



Det Norske  
Videnskaps-Akademi

The Norwegian Academy  
of Science and Letters

Symposium onsdag 14. oktober 2020:

## **Er drikkevannet i Norge godt nok?**

Sted: Det Norske Videnskaps-Akademi (DNVA), Drammensvn 78, Oslo

*Norge har god tilgang på drikkevann. Likevel skiller vannforsyningen i landet vårt seg fra andre europeiske land fordi størstedelen av drikkevannet kommer fra overflatevann. Dette gir drikkevann med lav pH og lave konsentrasjoner av metaller som kalsium og magnesium. Men stedegen geologi rundt drikkevannskilden kan gi høye verdier av tungmetaller. Lekkasje i ledningsnettene kan skape problemer med innsug av mikroorganismer. Gir disse forholdene grunn til bekymring for helsen vår?*

## **Hva er et helsemessig ideelt drikkevann?**

**Camilla Svendsen**, forsker Folkehelseinstituttet

Drikkevannet vårt inneholder en rekke kjemiske, fysiske og biologiske komponenter. Eksempler på kjemiske stoffer som kan finnes i drikkevann er ulike metaller, plantevernmidler, radioaktive stoffer, industrikjemikalier og desinfeksjonsbiprodukter. Fysiske komponenter er ulike partikler, som for eksempel humus, mikroplast og asbest. Stoffene kan være naturlig forekommende, stamme fra forurensning fra industri og bebyggelse, stamme fra vannbehandling eller materialer i kontakt med drikkevann. Mange av disse stoffene er uønskede i drikkevann og vil kunne være helseskadelige dersom de forekommer i høye nok nivåer. Noen av stoffene er ansett som gunstige i gitte nivåer, som for eksempel magnesium og kalsium.

Av biologiske komponenter så vil urensset vann i ulik grad inneholde virus, bakterier, alger, protozoer, sopp. Kilder til forurensning av patogene mikroorganismer er hovedsakelig fekal forurensning fra mennesker og dyr. Vannbehandlingen vil stort sett fjerne mikroorganismene, men patogene mikroorganismer kan forekomme i drikkevannet i tilfeller der vannbehandlingen er mangelfull, svikter eller det skjer en forurensning av drikkevannet på distribusjonsnettet.

Et helsemessig ideelt drikkevann er fritt for patogene mikroorganismer, inneholder ikke helseskadelige nivåer av kjemiske eller fysiske stoffer og inneholder passe mengder av gunstige stoffer. Avhengig av blant annet genetikk, helsetilstand, alder, eksponering via andre kilder (for eksempel via mat), kan et drikkevann være helsemessig ideelt for en person, mens det for en annen person hadde vært mer ideelt med en annen sammensetning/nivåer av stoffer.

## **Drikkevannskilder – og hvordan behandles og distribueres drikkevann i Norge?**

**Ingun Tryland**, rådgiver Norsk vann

Norge er et langstrakt land med svært mange vannforsyningssystemer og enkeltvannforsyninger (forsyner eget hushold). Drikkevannsforskriften pålegger vannverkseierne å registrere vannforsyningssystemene (de som leverer drikkevann til to eller flere abonnenter) hos Mattilsynet. Pr oktober 2019 var det registrert over 7400 vannforsyningssystemer. 88 % av befolkningen får drikkevann fra vannforsyningssystemer (totalt 1421) som forsyner minst 50 personer. Eiere av disse må årlig rapportere en rekke data til Mattilsynet, og Folkehelseinstituttet samler disse dataene i Vannverksregisteret. Rapport fra Vannverksregisteret (FHI, 2015) viser at blant vannverkene som forsynte minst 50 personer i 2011, så oppgav 57 % at de benytter overflatevann som drikkevannskilde og 42 % benytter grunnvann. Vannverkene som benytter grunnvann er for det meste små, og forsyner kun 10 % av befolkningen, mens «overflatevannverkene» forsyner 90 % av befolkningen. Over 80 % av de som forsynes med grunnvann, får vannet fra løsmassebrønner, som gjerne er godt beskyttet mot forurensning.

Et viktig prinsipp i norsk vannforsyning er å velge råvannskilder som er godt beskyttet mot forurensning og som har tilstrekkelig kapasitet. Eksisterende og planlagte drikkevannskilder skal beskyttes mot forurensning. Dette gir bedre sikkerhet enn å måtte fjerne eller uskadeliggjøre forurensningen når vannet behandles.

