

Risiko og sårbarhet i vannforsyningen

Av Liv Fiksdal, Hallvard Ødegaard og Stein W. Østerhus

Liv Fiksdal og Hallvard Ødegaard er begge professorer ved institutt for vann og miljøteknikk, NTNU
Stein W. Østerhus er forsker samme sted

Sammendrag

I de nye (2004) WHO retningslinjene for drikkevann introduseres begrepet Water Safety Plan som et metodisk redskap for å sikre at vannforsyningen inklusive vannbehandlingen fungerer godt. Risikoanalyse danner et grunnlag for denne sikringen. For å bestemme risikoen for infeksjon som er knyttet til vannforsyningssystemet, kan en benytte epidemiologiske undersøkelser eller en såkalt kvantitativ mikrobiell risikoanalyse (QMRA). QMRA er blitt lansert som et potensielt redskap for å ta beslutninger angående tiltak i vannforsyningssystemet, relatert til det å oppnå kvantitative, helsebaserte mål. I de nye WHO retningslinjene for drikkevannskvalitet legges det økt vekt på risikostyring for å nå helsebaserte mål i vannforsyningen. En Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) basert prosedyre kan være et redskap for å oppnå en slik

styring. Denne artikkelen er basert på innholdet i kapittel 4 i rapporten "Optimal desinfeksjonspraksis" utgitt av NORSK VANN (tidligere NORVAR) [1].

Summary

The WHO (2004) guidelines regarding drinking water introduce The Water Safety Plan as a mean for securing a well functioning water supply and water treatment. Risk analysis is used as a tool. Quantitative microbiological risk analysis (QMRA) could be used to calculate the risk for infections distributed by the water supply system. QMRA is also recommended as a method to support decisions about adjustments in the water supply system related to health based objectives. The new WHO guidelines for drinking water quality emphasize risk control as a measure to reach such objectives.

Innledning

Vannverksbransjen står overfor en situasjon hvor det er oppdaget svakheter som vi før ikke var klar over eller som ikke forekom/forekom sjelden i norsk vannforsyning. For eksempel er vi relativt nylig blitt klar over at også norske vannforekomster inneholder patogene protozoer, en gruppe mikroorganismer som ikke inaktiveres ved klorering. Vi får stadig flere dokumentasjoner på at selv dype innsjøer ikke er en sikker hygienisk barriere. Det stilles spørsmål ved om enkelte typer humanvirus kan inaktiveres ved vanlige UV-doser. Kraftig og hyppig nedbør har ført til flom og oversvømmelse som har berørt installasjoner ved vannverkene. I tillegg kommer den internasjonale situasjonen med økt fokus på eksterne trusler, f.eks. i form av terrorangrep.

Begrepene risiko og sårbarhet kan knyttes til:

- Mulige interne svakheter ved vannforsyningen, som for eksempel kildevalg, svikt ved desinfeksjonsanlegg og installasjoner på ledningsnettet, ledningsbrudd mm
- Eksterne trusler, for eksempel av typen terrorangrep og ekstreme naturhendelser.

I denne artikkelen behandles de interne svakheter, og hvordan en kan bestemme og få kontroll med risiko forbundet med dem. Vannverkene i Norge har som oppgave å levere nok vann med tilfredsstillende kvalitet til forbrukeren. Her vil vi fokusere på det siste aspektet: tilfredsstillende kvalitet. I 2006 ble det utgitt en veileder for

økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen knyttet til eksterne trusler og ekstreme naturhendelser, men også til interne uønskede hendelser [2]. Veilederen beskriver risiko- og sårbarhetsanalyser, men går i liten grad inn på såkalt kvantitativ mikrobiell risikoanalyse og risikoanalyse knyttet opp mot begrepet kritiske kontrollpunkt. Dette vil bli behandlet i denne artikkelen.

Det helsebaserte målet for norsk vannforsyning er nedfelt i drikkevannsforskriften i form av krav til kvaliteten av drikkevannet. Vannforsyningssystemet skal ha to virksomme barrierer mot alle smittestoffer (og andre helsebetenkelige komponenter) og vurderingen av risiko for vannbåren infeksjon er basert på om disse barrierene er intakte og om vannet til forbrukeren inneholder fekale indikatororganismer eller ikke.

