



Hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virusmitta trots förändrat klimat.

Bergstedt, Oluf; Blom, Lena; Friberg, Joanna; Furuberg, Kjetil; Gjerstad, Karl Olav; Grönvall, Pontus; Håkonsen, Tor; Kjellberg, Inger; Lindgren, Per-Eric; L. Kvitsand, Hanne

Total number of authors:
22

Publication date:
2013

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Bergstedt, O., Blom, L., Friberg, J., Furuberg, K., Gjerstad, K. O., Grönvall, P., Håkonsen, T., Kjellberg, I., Lindgren, P.-E., L. Kvitsand, H., Malmroth, S., Morrison, G., Myrmel, M., Nyström, F., Ottoson, J., Petterson, S., Pettersson, T., Rosado, R., Sal, L. S., ... Sokolova, E. (2013). *Hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virusmitta trots förändrat klimat*. VISK.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

An underwater scene with green seaweed and several red, spiky virus particles floating in the water. In the bottom left corner, there is a glass of water. The background is a deep blue-green color.

HANDBOK

Hur man arbetar för att minska
samhällets sårbarhet för vattenburen
virusmitta trots förändrat klimat

Förord

Virus är den vanligaste orsaken till vattenburna sjukdomsutbrott i världen, någonting som drabbar många miljarder människor varje år. Genom VISK – Virus i vatten Skandinavisk Kunskapsbank – har ett samarbete skett mellan Danmark, Norge och Sverige för att undersöka hur man kan uppnå en säker dricksvattenförsörjning trots ett förändrat klimat. Inom VISK har 18 organisationer från de tre länderna samarbetat och projektet är delfinansierat av EU-programmet Interreg IV A. Projektets huvudmål är att minska samhällets sårbarhet mot vattenburen virusmitta.

VISK vill med denna handbok ge information och vägledning till hur dricksvattensystem bör utformas och dimensioneras, för att vara förberedda på de konsekvenser ett förändrat klimat kan ge. Målgruppen är den tekniska sektorn inom kommuner och driftpersonal vid vattenverk, chefer och administrativ personal samt beslutsfattare och politiker i kommunerna som önskar ett kunskapsbaserat beslutsunderlag.

Ett stort tack riktas till Interreg sekretariatet IVA och Svenskt Vatten för finansiering av projektet. Tack även till alla bidragande partners som deltagit och gjort detta samarbete möjligt. Alla har bidragit till gemensamma positiva synergieffekter som har utvecklat projektet. Det har varit mycket positivt att samverka inom detta nätverk i projektet då expertisen inom virusområdet finns utspridd i hela Norden.

Göteborg i mars 2013



Kjetil Furuberg
Norsk Vann BA



Lena Blom
Göteborgs Stad

Innehållsförteckning

Förord.....	2
Hur du använder denna handbok.....	4
1. Bakgrund	5
Treårigt EU-projekt.....	5
Mikrobiologiska risker i dricksvattenproduktion	6
Förändrat klimat.....	9
2. Vattenkvalitet	10
Var virus kommer ifrån och i vilka mängder.....	10
Analys av virus i vatten.....	16
3. Vattenbehandling – hur kontrollera virus i vattenverket	19
Grundvattenuttag med avlagringar som hygienisk barriär mot virus.....	22
Kemisk fällning	24
Kolfilter.....	25
Desinfektion med klor.....	27
Desinfektion med ozon	28
Ultraviolet bestrålning	29
Ultrafilter – UF.....	31
4. Värdering av risk och koll på kvaliteten	32
Föroreningar i råvattnet	32
Källor till föroreningar	36
Barriärverkan	39
Skydd av ledningsnät.....	39
Så uppskattar jag risken.....	39
5. Minskning av risk genom förebyggande arbete	46
Riskreducerande åtgärder	46
Ekonomiska och administrativa verktyg för beslutsfattande baserade på riskvärdering	48
Riskhantering och VA-planering	51
6. Tillit och förtroende.....	55
Värdet av bra kommunikation	58