Vannbehandlingen skal tilpasses råvannets kvalitet, kildebeskyttelse og mulige forurensningskilder. Norsk overflatevann er fra naturens side ofte surt og kalkfattig og derved korrosivt mot de fleste ledningsmaterialer. Mange vannverk har derfor inkludert korrosjonskontroll (pH-justering, alkalisering, karbonatisering eller vannglassdosering) i vannbehandlingen for å bedre vannets bruksmessige egenskaper og forlenge ledningsnettets levetid. En annen hovedutfordring med overflatevann er innhold av naturlig organisk materiale (NOM)/humus. De siste tiårene har det vært en betydelig økning i NOM/farge i mange norske overflatevannkilder, og mange flere vannverk har måtte innføre rensetrinn for dette. Koagulering-filtrering er utbredt, men noen har også valgt membranfiltrering eller ozonering-biofiltrering. Anlegg for partikkelfjerning som driftes og overvåkes godt, bidrar til hygienisk sikkerhet i vannforsyningen. Partikkel-fjerningstrinnet fjerner i seg selv mikroorganismer, og vann med lite partikler og lav farge er godt egnet for sluttdesinfeksjon med UV og klor. De fleste vannforsyningssystemer benytter nå UV-bestråling som desinfeksjonsprosess. Noen benytter både UV og klor, og noen både ozon og UV. I Norsk Vanns benchmarkingssystem bedreVANN oppgir 76 av 77 kommuner at vannproduksjonsanleggene har tilstrekkelige hygieniske barrierer. Bare et mindretall av norske vannverk har i dag rensetrinn for å fjerne kjemisk forurensning.

Drikkevannet transporteres fra kilden til forbrukeren gjennom et system som omfatter inntaksanordning i vannkilden, overføringsledninger eller tunneler fra kilde via vannbehandlingsanlegg til fordelingsnett og stikkledninger i forbruksområdet. Pumpestasjoner, trykkreduksjonsinnretninger, høydebasseng, kummer og ventiler, er også sentrale komponenter i dette systemet. Utfordringene ligger i å utforme, drive og vedlikeholde systemet slik at vannforsyningen opprettholdes og at vannkvaliteten ikke forringes under transporten. Norsk Vann har gitt ut en rekke rapporter som skal bidra til å hjelpe kommunene med dette, inkludert å få ned lekkasjeprosenten og øke fornyelsestakten.

## **Helsemessige utfordringer ved det norske distribusjonsnett for drikkevann**

**Marianne Steinberg**, *seniorrådgiver Folkehelseinstituttet*

Gjennom et omfattende distribusjonsnett transporteres og leveres trygt drikkevann til innbyggere i Norge. Selv om vi har trygt og godt drikkevann, er det utfordringer på distribusjonsnett som vi må håndtere dersom vi skal sikre et helsemessig trygt drikkevann også i fremtiden.

Smittestoffer kan ved uheldige omstendigheter tilføres i distribusjonsnett. Årsakene til forurensing er varierte og avhengig av distribusjonsnettets komponenter, utforming og tilstand. Høydebasseng er en viktig komponent i distribusjonsnett, men disse kan være sårbare for forurensing, for eksempel gjennom innlekking av fekal forurensing fra fugler eller dyr. Stagnerende vann kan også gi grobunn for mikroorganismer.

En utfordring i det norske distribusjonsnett er det høye lekkasjeniv et. Innsug av forurensinger (avløpsvann eller grøftevann) på ledningsnett kan skje som følge av undertrykk i vannledningen kombinert med utette avløpsledninger og vannledninger, eller ved ledningsbrudd. Lekkasjeandelen er i Norge i gjennomsnitt rundt 30 prosent, men varierer fra 20 til over 50 prosent ved enkelte vannverk. Dette medfører økt fare for forurensning ved trykkløst nett. Det høye lekkasjeniv et på ledningsnett skyldes vedlikeholdsetterslep. Behovet for fornyelse av ledningsnett er stort og svært kostbart. Med mer kunnskap om ledningsnett og utvikling av nye metoder for inspeksjon og vurdering av tilstand på vannledninger vil man mer effektivt kunne erstatte de ledningene som har dårligst tilstand, og dermed redusere helseisiko.

Men for å håndtere de helsemessige utfordringene med distribusjonsnett, må vi ikke bare se på vedlikeholdsetterslepet - vi må også imøtekomme utfordringer knyttet til befolkningsvekst og klimaendring. Ekstreme nedbørshendelser som følge av klimaendringer kan føre til at avløpsvann kommer på avveie og forårsake brudd og innsug av forurensninger på drikkevannsledninger. Dette kan øke forekomsten av vannbårne infeksjoner.

Dersom det oppstår situasjoner hvor drikkevannet forurenses, er det viktig å ha rutiner for å hindre, eventuelt redusere, omfanget av smittespredning. Det meste effektive tiltaket ved mistanke om smitteutbrudd som skyldes drikkevann, er å gi innbyggerne råd om å koke vannet.