Det store problemet forbundet med analyser av mikroorganismer, enten det gjelder analyse av indikatororganismer eller patogene mikroorganismer, er at overvåkingen av vannkvalitet (stort sett) er reaktiv, dvs. at uønskede hendelser eller sammenbrudd i vannforsyningssystemet kan skje mange timer og noen ganger dager, før det blir oppdaget via analyseresultater. Dette har sammenheng med:

- at dagens analysemetoder er tidkrevende (minst en dag) og
- at overvåkingsstrategien tradisjonelt har vært basert på å overvåke innholdet av indikatormikroorganismer i rent vann ut fra renseanlegg eller på ledningsnettet.

Utviklingen går nå mot en mer meto- disk sikring av hele vannforsynings- systemet og hvor risikoanalyse er grunnlaget for denne sikringen [3].

Helsebaserte mål for vannforsyningen

Kriteriet for å vurdere vannforsyn- ingen i relasjon til helse og hygiene- aspektet er ”risiko for infeksjon”. To spørsmål som kan stilles er:

1. Hvilken risiko for infeksjon kan aksepteres?
2. Hvordan bestemmes risikoen for infeksjon som er knyttet til hele eller deler av et gitt vannfor- syningssystem?

I WHO's (2004) retningslinjer for drikkevann blir risiko beskrevet som antall personer som blir smittet i en befolkningsgruppe av en gitt størrelse, f.eks. 1 person per 10 000 årlig, eller 1 person per 100 000 årlig. Dette prin- sippet for å angi risiko er kjent fra f.eks. USA og Nederland, hvor det er foreslått at det høyeste risikonivå for gastrointestinal sykdom forårsaket av patogener i drikkevann skal være én infeksjon per 10 000 personer per år.

I Norge er det helsebaserte målet for vannforsyningen nedfelt i den norske drikkevannsforskriftens §12 hvor det står at når drikkevannet leveres til mottakeren, skal det være hygienisk betryggende, og det skal ikke inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre fare for helseskade i vanlig bruk. I tillegg kommer vannkvalitets- kravene mhp konsentrasjon av indi- katororganismer og fysisk/kjemiske stoffer.

Identifikasjon av uønskede hendelser

Identifikasjon av uønskede hendelser som kan føre til vannforurensing, starter med å lage en beskrivelse av det aktuelle vannforsyningssystemet (nedbørfelt, kilde, vannbehandlings- anlegg og distribusjonssystem), even- tuelt deler av det som anses for spesielt kritiske, f.eks. desinfeksjons- prosessen. Deretter foretas en gjen- nomgang for å identifisere alle punkt/ hendelser hvor risikofaktorer (for eksempel patogene mikroorganismer) kan tilføres vannet. Arbeidet med å få satt opp en liste over aktuelle punkt/ hendelser er som regel basert på mangeårig erfaringsgrunnlag hos ansatte ved de enkelte vannverk, og kan gjennomføres som et gruppe- arbeid hvor deltakerne er ansatte ved vannverket og eventuelt eksterne eksperter. For å vurdere effekten av ulike hendelser kan en også benytte ulike typer ”verktøy”, og noen av disse er omtalt av Ødegaard *et al.* [4].

Bestemmelse av risiko

Det er flere måter å bestemme risiko på etter at uønskede hendelser er identifisert. Det kan f.eks. gjøres kvalitativt ved at ansatte ved vann- verket, eventuelt sammen med andre først vurderer sannsynligheten for at en hendelse skal inntreffe, og deretter hvilken konsekvens det vil ha, inklu- sive hvor mange personer som blir berørt. Dette kan gjøres ved hjelp av en matrise hvor hendelsene/risiko- faktorene rangeres etter hvor sann- synlig det er at de vil forekomme (f.eks. sikkert, mulig, sjelden) og konsekvensene de har hvis de inn-

treffer (f.eks. ubetydelig, alvorlig, katastrofal). Hvert nivå kan også gis en tallverdi. En kan da beregne en såkalt risiko-score for den aktuelle hendelse. Scoren beregnes som produktet av tallverdiene for sannsynlighet og konsekvens. Når tallverdiene for risiko er angitt, kan en bestemme tallnivået for når umiddelbar aksjon skal skje. Tallangivelser og utregninger av risiko-score gjør ikke risikovurderingen mer presis enn om en bare benytter beskrivende betegnelser. Det viktigste er at den risikovurdering som gjøres kan brukes som grunnlag for å treffe beslutninger om tiltak.