Hur du använder denna handbok

- Målgrupp** Du som nu läser detta arbetar antagligen inom eller nära något av stegen i processen som ger oss friskt och gott dricksvatten. Eller kanske är du beslutsfattare, exempelvis politiker, som vill ha mer kunskap inför eventuella beslut om satsningar för att säkra vattenkvaliteten.
- Huvudsyfte** Oavsett vilken roll du har är ambitionen att du i denna handbok ska få en översiktlig och konkret bild av åtgärder för att förhindra utbrott av vattenburen smitta – med fokus på en ökad risk för vattenburen smitta från virus, på grund av att klimatet förändras.
- 3 språkversioner** Handboken finns på svenska, norska och engelska och endast i digital version. Hjärtat är följande fem kapitel:
- Huvudområden**
- Bakgrund
 - Råvattnets betydelse
 - Åtgärder i vattenverket
 - Värdering av risk och koll på kvaliteten
 - Minskning av risk genom förebyggande arbete
 - Tillit och förtroende
- Gott om □-or** Löpande text varvas med faktarutor, illustrationer, diagram och checklistor. På en hel del ställen har checklistor integrerats i den löpande texten, där åtgärder eller information som har karaktären av något man kan bocka av har fått en ruta (□) framför sig. Ingen helt stringent metod ligger bakom val av var dessa rutor placerats i texten, vilket innebär att det är upp till dig som läsare att själv avgöra när dessa rutor är en inbjudan till handling.
- Ref och brist på ref** På en del ställen finns referenser angivna och ofta då länkade, på andra ställen har referenser utlämnats. Ambitionen är heller inte att här ge hela den vetenskapliga bakgrunden, utan hålla innehållet på en konkret och översiktlig nivå.
- Den djupa kunskapen bakom alltihop** Forskning och erfarenheter som ligger till grund för handboken finns bland annat i rapporter och artiklar publicerade i VISK-projektet, men också hos andra aktörer som arbetar med vattenfrågor. På följande länkar finns mycket av underlaget till handboken och mycket mer information, för dig som vill fördjupa dig i dessa frågor:
- www.visk.nu
www.norskvann.no/kompetanse
<http://www.norskvann.no/kompetanse/va-laerebok>
www.fhi.no/tema/drikkevann og vannhygiene
www.fhi.no> Vannforsyningens ABC
www.grunnvann.no
www.svenskvatten.se
<http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/>
www.who.int
www.smi.se



1. Bakgrund

Det finns många källor till sjukdomsframkallande mikroorganismer i råvattnet och området är mycket komplext, men den främsta källan är orenat avloppsvatten. Risken för att orenat avloppsvatten når råvattnet ökar i takt med att klimatet förändras, eftersom mer intensiv nederbörd kan öka brädningen av avloppsvatten till de vattendrag och sjöar som används som råvattentäcker.

Sjukdomsframkallande mikroorganismer är bland annat virus, bakterier och parasiter. Virus är de allra minsta och även de som är svårast att mäta och att avskilja i vattenreningsverken.

Treårigt EU-projekt

VISK står för "Virus i vatten, Skandinavisk kunskapsbank" och är ett treårigt EU-projekt som ska minska samhällets sårbarhet för vattenburen virussmitta i ett förändrat klimat samt ge möjlighet till en tidig förvarning vid misstänkt utbrott. Projektet drivs inom ramen för EU-programmet Interreg IV A Öresund-Kattegat-Skagerrak och avslutades i mars 2013. 18 forskningsinstitutioner, myndigheter och kommuner i Sverige, Norge och Danmark var involverade.

VISK kom till efter genomförande av olika riskanalyser, bland annat i Göteborg för produktion av dricksvatten där mikrobiologisk risk framstod som stor. Under hösten 2008 inträffade ett norovirus-utbrott i Lilla Edet och denna händelse har på många sätt fungerat som en inspiration till VISK. Av de mikrobiologiska riskerna har projektet valt att fokusera på virus, dels på grund av händelsen i Lilla Edet, men också för att virus är svåra att påvisa i och avskilja från vatten, samtidigt som endast ett fåtal partiklar kan orsaka infektion.

Projektet försöker hitta sammanhållande lösningar för hur den här problematiken bör hanteras både idag och i en framtid då klimatförändringar sannolikt kommer att förändra förutsättningarna för dricksvattenproduktionen. Ett av målen var att öka medvetenheten hos bland annat beslutsfattare om riskerna för vattenburen virussmitta och skapa ett kunskapsnätverk som kan leva vidare även efter att projektet avslutats.