## Hvor ofte blir vi syke av mikroorganismer i drikkevannet i Norge?

**Vidar Lund**, seniorforsker Folkehelseinstituttet

Det enkle svaret er at vi ikke med sikkerhet vet hvor mange som blir syke av drikkevannet, verken i vårt land eller internasjonalt, på tross av at det har vært gjort mye forskning på området. Men vi vet at norsk drikkevannskvalitet levert fra store og mellomstore vannverk har blitt kraftig forbedret de siste årene. Spesielt har vannbehandlingen blitt utvidet, og pr i dag mottar ca 85 % av befolkningen UV-desinfisert drikkevann, som er en hygienisk barriere mot bakterier, parasitter og de aller fleste virus. På tross av denne utviklingen forekommer det fortsatt smitte via drikkevannet, hvorav 28 vannbårne utbrudd ble rapportert i perioden 2003-2012, med minimum ett utbrudd pr år, med unntak av 2010. De fleste utbruddene var små, ofte i private vannforsyninger, men dersom noe går galt ved store vannverk, blir konsekvensene store (jfr. Giardia-utbruddet i Bergen i 2004 med over 5000 smittede, Campylobacter-utbruddene i Røros i 2007 med ca. 1500 syke og i Askøy i 2019 med minst 2000 syke). Hovedårsaken til de registrerte utbruddene av vannbåren smitte, er forurensning av vannkilden kombinert med utilfredsstillende/manglende desinfeksjon. De store vannbårne utbruddene har vi god statistikk på, og disse meldes inn via Vesuv (vår utbruddsdatabase), mens de små og sporadiske sykdomstilfellene går ofte «under radaren». Meldesystemet for infeksjonssykdommer (MSIS) omfatter stort sett de viktigste bakterie- og parasittsykdommene, men få virussykdommer som smitter via vann, og kun i enkelte tilfeller er sannsynlig smittevei beskrevet. På grunn av at det kun er de som konsulterer lege og blir prøvetatt med positivt resultat som blir meldt til MSIS, vil det som meldes inn, kun være «toppen av isfjellet» (ca. 6000 syketilfeller pr år meldt MSIS utav antatt 4-5 millioner tilfeller av akutte mage-tarminfeksjoner).

I tillegg til den informasjonen som fremkommer via offisiell statistikk og utbruddsetterforskning, er det utført flere studier for å få fram sikrere tall for det reelle antall som blir syke av vannbåren smitte. I en retrospektiv kohortundersøkelse støttet av NORVAR (nå Norsk Vann), i perioden 2003-2004, studerte man sammenhengen mellom arbeid på ledningsnett og påvirkning på sykkelighet. Ved å intervjuet et utvalg av eksponerte (mottok vann via de rørene som ble reparert) og ikke eksponerte personer (bodde utenfor det berørte området), ble det konkludert at dersom 20 % av den norske befolkningen ble utsatt for en episode med trykkløst vannledningsnett (pga brudd/arbeid), med en absolutt risikoforskjell mellom eksponerte og ikke-eksponerte på 3,6 %, ville det medført omtrent 33 000 sykdomstilfeller. Det foreligger imidlertid ingen god statistikk over hvor hyppig slike trykkløse episoder forekommer, og hvor det samtidig forekommer innsug av forurenset vann. I en svensk studie gjennomført i 2012-2013, utført i Ale kommune, basert på selvrappert mage-tarm sykdom, ble det konkludert med at de som rapporterte at de drakk mest vann, hadde størst sannsynlighet for å få alvorlig mage-tarm infeksjon. Dersom tallene for Ale-studien ble lagt til grunn for hele Sverige, tilsvarte det 175 000 sykdomstilfeller av mage-tarminfeksjon som sannsynligvis skyldtes drikkevannet, eller 6 % av totalt antall mage-tarminfeksjoner. De fant en årlig insidens på 0,024, noe som tilsvarer at svenskene gjennomsnittlig skulle bli syke av drikkevannet en gang hvert 40. år! Læringspunkter vi kan ta med oss, er at større vannbårne sykdomsutbrudd forekommer sjelden og kommer uventet og at det er vanskelig å skaffe gode data for sporadisk vannbåren sykdom. Totalt sett antas risikoen for å bli syke av drikkevannet i Norge som svært lav, men vi trenger bedre epidemiologiske data for å bekrefte dette.

## Cyanobakterier og deres giftstoffer på frammarsj?

**Ingunn Samdal**, seniorforsker Veterinærinstituttet

Cyanobakterier, også kalt blågrønnalger regnes å være de eldste organismene på jorda. De bidro til å skape jordas oksygenatmosfære, og er et av de største reservoarene vi har for karbon. De finnes over hele jorda, i isen på Antarktis, i Sahara, i varme kilder, i jordkorpa og i innsjøer og elver rundt omkring over hele verden. Cyanobakterier kan forekomme i kraftige oppblomstringer, særlig i næringsrike innsjøer. Norge bruker tradisjonelt mye overflatevann til drikkevann. Oppblomstringer av cyanobakterier i drikkevannskilder medfører utfordringer for forvaltning av slike vannkilder.

Cyanobakterier kan produsere en rekke såkalte metabolitter, som bioaktive peptider og alkaloider, hvorav flere ulike giftstoffer (cyanotoksiner), men også organiske forbindelser som kan forårsake dårlig lukt og smak (geosmin). Giftstoffene fra cyanobakterier kan påvirke nervesystemet og leveren hos dyr og mennesker, og kan i verste tilfelle føre til død.