For å bestemme risikoen for infeksjon som er knyttet til vannforsyningssystemet inklusive desinfeksjonstrinnet, kan en benytte epidemiologiske undersøkelser eller en såkalt kvantitativ mikrobiell risikoanalyse (Quantitative Microbial Risk Analysis - QMRA). QMRA er blitt lansert [3] som et potensielt redskap for å ta beslutninger angående tiltak i vannforsyningssystemet, relatert til å oppnå kvantitative, helsebaserte mål. I QMRA utføres det en systematisk kombinasjon av:

1. tilgjengelig informasjon om hva konsumentene eksponeres for av patogene mikroorganismer, og
2. dose-respons data, for å gi estimer av hvilken sykdomsforekomst dette vil resultere i i en befolkning som mottar vann fra et aktuelt vannforsyningssystem.

Resultatene kan benyttes for å ta beslutninger om konkrete forbedringer

som må gjøres i vannbehandlingen for å oppnå målet. Fordi QMRA-analyse hittil har vært lite benyttet innen norsk vannforsyning, blir QMRA nærmere omtalt i eget punkt. En mer utfyllende beskrivelse av QMRA er gjort av Ødegaard *et al.* [4].

Kvantitativ mikrobiell risikoanalyse

QMRA bygger på en dose-responsmodell som opprinnelig er utviklet for å bestemme risikoen for å få kreft ved forekomst av kreftfremkallende stoffer i for eksempel matvarer og vann.

Hensikten med å gjennomføre QMRA er å bestemme om det er nødvendig å oppgradere et system slik at det vil innfri de helsebaserte målsettinger som er gjort. Dersom risikoanalysen viser at vannforsyningssystemet ikke innfrir målsettingene, så bør en vurdere å gjøre investeringer, for eksempel i behandlingsanlegget.

Den kanskje største fordel med QMRA er at den kan synliggjøre den helserelaterte risikoen knyttet til den enkelte del av vannforsyningssystemet og dermed også vise hvor tiltak vil gi størst effekt.

QMRA inndeles i fire påfølgende trinn:

- **Risikofaktor-identifikasjon** omfatter en beskrivelse av hvilke helseeffekter den aktuelle risikofaktor har for mennesker (f.eks. risikofaktor = *Giardia lamblia* som kan føre til diaré oa)
- **Eksponering** omfatter en bestemmelse av størrelse og type

av befolkningsgruppen som blir eksponert, smitteveier, mengde og varighet av eksponeringen

- **Dose-respons-fastlegging** karakteriserer forholdet mellom dose og forekomst av helseeffekter, basert på både dyre- og menneskestudier
- **Risiko-karakterisering** integrerer informasjonen fra trinnene over for å kunne anslå størrelsen av det offentlige helseproblemet, og for å kunne evaluere variasjoner og usikkerheter i risikoen

Eksponeringen bestemmes av to faktorer:

- Konsentrasjonen av levende og infeksjose patogene mikroorganismer i drikkevannet på det punkt hvor vannet konsumeres. Denne konsentrasjonen er vanligvis lav.
- Mengden drikkevann som konsumeres, uten ytterligere behandling (dvs. koking).

Fordi konsentrasjonen av patogener i drikkevannet som regel er meget lav eller lik null, er det generelt vanskelig å bestemme innholdet direkte. I stedet kan konsentrasjonen i drikkevannet bestemmes indirekte ved å ta utgangspunkt i konsentrasjonen av patogener i råvannet og deretter beregne innholdet i drikkevannet basert på kunnskap om effektiviteten av behandling/desinfeksjon. En slik fremgangsmåte forutsetter registrering av patogen forekomst over tid, og at det av og til blir påvist patogene mikroorganismer i vannkilden. Foreløpig er mange

usikkerheter knyttet til det å skaffe gode inngangsdata for beregning vha QMRA. Resultatene må derfor benyttes med forsiktighet.