Förhoppningar finns att resultaten av detta projekt ska få positiva samhällsekonomiska effekter på lång sikt, i form av

bibehållen god hälsa hos allmänheten som resultat av minskad smittspridning, samt att om ett utbrott ändå skulle uppstå, kan detta åtgärdas på ett snabbare och säkrare sätt. Förhoppningen är att resultaten är allmängiltiga och att de fungerar vid likartade förhållanden, speciellt i Norden, på samma sätt som i de områden som undersöktes. VISK var indelat i följande delprojekt:

- **Epidemiologi** där sambanden mellan det kommunala vattnet och magsjuka orsakad av virus undersöktes genom ett antal aktiviteter.
- **Kartläggning** av virus i vatten i vattendragen Glomma i Norge och Göta älv i Sverige. Kartläggningen indikerade hur mycket virus som finns, vilka sorter, var de förekommer och gav underlag för riskmodeller. I delprojektet ingick också utveckling av metoder för analys av virus. Baserat på kartläggningen togs modeller fram för hur virus transporteras, sprids och överlever i vattendragen.
- **Virusreduktion** där det undersöktes hur bra olika barriärer i vattenverken är på att reducera virus som kan orsaka sjukdom hos människor. Delprojektet gav underlag till riskanalyser och ökade kunskapen om vilka olika typer av reningssteg som är mest effektiva.
- **Riskkommunikation** som handlar om att analysera, värdera och kommunicera risker för virus i vatten till alla aktörer som är inblandade när dricksvatten framställs och distribueras till konsumenterna. Resultatet blir bland annat ett uppdaterat MRA-verktyg för att underlätta det praktiska användandet inom vattensektorn för att bedöma risken för virus.
- **Kommunikationsstrategi** som handlar om strategin för extern kommunikation och om konsumenternas tillit och förtroende för sitt dricksvatten och för sina dricksvattenproducenter. Delprojektet resulterade bland annat i denna handbok.

Vid sidan av denna handbok finns en rad resultat från VISK publicerade, exempelvis forskningsrapporter och -artiklar. Mer information finns på webbplatsen visk.nu.



Mikrobiologiska risker i dricksvattenproduktion

När smittämnen och andra hälsofarliga substanser når vattentäcker finns det risk att även dricksvatten förorenas. Mikrobiologisk smitta kännetecknas ofta av kort inkubationstid och akuta sjukdomsbesvär som illamående, feber och magsjuka. Mikrobiologisk smitta kan också leda till kronisk sjukdom och även orsaka dödsfall. Världshälsoorganisationen WHO har identifierat vattenburen smitta som den viktigaste hälsorisk förknippad med dricksvattenförsörjning.

Vattenburen smitta

Bland sjukdomsframkallande mikroorganismer som sprids via dricksvatten finns en lång rad virus, bakterier och parasiter. Flera parametrar är viktiga för bedömning av risk för vattenburen smitta, exempelvis överlevnadsförmåga i vatten, infektionsdos, resistens mot desinfektion och förekomst hos människor. Det är tyvärr dyrt och komplicerat att analysera och värdera risker inom området, vilket försvårar förebyggande skyddsarbete.

De nordiska länderna har under 2000-talet drabbats av ett flertal utbrott av vattenburen smitta som lett till tusentals sjukdomsfall. Till några av de mer kända utbrotten hör giardiasmittan i Bergen 2004, norovirusutbrott i Lilla Edet 2008 samt utbrotten av parasiten cryptosporidium i Östersund och Skellefteå 2010 och 2011.

Tidigare var det svårt att fastställa orsakande smittämnen till en stor del av de vattenburna sjukdomsutbrott som rapporterats i Sverige. Men under 2000-talet har det konstaterats att det främst är norovirus som orsakar utbrotten.

Vattenburna virus, de som till exempel orsakar vinterkräksjuka, har låga infektionsdoser samtidigt som de är svåra att påvisa och kvantifiera vid låga halter.