Blant cyanotoksinene finner vi sykliske peptider som microcystiner og nodulariner, og alkaloider som saxitoksiner, anatoksiner, cylindrospermopsiner, aplysiatoksiner og lyngbyatoksiner. I tillegg har aminosyren *beta*-methylamino-L-alanine (BMAA) de senere år fått stort fokus pga. mistanke om en sammenheng med Alzheimer, Parkinson og ALS til tross for at bevisene er svært omdiskuterte. WHO har satt «provisoriske» grenseverdier for enkelte av stoffene, og en ny håndbok med flere grenseverdier ventes i 2020/21.

Oppblomstringer av cyanobakterier i Norge er ikke et nytt fenomen. På 50-60-70-80-tallet opplevde flere norske innsjøer store oppblomstringer av cyanobakterier. Viktige årsaker til det var stor næringstilgang fra kloakk, utslipp fra industri og avrenning fra jordbruk som havnet urensset i elver og innsjøer. Disse oppblomstringene førte til redusert vannkvalitet og risiko for tilstedeværelse av cyanotoksiner.

På 60-70-80-tallet fikk man stort sett på plass rensing av kloakk og begrenset utslipp fra industri, samt at det ble innført en rekke tiltak i landbruket som utsettelse av pløying til våren. Disse grepene har bidratt til å begrense næringstilgangen i vassdrag og innsjøer. Og med begrenset næringstilgang ble de store oppblomstringene noe sjeldnere. Enkelte norske innsjøer har likevel fortsatt jevnlig/årlige oppblomstringer, andre mer sporadiske som oppblomstringen i Mjøsa i 2019.

Det er vanskelig å forutsi hva som vil skje fremover, men det forventes at klimaendringer vil gi mer nedbør, som igjen kan føre til flommer og økt avrenning, som igjen vil gi økt tilførsel av næringssalter til drikkevannskilder. Samtidig er det antatt at klimaendringer medfører høyere temperaturer, som vil øke sannsynligheten for slike oppblomstringer, fordi veksthastigheten øker med vanntemperaturen og fordi periodene med varme forlenges. Sentralisering av bebyggelse i byer gjør også at flere mennesker blir avhengig av få vannkilder og det gjør samfunn mer sårbare for slike oppblomstringer.

Oppgjennom årene har mange undersøkelser av norske vannkilder blitt foretatt, prøver har blitt tatt og analysert, og basert på dette har en rekke rapporter blitt skrevet. Likevel mangler en samlet kunnskapsoppsummering på cyanobakterier og cyanotoksiner i norsk sammenheng og særlig mangler en oversikt over disse i drikkevann. I starten av 2020 bestilte Mattilsynet en slik kunnskapsoppsummering om cyanobakterier og cyanotoksiner i drikkevann fra Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM). Mattilsynet ba samtidig om en veileder med retningslinjer for praktisk håndtering ved slike oppblomstringer i norske drikkevannskilder i fremtiden. Denne vurderingen forventes ferdigstilt våren 2021.

## **Biologiska analyser för att upptäcka hälsofarliga kemiska ämnen i vatten**

**Agneta Oskarsson**, *professor emerita Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, Sverige*

Kemiska föroreningar i miljön är ett ökande problem och ställer stora krav på rening särskilt då ytvatten används som källa för dricksvatten. Hälsofarliga kemiska ämnen i dricksvatten kan vara syntetiska och naturligt förekommande ämnen från råvattnet, liksom toxiska desinfektionsbiprodukter, som kan bildas vid klorering i vattenreningen. En viktig fråga är vilka ämnen av alla tiotusentals förekommande, som ska övervakas i dricksvatten. I dricksvattenkontrollen m ts ämnen som har gränsvärden, vilket är metaller, bekämpningsmedel och en handfull organiska föroreningar, men för det stora flertalet organiska ämnen som kan förorena vatten, finns mycket lite kunskap om förekomst och potentiella skadliga effekter.

För att komma tillrätta med problemet har på senare tid utvecklats effekt-baserade metoder, där man istället för halter, m ter biologiska effekter i odlade (ofta humana) celler av hela den komplexa blandningen av ämnen i koncentrerade vattenprover, den så kallade cocktail-effekten. De biologiska analyserna m ter olika nivåer av cell-påverkan, till exempel effekter på hormonreceptorer, metaboliserande aktivitet, oxidativ stress, genotoxisk aktivitet och cytotoxicitet. Bioanalyser ger ett mått på den totala effekten av alla ingående ämnen, inklusive okända kemiska ämnen. Det har visats att så mycket som 95-99 % av vissa toxiska effekter kommer från okända ämnen, som inte identifierats i de kemiska analyserna.

Vi har använt effekt-baserade metoder för att kartlägga biologiska/toxiska aktiviteter i råvattnet, efter olika reningssteg och i utgående vatten från dricksvattenverk. Resultaten har bland annat visat flera biologiska effekter i ingående vatten (metaboliserande och östrogen aktivitet och oxidativ stress). I vissa fall, men inte alltid, minskade de biologiska effekterna efter granulerat aktivt kol (GAK), efter nanofiltrering och ute i distributionsnätet. Vi har även upptäckt en ökad biologisk aktivitet (oxidativ stress och antiandrogen aktivitet) efter artificiell infiltration, som inte påvisades i råvattnet.

