bitter smak. Det antas at langvarig diare hos barn i en del tilfeller kan skyldes høye konsentrasjoner av kobber i drikkevannet. Kjeler av aluminium som regelmessig brukes til oppvarming av vann, vil med tiden få et sort innvendig belegg av utfelt kobber. Det er registrert forgiftningstilfeller med kraftige brekninger i forbindelse med at slike kjeler leilighetsvis er brukt til oppvarming av sure drikker som løser opp kobberet, for eksempel ved juletider med tilberedning av gløgg. Kobber i vannet fører lett til grønn misfarging i sanitærinstallasjoner. Ved spesielt høye konsentrasjoner kan personer med lyst hår få et grønnskjær i dette ved hårvask.

Groptæring som beskrevet for jern, kan også skje i kobberledninger. Groptæringen oppdages normalt først når lekkasjene er et faktum. Omfattende groptæring er påvist i surt vann med relativt mye karbondioksid.

#### *Korrosjon på sementbaserte materialer*

Kalsiumoksid vil bli utløst fra sementbaserte materialer (asbestement, mørtelforede rør, sementkummer o.l.) hvis vannet er surt eller inneholder lite karbonat. I mørtelforede støpejernsrør, der mørtelen er påført for å hindre korrosjon av metallet, registreres det ofte betydelig pH-stigning. Hvis vannet ikke blir skiftet ut tilstrekkelig ofte, hvilket bl.a. kan skje i endeleddninger med få abonnenter, kan pH stige til 11-12. Slikt vann kan være øyeirriterende. Det kan også være korrosivt overfor andre materialer for

eksempel aluminium. Ved tilførsel av CO<sub>2</sub> eller karbonat kan kalken felles ut og gjøre at vannet blir turbid (melkeaktig). Utlekkingen fra sementbaserte materialer er størst når rør og kummer er nye, og reduseres betydelig over tid.

#### *Andre materialer og korrosjonsprodukter*

Vann som står stille i ledninger og armatur vil få økte konsentrasjoner av de metaller vannet er i kontakt med. Det er ikke registrert at dette har medført negativ helseeffekt, jfr. nedenstående omtale av sink, bly og kadmium. De senere år er det kommet ny "fancy" tappearmatur på markedet. Vi kjenner ikke til i hvilken grad disse inneholder legeringer som kan avgi uønskede metaller til drikkevannet.

*Sink:* Galvaniserte stålrør er belagt med sink for å hindre rustangrep. Det er ikke lenger vanlig å bruke denne type rør til drikkevann. Messing som brukes til tappearmatur, avgir sink til vannet. Konsentrasjonen kan bli flere milligram per liter dersom kranene ikke har vært benyttet på en stund. Det vil imidlertid bare være det aller første vannet som tappes etter henstand som inneholder høye konsentrasjoner. Det er ikke kjent at sink i drikkevann har hatt negative helseeffekter på mennesker her i landet.

*Bly:* Bly brukes i loddemetaller til skjøter i rør innomhus. Også messingkraner inneholder en liten andel bly. Henstandsvann inneholder derfor forhøyede konsentrasjoner, men sjelden over 10 µg/l, som drikke-

vannforskriften angir som grenseverdi for et ukentlig gjennomsnitt av konsumert vann. Blykonsentrasjonen i vann som tappes til forbruk, er svært sjelden over 1 µg/l.

*Kadmium:* Kadmium kan tilføres fra drikkevannsinstallasjoner hvis det brukes kadmiumholdige materialer,

men slik bruk av kadmium har lenge vært forbudt i Norge. Målte kadmiumkonsentrasjoner i norsk drikkevann er lave og overskrider svært sjelden 2 µg/l i henstandsvann. Drikkevannsforskriftens grenseverdi for et ukentlig gjennomsnitt av konsumert vann er 5 µg/l.

*Interconsult ASA er et av Norges ledende flerfaglige rådgivende ingeniørselskap med mer enn 700 medarbeidere fordelt på kontorer i Norge og utlandet. Det internasjonale engasjementet kanaliseres gjennom det heleide datterselskapet Interconsult International AS. Vi utøver vår kjerneaktivitet innen sektorene tekniske installasjoner og bygg, infrastruktur og samfunn, samt energi og miljø.*

Rent drikkevann er en av verdens største utfordringer. Interconsult ASA er ledende rådgivere innen det nasjonale og internasjonale vann- og avløpsmiljøet. Kompetanseutviklingen skjer via nærhet til markedet og kunde, prosjektutvikling og i egen FoU-avdeling.

Interconsult ASA  
Postboks 6412 Etterstad  
0605 Oslo  
Telefon 21 00 92 00  
Telefaks 21 00 92 01