Exempel på virussjukdomar, vatten- och/eller luftburna:

- Vinterkräksjukan
- Förkylning
- Influensa
- Vattkoppor
- Hepatit
- HIV/AIDS
- Denguefeber

Sjukdomsframkallande virus som sprids via vatten:

Mag- och tarmvirus:

- Norovirus
- Sapovirus
- Rotavirus
- Astrovirus
- Adenovirus

Symptom på flera organ:

- Enterovirus

Hepatit med gulsot:

- Hepatit A- och E-virus

Dessa virus, med undantag av hepatit E, kommer från andra människor. Olika virus ger olika symptom, har olika förekomster samt upptäcks på olika sätt.

Virus

Virus finns i olika storlekar, men de är alla mindre än bakterier. Det är endast de största viruspartiklarna som kan ses med ljusmikroskop (exempelvis poxvirus), för övriga krävs elektronmikroskop. Detta gäller till exempel vanliga tarmvirus som noro-, rota- och adenovirus.

Virus anses inte vara en levande organism eftersom de inte har en egen ämnesomsättning eller kan fööka sig på egen hand. Ett virus består av genetiskt material, RNA eller DNA, som skyddas av ett proteinskal. Virus kan inte förflytta sig på egen hand utan utnyttjar andra medier och sprids därför via kroppsvätskor, luften, vatten, fysisk kontakt eller avföring. De är även mycket motståndskraftiga och är svåra att inaktivera.

Virus som sprids fekal-oralt (exempelvis genom vattnet) är oftast nakna virus, det vill säga de har proteinskalet ytterst medan en del av de virus som smittar via luften (exempelvis influensavirus) har ett lipidhölje ytterst. Detta hölje gör viruspartikeln mer sårbar eftersom höljet kan förstöras, vilket gör viruset oförmöget att orsaka en infektion. Nakna virus tål därför olika miljöförhållanden bättre än virus med lipidhölje. Bland annat tål de att passera genom magsäcken, som har ett väldigt lågt pH, och ändå behålla sin förmåga att orsaka en infektion. Nakna virus tål dessutom långa väntetider, särskilt under kyliga förhållanden. De är däremot känsliga för UV-strålar (solljus) som bryter ned arvsmassan.

För att fööka sig invaderar viruset en levande cell och ser till att cellen gör arbetet åt sig. För att kontrollera om en person har infekterats måste man ofta göra en cellodling. Detta gör att det kan vara svårare att påvisa virus som orsakar

infektioner än bakterier (av typen som smittar via vatten). När man väl lyckas uppvisar värdorganismen ofta symptom. Vilka symptomen är beror på vilket slags virus som infekterat organismen.

Hur många viruspartiklar som krävs för att ge upphov till en infektion (det vill säga infektionsdosen) varierar från virus till virus och från person till person, men generellt sett räcker det med ett mindre antal (cirka 10 partiklar). Virus som orsakar magsjuka har ofta en låg infektionsdos, vilket betyder att det för vissa av dessa virus bara krävs någon enstaka viruspartikel för att den infekterade ska bli sjuk och uppvisa symptom.

Bakterier

Bakterier är till skillnad från virus levande, encelliga organismer med egen näringsomsättning och de föökar sig genom delning. De flesta matburna bakterier smittar inte genom vatten då de har en hög infektionsdos och därför ofta måste fööka sig i ett näringsmedel innan de kan ge en infektion. Exempel på bakterier som är vattenburna är campylobacter och enskilda sjukdomsframkallande E.coli.

Parasiter

Parasiter är levande, en- eller flercelliga organismer som utnyttjar andra organismer för att leva. På så vis liknar parasiterna virus. Parasiter har till skillnad från bakterier en cellkärna. Värdorganismen kan oftast fortsätta leva som vanligt, men kan ibland uppvisa symptom. Exempel på sjukdomsframkallande parasiter som är vattenburna är giardia och cryptosporidium, som är så kallade parasitära protozoer.



	VIRUS	BAKTERIER	PARASITER
Storlek	0,01 – 0,3 µm	1 - 10 µm	ca 10 µm och uppåt
Biologi	<ul style="list-style-type: none">• Har genetiskt material• Ingen cellkärna• Ingen egen näringsomsättning	<ul style="list-style-type: none">• Har genetiskt material• Ingen cellkärna• Egen näringsomsättning• Föökning genom delning	<ul style="list-style-type: none">• Har cellkärna med genetiskt material• Egen näringsomsättning
Infektionsdos¹	Låg	Låg–hög	Låg
Överlevnad i råvatten²	Lång	Kort–lång	Måttlig–lång

Olika typer av mikriorganismer.