EU:s dricksvattendirektiv från 1998 har reviderats och kommer att antas i oktober 2020. En nyhet  r införandet av en riskbaserad strategi för att identifiera lokala riskfaktorer och hälsofarliga föroreningar. Metoden ska tillämpas i tre steg: på råvattnet, på distributions- och beredningsanläggningar och på fastighetsinstallationer. De effektbaserade analysmetoderna har lyfts fram i forskningsrapporter som värdefulla verktyg för den riskbaserade strategin.

**Sammanfattningsvis:** De biologiska analyserna ger viktig information om förekomst av hälsofarliga kemikalier i dricksvatten, liksom effekten av olika reningstekniker, och  r värdefulla verktyg för övervakning av dricksvattenkvalitet.

## **Fluorerte og andre persistente, mobile og toksiske miljögifter i drikkevannet**

**Hans Peter Arp**, *professor Norges geotekniske institutt og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*

My parents-in-law have toxic substances in their tap water. I know because I sampled tap water from my parents-in-law's house for an international drinking water survey for PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances). My parents-in-law's drinking water was not unique. All Oslo drinking water contains PFAS, and so does drinking water from every city the study looked at, from Paris, to Burkino Faso, to Tokyo, to Santiago de Chile, to Chicago. The source of Oslo tap water is a pristine lake, Maridalsvannet, with no industry around it. Yet it contains PFAS. The concentrations in my parents-in-law's tap water, however, is safe, even according to the new strict guidelines by the European Food and Safety Authority (EFSA) of 4.4 nanograms per kilogram of body weight per week of four frequent PFAS (referred to as PFHxS, PFOS, PFOA, PFNA). In Oslo, an average adult would have to drink 54 L of water per day to come to this amount. However, in many areas, PFAS levels have made the water undrinkable, such in some areas in the United States where concentrations exceed the recent limits set by the United States Environmental Protection Agency of 70 ng/L (for two frequent PFAS, PFOS and PFOA).

PFAS are often referred to as "forever chemicals" because they persist in the environment either in their original form or as a stable transformation product. There is a large concern that unless emission cease, there will be continuous accumulation in the global drinking water supply and water supply. In addition, because there is as much as 5000 different PFAS molecules registered by industry, and only few are monitored for, several undetected PFAS may be in our drinking water. Even if emissions of PFAS were to stop tomorrow, there are several reservoirs of PFAS in ground water, sediments, landfills, and stockpiles that will continue to emit PFAS for up to centuries if not remediated.

Norwegian and European regulators are today in the process of bold new action to contain this problem, including one proposal to ban all PFAS by 2030. Another bold initiative which is now being discussed as part of the EU Green Deal is to include Persistent, Mobile and Toxic Substance (PMT) under the EU Chemical legislation REACH (Regulation (EC) No 1907/2006). PFAS in drinking water are just one subclass of PMT. There are several other substances, such as chlorinated solvents, triazines (e.g atrazine), and galvanizing agents found in car tires that are appearing ubiquitously in drinking water, just like PFAS.

Recently I have been involved in assisting the German regulatory authorities to introduce PMT criteria. As part of this work we defined what this criteria should be, and it is this criteria that is being discussed now in the European Green Deal for inclusion in REACH. This PMT initiative has received wide spread support both within European regulators, drinking water producers (e.g. EurEau) and chemical safety organizations (e.g. ChemSec). On an international level, there is now also increasing interest to introduce a strategy for PMT substances in other countries, like China, and even potentially as part of the United Nations Global Harmonized System, to protect the world's drinking water sources going forward.



## Plantevernmidler i drikkevann i jordbruksområder

**Ole Martin Eklo**, *professor II Norges miljø- og biovitenskapelige universitet*; **Roger Roseth**, *seniorforsker Norsk institutt for bioøkonomi*

I Norge er det ikke noe systematisk overvåking av plantevernmidler i drikkevann som distribueres til forbruker i Norge. Ifølge vannforskriften er det bare nødvendig å analysere for plantevernmidler som med en viss sannsynlighet kan være til stede i det aktuelle vannforsyningssystemet. 10 % av drikkevannet kommer fra grunnvannskilder, mens 90 % er fra overflatevann. Sørover i Europa benyttes grunnvann i mye større omfang enn i Norge. Drikkevannsforskriftens grenseverdi for plantevernmidler er – enkeltvis 0,10  $\mu\text{g/L}$ , og for summen av plantevernmidler – 0,50  $\mu\text{g/L}$ .

Undersøkelse av plantevernmidler i drikkevann startet i 1987 av Statens plantevern og har siden hatt sporadiske prosjekt/unders kelsener av drikkevann fra grunnvanns- og overflatevannkilder. I perioden 1997-2000 ble det tatt prøver fra 50 grunnvanns- og 38 overflatevannkilder, et samarbeid mellom Folkehelseinstituttet og Bioforsk. Av plantevernmidler som ble påvist i disse undersøkelsene var det bentazon, MCPA, diklorprop, mekoprop, atrazin, tiabendazol og glyfosat. To prøver av overflatevann var over grenseverdien, mens en grunnvannsprøve var over grenseverdien. Folkehelseinstituttet samlet inn analysedata fra vannverk i perioden 2011-2013 fra 40 vannverk. To midler ble påvist; bentazon og fludioksinil og ingen hadde overskridelse.