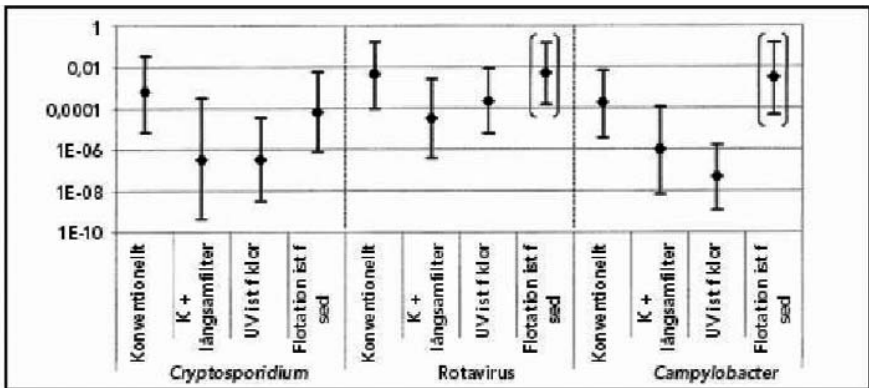
I Sverige er det utført en undersøkelse hvor en har benyttet QMRA for å kvantifisere effekten av å endre teknologiske hygieniske barrierer i vannforsyningen med vannverket i Gøteborg som eksempel [5]. Med utgangspunkt i overflatevann som råvannskilde og den eksisterende, konvensjonelle drikkevannsbehandlingen (kjemisk felling, sedimentering, aktiv kullfiltrering og kloring) har en beregnet infeksjonsrisikoen. Deretter er det gjort tilsvarende beregninger ved bruk av alternative (UV i stedet for kloring, flotasjon i stedet for sedimentering) og komplimenterende (langsomfiltrering) teknologiske barrierer.

En valgte ut tre patogener som barrierene skulle virke mot: *Cryptosporidium parvum*, rotavirus og *Campylobacter jejuni*. Disse ble valgt fordi de forekommer ofte i både svenske og utenlandske sykdomsstatistikker, og fordi de er identifisert som årsak til vannbårne sykdomsutbrudd. Resultatet av slike beregninger er helt avhengig av godheten av inngangsdataene, og fortsatt må en støtte seg på en begrenset og til dels usikker datamengde for aktuelle parametere. Når det er sagt, så viste disse beregningene at ved å legge til et langsomfilter i dagens prosessutforming, ble risikoen for infeksjon betydelig redusert, for alle de tre patogentypene (figur 1). Reduksjonen skyldes biofilmen som vokser i den øvre del av filteret. Den fører til at

porestørrelse i filteret reduseres og gir dessuten mulighet for såkalt beiting (protozoer i biofilmen ”spiser” bakterier og virus).

Beregningene viste også at de tre modellmikroorganismene i stor grad ble inaktivert ved bruk av UV som teknologisk hygienisk barriere i stedet for klor (figur 1). Med UV i stedet for klorering ble risikoen for infeksjon

ved konsumering av drikkevann som inneholdt *Cryptosporidium*, rotavirus eller *Campylobacter*, redusert med henholdsvis ca 3 log (til $< 10^{-6}$ infeksjoner pr. år, person; *Cryptosporidium*), ca 2 log (til ca 10^{-4} infeksjoner pr. år, person; rotavirus) og ca 3 log (til $< 10^{-7}$ infeksjoner pr. år, person; *Campylobacter*).