¹ Infektionsdoserna för de olika mikroorganismerna är inte några absoluta värden och kan variera stort beroende på flera faktorer som genotyp hos den specifika mikroorganismen samt immunstatus och ålder hos personen som exponeras. En infektionsdos definierad som "låg" kräver 1–100 mikroorganismer för att orsaka infektion hos 50 procent friska vuxna personer medan en "måttlig" infektionsdos kräver 100–10 000 och en "hög" över 10 000 mikroorganismer.

² Detektionsperiod för infektiösa mikroorganismer i 20°C där "kort" är upp till en vecka, "måttlig" är en vecka till en månad och "lång" är över en månad.



Faktorer som kan leda till mikrobiologisk förorening av dricksvattnet, varav flera hänger samman och är beroende av varandra. (Ur Livsmedelsverkets rapport nr 6-2012 "Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv")

Föroreningskällor

En mängd faktorer påverkar huruvida sjukdomsframkallande mikroorganismer når dricksvattnet och konsumenten. För varje råvattenkälla behövs en kartläggning av var föroreningskällor finns, vilken typ av sjukdomsframkallande mikroorganismer föroreningskällorna släpper ut och hur mycket. Exempel på föroreningskällor är reningsverk och enskilda avlopp, avrinning från jordbruks- och betesmark, badplatser, dagvatten samt processvatten från industrier.

Klimat- och väderfaktorer påverkar råvattenkvaliteten genom exempelvis översvämningar, vårfloder och kraftiga regn som leder till att föroreningar når råvattentäcker. Ytterligare exempel på riskfaktorer visas i figuren.

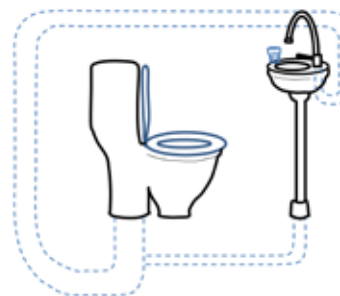
Kunskap behövs i flera steg

För att kunna välja och dimensionera lämpliga barriärer behövs kunskap om var och när det finns patogena mikroorganismer i råvattnet. Frekventa analyser och kartläggningar krävs av både patogener och så kallade indikatororganismer, där det är viktigt att kunna bedöma de sämsta förhållandena. En annan faktor som påverkar dricksvattenkvaliteten är beredningsprocessens förmåga att reducera olika mikroorganismer. Störningar under distributionen kan också orsaka dricksvattenburna sjukdomsutbrott. När väl ett sjukdomsutbrott är på gång kan tidig upptäckt och rapportering bespara många människor lidande och samhället betydande resurser.

Rapport nr 6 - 2012

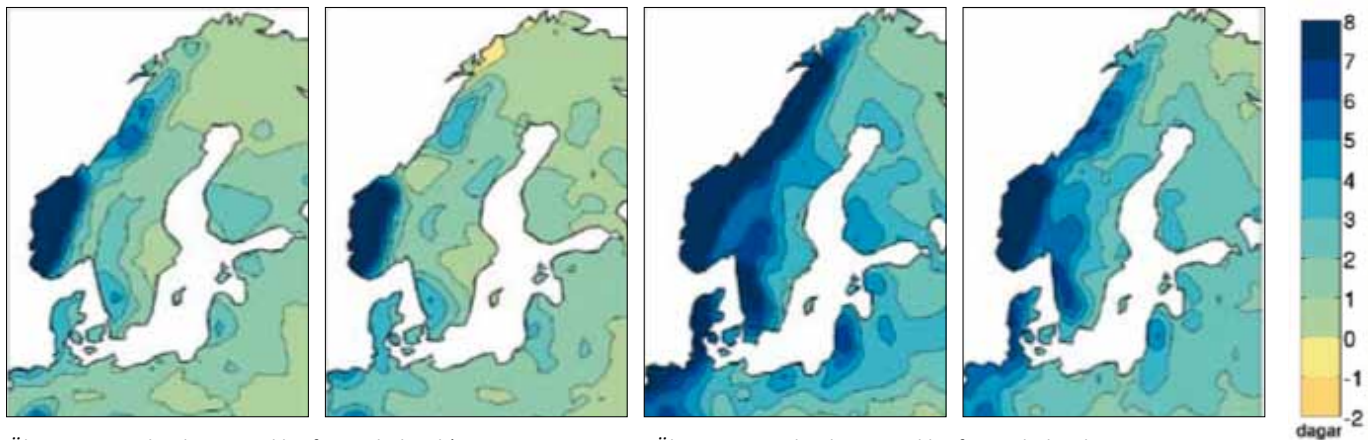
Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder

av Rikard Dryselius



LIVSMEDELS
VERKET
NATIONAL FOOD
AGENCY, Sweden

Läs gärna mer om mikrobiologiska risker i Livsmedelsverkets rapport nr 6 - 2012 "Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder".



Ökning av antalet dagar med kraftig nederbörd (mer än 10 mm över en yta av 50x50 km) i medeltal under dec-feb 2011-2040 jämfört med medel 1961-1990, enligt IPCCs klimatscenarier A2 respektive B2.

Ökning av antalet dagar med kraftig nederbörd 2071-2100 jämfört med medel 1961-1990. (RCA3/Rosby Center SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare).

Förändrat klimat

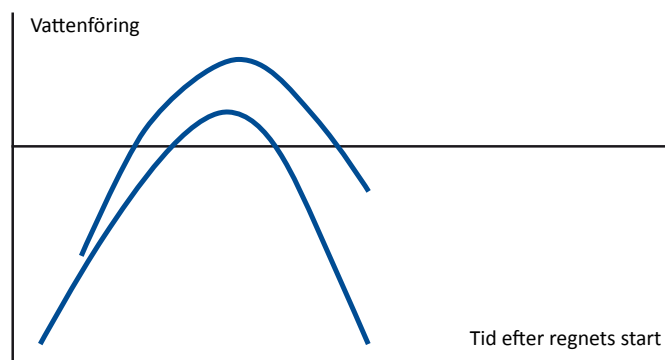
I Sverige har regionala klimatscenarier tagits fram av Rosby Center vid SMHI, och återfinns på SMHIs hemsida. Bedömningar av klimatförändringar är komplexa och omarbetas och uppdateras löpande, men generella slutsatser för de nordiska länderna har inte förändrats. Vi kommer få ett varmare klimat, där temperaturhöjningen blir störst på vintern, och en ökad nederbörd med större ökning på vintern än på sommaren. Det blir också vanligare med extremväder med kraftig nederbörd under flera dagar.

Ökad avrinning och vanligare med brädning

I "Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat, Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen" (Svenskt Vatten 2007) visas att det framförallt är ökad nederbörd i form av regn vintertid och mer extremt väder som kan leda till ökade hälsorisker för dricksvattenkonsumenterna. Den främsta källan till smittämnen i dricksvattnet är via råvattnet. Vid skyfall och översvämningar påverkas råvattnet när det blir nödvändigt att brädda orenat avloppsvatten på grund av överbelastade avloppssystem. Mer nederbörd leder också till ökad avrinning och därmed till ökad tillförsel till råvattnet av sjukdomsframkallande parasiter och bakterier från betes- och jordbruksmarker.

Ökad avrinning ger också större tillförsel av humusämnen, partiklar och närsalter, vilket bidrar både till ett grumligare vatten och till utökade förutsättningar för tillväxt av parasiter och bakterier. Även förhöjd vattentemperatur stärker möjligheterna till tillväxt, och försämrar därmed råvattenkvaliteten ytterligare. Ökade halter av humussyror ger också en sänkt förmåga att på molekylärbiologisk väg detektera sjukdomsframkallande mikroorganismer. Detta har först och främst betydelse för virusanalyser.

En försämring av råvattenkvaliteten ställer högre krav på beredning och leder till större behov av avskiljande och desinficerande barriärer. Samtidigt motverkas effektiviteten hos barriärerna av de ökande mängderna organiskt material, genom snabbare mättning av filterbäddar, frekventare igensättning av ultrafilter, minskad effekt av UV-ljus och sämre desinfektionskapacitet vid klorbehandling.