Det har vært mer omfattende unders kelsener fra grunnvann som brukes lokalt til drikkevann/vanningsvann. I periodene 1999-2000 og 2015-2016 ble drikkevannet prøvetatt hos ti husstander i Grue. Prosjektene var et samarbeid mellom Grue kommune, bønder i området og Planteforsk, senere NIBIO. Midler som ble påvist var BAM, bentazon, metribuzin, metalaksyl, MCPA, 2,4-D, propaklor, ETU og nedbrytningsprodukter av lavdosemidler med flere funn over grensen for drikkevann. I regi av NIBIO ble det i løpet 2007-2009 analysert 186 grunnvannsprøver fra 30 brønner i Sør-Norge. Det ble påvist plantevernmidler i 47 % av prøvene. I 8 % av prøvene var det overskridelse av grenseverdien for drikkevann. Til sammen ble det påvist 21 ulike plantevernmidler og metabolitter. Undersøkelsene ble videreført i perioden 2010 – 2012 hvor ble det analysert 199 grunnvannsprøver fra 28 brønner. Det ble påvist plantevernmidler i 45 % av prøvene. 12 % oversteg grenseverdien for drikkevann. I perioden 2015-2018 var det 6 overvåkingsfelt av grunnvann i henholdsvis Våler, Larvik, Klepp, L rdal, Sunndalen og Overhalla. Propikonazol, metalaksyl og nedbrytningsprodukter av metribuzin og sulfonyurea ble påvist over grenseverdien i flere brønner.

Vann fra elver og bekker som analyseres i JOVA-programmet (program for jord- og vannovervåking i landbruket) er ikke en del av vannforsyningen, men det gir en indikasjon på generell miljøbelastning. JOVA-programmet, som har pågått siden 1992, gir oversikt over bruk og avrenning av plantevernmidler i utvalgte jordbruksområder og drives i dag i områder i Grimstad, R de, Nes,  s, Levanger og Jæren. På de tre første områdene har det vært påvist mellom 15 og 20 plantevernmidler i løpet av vekstsesongen. Ugrasmidler har vært dominerende.

Rapporter fra våre naboland viser at Sverige har påvist plantevernmidler over grensen i 20 % av prøvene fra drikkevann. Atrazin, BAM og bentazon er gjengangere. I Finland ble det påvist plantevernmidler i 50 % av prøvene fra grunnvannslokalteter i perioden 2007-2015. En undersøkelse rapportert av Teknisk Ukeblad i Danmark utført av GEUS viste at 63 % av 549 prøver inneholdt plantevernmidler og 26 % overskred grenseverdien. Dette har resultert i at flere store vannverk har måttet stenge ned deler av drikkevannsproduksjonen.

Konklusjon: Funnene i Norge er ved flere anledninger vurdert av Folkehelseinstituttet som har uttalt at «det ikke er grunn til å forvente at inntak av plantevernmidler i de konsentrasjoner som er funnet i grunnvann og drikkevann vil kunne gi helseskade». Imidlertid er funn i overflatevann i JOVA-programmet vurdert til: «kan ha negative effekter i vannmiljø».

## For mye eller for lite metaller i drikkevannet?

**Geir Aamodt**, *professor Norges miljø- og biovitenskapelige universitet*

Helseeffekter av ulike konsentrasjoner av metaller i drikkevann har vært undersøkt i lang tid. For noen metaller som magnesium, kalsium og litium har problemstillingen vært om konsentrasjonene er for lave, mens for tungmetaller som arsen, kadmium og bly er problemstillingen om konsentrasjonene er for høye. Jeg vil gi noen eksempler fra denne faglige diskusjonen.

Det er mange usikkerhetskilder og feilkilder i forskningen om drikkevannskvalitet og human helse. For det første må vi kjenne til konsentrasjonen av stoffene i det vannet studiedeltakerne faktisk drikker, og vi må anslå mengden vann hver av deltakerne i studiene konsumerer. Studiedesign varierer også. Mange originalstudier er basert på områdestudier eller tverrsnittstudier med redusert mulighet til å skille årsak fra virkning, mens gode populasjonsbaserte kohort-studier ofte er en mangelvare.

På 50-tallet viste resultater fra områdestudier sammenhenger mellom hardhet (magnesium og kalsium) i drikkevann og utvikling av hjerte- og karsykdom. Mange studier har undersøkt denne sammenhengen fram til i dag. En WHO-ekspertgruppe konkluderte i 2010 med at magnesium beskytter mot noen typer av hjerte- og karsykdom, men de har ikke kunnet påstå at det er en kausal sammenheng. En kinesisk kunnskapsoppsummering fra 2017 konkluderte som WHO-rapporten. Enkeltstudier har også vist at magnesium kan ha en beskyttende effekt for diabetes type 2 og hoftebrudd. I Norge har vi generelt lave konsentrasjoner av magnesium og langt lavere enn 10 mg/L WHO setter som en lav grense.