Figur 1. Beregnet årlig risiko for infeksjon per person av patogenene *Cryptosporidium parvum*, rotavirus og *Campylobacter jejuni* ved konsumering av drikkevann. Risiko ved eksisterende vannbehandling (Gøteborg) er sammenlignet med alternative eller komplimenterende prosesser. Figuren viser risiko medianverdier med 95% konfidensintervall. Verdier i parentes er usikre. K står for konvensjonell rensing. UVdose = 30-40 mWs/cm². Fra (Kärman et al., 2004)

I forbindelse med prosessen med å revidere WHO retningslinjene for drikkevannskvalitet, er det utgitt et dokument [6] som behandler risiko-vurdering knyttet til forekomst av *Cryptosporidium*. Dokumentet inneholder ”case studies” hvor QMRA er benyttet. I et av dem har Suez-Lyonnaise-des-Eaux, Frankrike, gjennomført QMRA relatert til forekomst av *Cryptosporidium* i råvann og type vannbehandling, for mer enn 1700

vannverk i Frankrike. Hensikten var å bestemme risiko relatert til det enkelte vannverk, for deretter å prioritere risikohåndtering, dvs hvor oppgradering burde skje. Risikovurderingen viste at det først og fremst var små vannverk (< 5000 personer) og vannverk med grunnvann som ble påvirket av overflatevann, som befant seg i høyrisikoområdet. Suez-Lyonnaise-des-Eaux har senere benyttet samme prosedyre for vannverk i andre land.

Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) – et redskap for å få kontroll med risiko og vannkvalitet

I de nye WHO retningslinjene for drikkevannskvalitet [3] legges det økt vekt på risikostyring for å nå helsebaserte mål i vannforsyningen. En HACCP-basert prosedyre kan være et redskap for å oppnå en slik styring. Sentralt i denne prosedyren er såkalte kritiske kontrollpunkt (Critical Control Point - CCP). En sensor for on-line måling av klorinnhold i vann etter tilsats av klor, samt et alarmsystem dersom klorinnholdet er for høyt eller lavt, kan være ett eksempel på CCP. Etter at det er gjort en risikovurdering av vannforsynings-systemet inklusive desinfeksjonsprosessen, bestemmes det hvilke CCP en skal ha for å kunne styre systemet slik at en unngår/minimaliserer uønskede hendelser.

HACCP kan oversettes til: Risiko-faktoranalyse og kritiske kontrollpunkt. Det er viktig i denne sammenhengen at det engelske "control" omfatter både det å kontrollere og det å styre, som er et nøkkelement i prinsippene for HACCP. HACCP handler altså ikke om å kontrollere vannkvaliteten, men om å styre kvaliteten. Formålet med HACCP er å sikre:

- vannets kvalitet
- sikkerheten for at vannets kvalitet tilfredsstiller de mål som er satt

HACCP handler om å tenke preventivt, om å sikre seg før ting går galt. I

matvareindustrien har det lenge vært vanlig å benytte HACCP-prosedyren for å kontrollere/håndtere uønskede forbindelser og den helsemessige risiko som er forbundet med deres nærvær. HACCP-konseptet er i dag internasjonalt anerkjent som et preventivt kvalitetssikringssystem innen næringsmiddelproduksjon og er omtalt i EU-direktiv (om Næringsmiddelhygiene 14. juni 1993 EØF/93/43). HACCP er kompatibelt med andre kvalitetssikringssystemer, som ISO 9000-seriene.

En HACCP prosess omfatter følgende punkt:

- Identifikasjon og prioritering av risikofaktorer/hendelser
- Identifikasjon av kontrolltiltak
- Sette kritiske grenseverdier for bruk ved kontroll
- Etablere overvåking
- Etablere korrigerende tiltak
- Etablere evaluering og verifisering
- Etablere dokumentasjonssystem

Alle de viktigste risikofaktorene/hendelsene i det aktuelle systemet skal styres ved hjelp av styrende tiltak, dvs. tiltak som fjerner, forebygger eller reduserer risikoen til et akseptabelt nivå. Styrende tiltak for mikrobiell forurensing i vannforsyningssystemet kan være relatert til kildebeskyttelse, tekniske installasjoner, vannbehandlingsprosesser og distribusjonssystemet. I flytskjemaet som beskriver vannforsyningssystemet, skal det avmerkes hvor det er satt i verk styringstiltak. Punktet hvor avmerkingen skjer, blir kalt styringspunktet (CCP).