Den horisontala linjen markerar när brädning sker. Figuren illustrerar att en liten ökning i regnintensitet kan ge en stor ökning i mängden utsläppt orenat avloppsvatten.

Grundvattenpåverkan

I grundvattentäcker är storleken på den omättade markzonen mellan grundvattennivå och markyta avgörande för avskiljning av mikroorganismer. Med ökad nederbörd riskerar grundvattennivåerna höjas, vilket då ökar föroreningsrisken. Men det största mikrobiologiska hotet mot grundvattentäcker i ett framtida klimat är kanske främst en ökad frekvens extremnederbörd som eliminerar den omättade zonen och skapar översvämningar som i sin tur leder till att förorenat ytvatten kan tränga in i brunnar.



2. Vattenkvalitet

De olika virus som kan spridas med vatten finns redan i befolkningen och sprids framförallt från person till person, men kan också överföras med mat såsom bevattnade grönsaker och bär. Musslor och ostron kan dessutom samla på sig stora mängder virus i avloppspåverkat havsvatten och fungera som smittkällor.

Det är idag svårt att detektera låga koncentrationer av viruspartiklar i vatten och även om nivåerna är högre och detekterbara så är det svårt att säkert kvantifiera mängden virus. Ännu finns ingen standardiserad analysmetod för virus i vatten. Det finns dock en rad olika metoder uppsatta på forskningslaboratorier.

Var virus kommer ifrån och i vilka mängder

Virus i vatten kommer från avloppsreningsverk, enskilda avlopp samt dag- och dränvatten. Virus förekommer alltid i avloppsvatten, och oftast även efter rening. Avloppsreningsverk som släpper ut renat avloppsvatten i en råvattenkälla tillför virus till råvattnet i varierande grad. Man får räkna med

en kraftigt ökad virusmängd vid bräddning av avloppsvatten i samband med kraftiga regn.

Vid dricksvattenproduktion i vattenverken sker en viss avskiljning av virus, hur stor beror på vilka metoder som används. Avskiljningen bör vara anpassad så att reduktionen av virus är tillräcklig även vid toppar som kan inträffa vid bräddning eller vid utbrott av till exempel vinterkräksjuka.

Förekomst i befolkningen/epidemiologi

Sjukdomsalstrande mikroorganismer som sprids med dricksvatten orsakar framförallt magsjuka (gastroenterit). Detta hänger ihop med att avloppsvatten som förorenar råvatten främst innehåller mikroorganismer från mage och tarm. Det finns också en rad virus som utsöndras med avföring men som inte orsakar magsjuka utan främst luftvägsinfektioner. Humant adenovirus typ 40 och 41 är typiska magsjukevirus men de flesta andra adenovirus ger istället luftvägsinfektioner och även de utsöndras med avföring. Virus som ger luftvägsinfektioner och utsöndras med avföring anses inte kunna ge upphov till infektioner då de förtärs utan måste nå luftvägarna genom aerosolsmitta.

Norovirus är de virus som vanligen har registrerats i vattenburna utbrott i Skandinavien. I andra delar av världen har flera andra virustyper varit involverade i vattenburna utbrott. Man kan misstänka att andra virus såsom adenovirus, rotavirus och astrovirus sprids genom dricksvatten men orsakar inte sjukdom i tillräcklig grad för att ha blivit registrerade som utbrott i Skandinavien. Dessa andra virus drabbar främst barn. Utbrott som endast omfattar en avgränsad del av befolkningen är svårupptäckta. Vanligen krävs att 10–20 procent av den utsatta befolkningen drabbas innan vi upptäcker ett utbrott.

Enterovirus är en stor och varierad virusfamilj som är vanligt förekommande i avloppsvatten. Dessa virus kan ge allvarliga symtom såsom hjärnhinneinflammation och förlamningar, men av ungefär 100 smittade individer (varierar mellan olika enterovirus) så är det normalt bara en person som uppvisar symptom. I en sådan situation blir det också svårt att upptäcka utbrott orsakat av en specifik källa, till exempel dricksvatten.