Enkelte land har svært høye konsentrasjoner av arsen i drikkevannet sitt (Chile, Bangladesh, Mexico, Kina). Vi vet at høye konsentrasjoner (> 150 µg/L) er skadelig og knyttet til utvikling av kreftsykdommer, men det er knyttet usikkerhet til hvilken effekt verdier under denne grensen har på human helse. I en italiensk-amerikansk kunnskapsoppsummering, fant forskerne ingen økning i risiko for kreft i lunge og blære for lavere verdier enn 150 µg/L. Konsentrasjon av arsen i norsk drikkevann er lav.

Litium i drikkevannet har - parallelt med klinisk erfaring – vist seg å være assosiert med selvmord (beskyttende). Dette resultatet er i hovedsak basert på områdestudier. Bare én kohortstudie er gjennomført, men den viste ingen signifikant sammenheng, men variasjonen i konsentrasjon av litium i denne studien var lav. Konsentrasjonen av litium i norske drikkevann er også lav.

Fluor tilsettes drikkevann for å redusere karies ved å øke konsentrasjon til minst 0,7 mg/L. Det er knyttet bekymring til fluorberiking fordi studier har vist at barna til kvinner som får fluorberiket drikkevann under graviditet, skårer lavere på kognitive tester enn tilsvarende barn der mor ikke fikk fluorberiket drikkevann. Flere har også undersøkt fluor og sjansen for hoftebrudd, men metastudier har ikke gitt støtte til en slik antatt sammenheng. Det er stor variasjon i konsentrasjon av fluor i norsk drikkevann.

Disse få eksemplene viser at flere forskningsspørsmål ikke er godt nok undersøkt. Vi trenger gode populasjons-baserte oppfølgende undersøkelser. Nye problemstillinger har dukket opp som en mulig beskyttende sammenheng mellom litium i drikkevann og utvikling av demens.

## **Radioaktive stoffer i overflatevann og grunnvann – hvilke effekter kan det ha, og hva vet vi om risikoen?**

**Anne Liv Rudjord**, *seksjonsleder Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet*

Radioaktive stoffer finnes overalt i miljøet, også i overflatevann og grunnvann. Overflatevann antas å være mest utsatt ved ulykker med radioaktivt nedfall eller utslipp, mens grunnvann inneholder radionuklider fra nedbrytningskjedene av naturlig uran og thorium, spesielt radon. Når vi drikker vann, kan de ulike radioaktive stoffene i vannet tas opp og transporteres til forskjellige organer, avhengig av kjemiske og fysiske egenskaper. Når radioaktive stoffer brytes ned, gir de fra seg ioniserende stråling og fører dermed til DNA-skader. Ioniserende stråling er klassifisert av IARC som kreftfremkallende (klasse 1), og risikoen for å få kreft antas å øke proporsjonalt med stråledosen.

I Norge har vi erfaring med radioaktivt nedfall fra både prøvesprengninger på 1950-60 tallet og fra Tsjernobylulykken. Overflatevann ble naturligvis berørt, men sannsynligvis førte ikke dette til vesentlig eksponering ved bruk som drikkevann. De som brukte systerne-vann ble imidlertid tidlig anbefalt å tømme ut vann som ble samlet i nedfallsperioden på grunn av innholdet av radioaktive stoffer i regnvannet.

Grunnvannet inneholder naturlig forekommende radionuklider i svært varierende nivåer avhengig av bl.a. konsentrasjonen av radioaktive stoffer i bergartene, kjemiske og fysiske egenskaper i både bergart og vannforekomst, samt hydrologiske forhold.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) og DSA gjennomførte en kartlegging av radon-222 på 1990-tallet, som ga et innblikk i eksponeringen for radon i drikkevann, hovedsakelig for personer med private brønner i fjell. Gjennomsnittsnivået i private borebrønner var 400 Bq/l, men en maks målt verdi på 32 000 Bq/l. DSA utfører også radonmålinger i vann på bestilling fra vannverk og privatpersoner. De tilgjengelige dataene viser at private brønner og vannkilder i fjell er mest utsatt for høyt innhold av radon, men nivåer over den nasjonale grenseverdien på 100 Bq/l kan forekomme i alle typer grunnvannskilder.

Radon i husholdningsvann vil tilføres inneluften ved bruk av f.eks. vaskemaskiner og dusj, og slik bidra til eksponering også via inhalasjon av radon datterprodukter. Denne eksponeringsveien gir større stråledose enn fra direkte inntak som drikkevann.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) publiserte i 2017 en risikovurdering av radioaktivitet i næringsmidler. Her ble personer med drikkevann med høyt innhold av radon identifisert som en av to grupper med moderat risiko (10–100 per 100 000) for å utvikle kreft, med en estimert effektiv dose på 2,8 mSv/år. Dette er over IAEAs referansenivå på 1 mSv fra drikkevann, hvor det anses urimelig å planlegge for at eksponering skal fortsette.