Styringspunkter kan beskrives som de trinn i for eksempel vannbehandlingen, hvor det er satt i verk styrings tiltak. Et styringspunkt skal som et minimum ha følgende egenskaper:

- Grenser for operativ aksept kan defineres (for eksempel maks/min restklor-konsentrasjon)
- Disse grensene kan overvåkes, direkte eller indirekte
- En på forhånd planlagt korreksjon (reaksjon) kan utføres når det oppdages avvik under overvåking
- Korreksjonen vil beskytte vannsikkerheten ved at det umiddelbart gjenopprettes normale driftsforhold, samt at den på lengre sikt gir anledning til ytterligere styrende tiltak
- Prosessen med å påvise avvikelsen og gjennomføre korreksjon kan gjennomføres innenfor en tidshorisont som er tilstrekkelig til å opprettholde sikkert vann.

Det er bare styringstiltak som har disse egenskaper som kan avmerkes i flytskjemaet som styringspunkt. En overvåking av mikrobiell kvalitet hvor resultatene foreligger flere dager etter prøvetakingstidspunktet er derfor ikke et styringstiltak, fordi vannet allerede har nådd ut til konsumenten. Dette tiltaket vil ikke inngå i flytskjemaet som et styringspunkt.

Water Safety Plan

I de nye WHO retningslinjene for drikkevann [3] lanseres begrepet Water Safety Plan (WSP) som et metodisk redskap for å sikre at

vannforsyningen inklusive vannbehandlingen fungerer godt. En WSP er basert på prinsipper som inngår i HACCP-prosedyren. Hensikten med innføring av WSP er å opptre proaktivt, og i mindre grad måtte reagere i ettertid basert på overvåking av rentvannskvalitet.

I WHO retningslinjene er WSP et av tre hovedpunkter som danner basis for å sikre god vannforsyning:

1. Bestemme mål for hva slags vannkvalitet en ønsker, basert på at folkehelsen skal beskyttes og den helseeffekt målene forventes å føre til
2. Lage plan (WSP) for å sikre tilførsel av godt drikkevann. Denne skal omfatte:

- Vurdering av hele vannforsyningssystemet for å bestemme om en er i stand til å levere vann med den definerte kvalitet
 - Overvåking av de delene av systemet som er spesielt viktige for å sikre et helsemessig sikkert drikkevann (f.eks. desinfeksjonsprosessen)
 - Tiltak som skal gjennomføres både i normale og unormale situasjoner (drift/dokumentasjon/kommunikasjon)
3. Systematisk, uavhengig inspeksjon for å verifisere at innholdet i punktene over gjennomføres og fungerer tilfredsstillende (dette skal foretas av en uavhengig instans).

Dagens praksis mhp risikohåndtering ved europeiske vannverk

Vannverkene i Norge er pålagt å utarbeide internkontrollsystemer med sikte på å forebygge mot svikt i vannforsyningen og beredskapsplaner for å kunne håndtere uønskede hendelser. Noen større vannverk har innført bruk av ISO-standarder (f.eks 9001, 14000), som blant annet formaliserer hvordan en skal ta tak i uønskede hendelser, komme med forbedringsforslag og dokumentere hvordan dette er gjort, mens mange av de mindre vannverkene benytter andre internkontrollsystem for å sikre at lover og forskrifter oppfylles.

I 1999 ble vannverkene i Storbritannia pålagt å gjennomføre risikovurdering med bakgrunn i frykten for sykdomsutbrudd forårsaket av *Cryptosporidium*. Et kriterium som automatisk fører til klassifisering av et vannverk i ”betydelig risikogruppen”, er tidligere utbrudd av cryptosporidiosis i tilknytning til vannverket hvor årsaken er uopplært og ingen spesielle tiltak er gjort for å hindre nye utbrudd. Tilhører et vannverk denne gruppen, blir vannverket pålagt å gjennomføre kontinuerlig måling av *Cryptosporidium*. Dersom konsentrasjonen i behandlet vann overskrider 1 oocyste/10 L, fører dette til rettslig forfølgelse.

Vannverk kan utføre nye risikovurderinger, for eksempel dersom det har vært gjort nye tiltak i vannforsyningssystemet, for å slippe den kontinuerlige overvåkingen av *Cryptosporidium*.