Det er ikke gjennomført undersøkelser av andre naturlig radioaktive stoffer enn radon i norsk drikkevann. Kartlegginger fra Sverige og Finland, som har lignende geologi, har vist at andre stoffer også kan bidra til stråledosen fra drikkevann.

Enkelte epidemiologiske undersøkelser er utført i andre land for å se på sammenhengen mellom radioaktive stoffer og ulike typer kreft eller andre tilstander. Funnene er delte. Gjennomgående med mange av studiene har vært problemer med å vurdere den faktiske eksponeringen over tid, hensyn til andre risikofaktorer og begrenset antall deltakere. En av oppgavene i EU-prosjektet RadoNorm som nylig er startet opp, er å gjennomføre en ny, omfattende undersøkelse av naturlig radioaktivitet i drikkevann i Norge. Denne skal, sammen med data fra flere andre land, danne grunnlag for en ny og større epidemiologisk studie.

## **Hvordan kan vi få i stand bærekraftige systemer for vann i Norge og internasjonalt?**

**Petter D. Jenssen**, *professor Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)*;  
**Arve Heistad**, *professor NMBU*; **Georg Finsrud**, *CTO Scandinavian Water Technology AS*

Norge har mye nedbør og lav befolkningstetthet og er i en heldig situasjon sammenlignet med vannforsynings situasjonen internasjonalt. Vannkvaliteten i norske råvannskilder er generelt god og de fleste vannverk har etterhvert fått tilfredsstillende renseanlegg. De største utfordringene for norsk vannforsyning er dårlig distribusjonsnett og trusler som klimaendringer og kriser kan forårsake. Dårlige rørsystemer fører til store lekkasjer og til muligheter for at vannkvaliteten forringes fra renseanlegg til forbruker. Dagens systemer er ikke optimale ut fra økonomisk og helsemessig bærekraft. Det må gjøres et krafttak når det gjelder oppgradering av ledningsnett.

Grunnvannspotesialet i Norge er ikke fullt utnyttet. Grunnvann er spesielt interessant i forbindelse med nød- og reservevann. En grunnvannskilde er ofte godt beskyttet mot forurensning. Horten kommune viser hvordan lokale grunnvannsbrønner kan utnyttes til reservevannforsyning. I tillegg kan bærekraften og sikkerheten i norsk vannforsyning økes ved å satse på vannsparende teknologier og avløpsløsninger som ikke blander toalettavløp inn i vannkretsl pet.

Internasjonalt er vann en svært knapp ressurs. En bærekraftig utvikling er mulig og kan påvirkes av ulike tiltak. Landbruket står for ca. 70 % av ferskvannsforbruket globalt, mens industri og kommunal sektor bruker henholdsvis 20 % og 10 %. Midtvesten i USA er ett eksempel der det brukes mer grunnvann enn det fornyes. Dette truer både landbruk og fremtidig bosetting. Rundt Aralsj en forbrukes vann fra tilførselselvene til vanning slik at sjøen tørker ut. Dyrking av vekster som krever mye vann, som bomull, bør fases ut i tørkeutsatte områder. Uvettig land- og skogbrukspraksis fører til erosjon og tap av matjord i stor skala. Dette er negativt for klimautviklingen fordi det skaper mer tørke samtidig som store karbonreserver tapes. Vi har kunnskap nok til å endre utviklingen innen jord- og skogbruk, men det haster.

Det s rlige Afrika opplever ekstrem tørke.   lete etter nye vannressurser er fåfengt. Løsningen for Sør-Afrika, og områder med tilsvarende problemer, er å bruke mindre vann samt å gjenbruke vann. Her går Durban foran og har klart å gi slumområder vann samtidig som det totale vannforbruket er redusert. Stikkord er gjenbruk og desentrale systemer. EU-prosjektet SiEUGreen som ledes av NMBU, viser hvordan det er mulig å redusere dagens vannforbruk med 90 % uten å redusere komfort. For byer som Singapore, som har minimal tilgang på vann, kan bruk av ny teknologi gjøre det mulig å klare seg bare med høsting av regnvann.

Vann er viktig i alle de 17 utviklingsmålene FN har, men fortsatt slippes n r 80 % av verdens avløpsvann ut urensset. Fordi vi på denne måten blander være fekalier inn i vannkretsl pet d r mer enn 3 millioner mennesker av gastrointestinale sykdommer hvert år. Ved å ikke blande være ekskrementer, toalettavl pet, inn i vannkretsl pet oppnås mindre forurensning av vannkilder og helsemessige gevinster. I SiEUGreen demonstreres teknologi der toalettavl pet separeres fra resten av avløpet. Organisk materiale omdannes til biogass og næringsstoffene resirkuleres til planteproduksjon. Gr vannet renses og resirkuleres. Vannforbruk samt utslipp til vann og luft minimaliseres. Denne typen teknologi, som NMBU lenge har kalt kretsl psteknologi, er nå blitt sentral i sirkulærøkonomien.