I Skottland er det utviklet en

metode for risikovurdering som er basert på en omfattende liste over mulige faktorer som kan medføre tilførsel av *Cryptosporidium* til vann, og et tallkaraktersystem som brukes til å beregne risiko forbundet med nedbørfelt og vannbehandling. Jo høyere tallkarakter, jo høyere er risikoen. Tallkarakteren avgjør hvilken minimum prøvetakingsfrekvens mhp *Cryptosporidium* vannverket må gjennomføre for råvann og rentvann. Dette systemet inngår i et direktiv som Scottish Water [7] har kunngjort og som gjelder for alle skotske vannforsyninger.

Det er ikke gjort noen systematisk informasjonsinnhenting angående praksis ved europeiske vannverk, men flere europeiske vannverk (f.eks i Danmark, Frankrike, Island, Tyskland, Storbritannia, Sveits, Østerrike) har tatt i bruk HACCP. Sveits er muligens det eneste europeiske land med lovverk som pålegger vannverkene å bruke ”Critical Control Points” prinsippet i sin drikkevannsproduksjon.

Ingen av elementene i HACCP prosedyren er ukjente for norsk vannforsyning; de benyttes i større eller mindre grad allerede. Det som særpreger HACCP er den sterke fokus på styring. Brukt for vannforsyning så innebærer det at vannforsyningen skal være proaktiv heller enn reaktiv. Etter som det blir stadig flere europeiske vannverk som tar i bruk en HACCP basert prosedyre for å sikre sin vannforsyning under normale forhold, vil det bli opparbeidet en felles forståelse for risikovurdering og -håndtering basert på denne prosedyren. For

norske vannverk vil det kunne være fordelaktig å innføre en HACCP prosedyre fordi en da benytter samme begrepsapparat som et etter hvert antakelig økende antall vannverk internasjonalt og kan dra nytte av felles forståelsesgrunnlag og erfaringsmateriale.

Konklusjoner

QMRA kan benyttes for å kvantifisere den helsemessige risikoen som er knyttet til ulike deler av vannforsyningssystemet, inklusive desinfeksjonstrinnet. QMRA kan dermed brukes til å bestemme om det er nødvendig å oppgradere for eksempel desinfeksjonsprosessen, slik at kvantitative helsebaserte målsettinger blir innfridd.

Foreløpig er mange usikkerheter knyttet til det å skaffe gode inngangsdata for å gjennomføre beregninger ved hjelp av QMRA. Det bør igangsettes et arbeid for å evaluere bruk av QMRA som redskap i valg av alternative oppgraderinger av vannbehandlingsprosesser i Norge.

For norske vannverk vil det kunne være fordelaktig å innføre en HACCP-prosedyre for styring av risiko og vannkvalitet, slik det nå legges opp til i mange vannverk i andre land, fordi en kan dra nytte av felles forståelsesgrunnlag og erfaringsmateriale.

Vannverkene kan bidra til å avklare hvilke endringer i eksisterende rutiner for internkontroll som må gjøres for å kunne følge en HACCP-prosedyre for risikostyring og kontroll.

Referanser

[1] Ødegaard, H., Fiksdal, L. og Østerhus, S.W. (2006) Optimal desinfeksjonspraksis. NORVAR-rapport 147/2006, NORVAR

[2] Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen. Veileder. Mattilsynet (2006)

[3] WHO (2004) Guidelines for Drinking-water quality, 3. utg. Volume 1. Recommendations.

[4] Ødegaard, H., Fiksdal, L. og Østerhus, S.W. (2006) Optimal desinfeksjonspraksis. Tilleggsrapport som kan lastes ned fra NORSK VANNs (tidligere NORVARs) hjemmesider.

[5] Kärrman, E., Bergstedt, O., Westrell, T., Heinicke, G., Stenström, T.-A., Hedberg, T. (2004). Systemanalys av dricksvattenförsörjning med avseende på mikrobiologiska barriärer och miljöpåverkan. VA-Forsk rapport Nr. 2004-12. Kan lastes ned som pdf.fil via hjemmesiden til Svensk vatten: www.svensktvatten.se.

[6] WHO (2006) EHC *Cryptosporidium*. Draft 2. http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/micriskass/en/index.html

[7] Scottish Water (2003) The *Cryptosporidium* (Scottish water) Directions 2003.