Den sporadiska spridningen av patogener, till exempel genom dricksvatten, i ett definierat område som inte resulterar i ett registrerat utbrott utan sker framför allt från person till person, brukar vi kalla för endemisk smitta. Att beräkna omfattningen av sådan smitta är mycket svårt och endast ett fåtal undersökningar i världen har adresserat denna fråga. Genom att sätta in filter som tar bort mikroorganismer på hushållens tappkranar har man fått mycket varierande resultat beroende på var och hur studierna är gjorda. Alltifrån nästan ingen påverkan till att 34 procent av uppkomna magsjukor beror på konsumtion av dricksvatten. Om man tar ett genomsnitt på denna typ av studier och applicerar detta på Sveriges befolkning blir resultatet att mellan 100 000 och 1,3 miljoner människor får magsjuka genom dricksvatten varje år. Samma beräkning för Norge skulle ge mellan 50 000 och 700 000 personer. Det finns alltså en stor osäkerhet och sanningen är att vi idag inte har en aning om var på denna skala de nordiska länderna befinner sig. Både Norge och Sverige har förhållanden som liknar förhållandena i undersökningarna som beskrivits ovan, medan Danmark utgör ett särfall där nästan allt dricksvatten kommer från grundvatten av god kvalitet. Osäkerheten om hur många som får magsjuka av dricksvatten är alltså stor och undersökningar i de Skandinaviska länderna är främst baserat på utbrottsstatistik.

Traditionell mikrobiologisk riskvärdering utgår framförallt från uppskattningar av mängden patogener i till exempel dricksvatten och hur mycket sjukdom denna mängd borde orsaka. Man utgår då från att man vet hur stor andel av en population som insjuknar vid en viss dos av exempelvis virus.

Det är svårt att kvantifiera virus i råvatten och för närvarande är det nästan omöjligt att vid normala förhållanden analysera mängden virus i dricksvatten. Det finns också stora osäkerheter i hur mycket virus ett vattenverk faktiskt tar bort i sin beredningsprocess. Detta innebär att beräkningar blir behäftade med stora osäkerheter.

Bra att ha koll på när det gäller vattenkvaliteten, för att kunna kontrollera virusmängden i vattenverket

- Källor som finns uppströms från vattenreningsverket (antal och var de finns).**
 - Avloppsreningsverk – vilka reningssteg/barriärer det/de har och antal anslutna personer.
 - Enskilda avlopp.
 - Dag- och dränvatten.
 - Bräddavlopp – mängd och om larm finns.
- Hur virus sprids från källorna.**
 - Strömningsförhållande.
 - Flöde.
 - Temperatur (påverkar cirkulation och skiktning).
 - Vind.
 - Sedimenteringshastighet.
 - Utspädningsgrad.
- Behövs det genomföras ett provtagningsprogram?**
 - Syftet?
 - Kontakt med ett forskningslaboratorium för att diskutera upplägg?
 - Mätning av virus och/eller indikatorer?
 - När och hur ofta ska prover tas? (Händelsebaserad provtagning genomförs som komplement till ett normalt provtagningsprogram. Prover tas då regelbundet under minst ett år vid "worst case"-händelser.)
 - Vad betyder resultatet?



Ale H₂O – en undersökning om kranvatten och magsjuka

Eftersom det är så svårt att analysera mängden virus i dricksvatten startades inom VISK en studie med direkta mätningar i befolkningen.

I Ale kommun, som får sitt kommunala vatten från Alelyckan i Göteborg och Dösebacka i Kungälv, har enskilda individer fått berätta hur mycket kallt kranvatten de dricker och hur ofta de blivit magsjuka. Tanken är att försöka avgöra hur stor del av magsjukesfrekvensen som faktiskt orsakas av dricksvattenkonsumtion. Projektet har kallats "Ale H₂O" och är vid sammanställningen av denna handbok inte avslutat. De slutgiltiga resultaten kommer att publiceras i en SVU-rapport och så småningom i form av vetenskapliga publikationer.

Telefonintervjuer och därefter frågor med jämna mellanrum om vattenkonsumtion och magsjuka under ett år i Ale kommun ska ge underlag för att bedöma dricksvattnets påverkan på vår hälsa. Då Aleborna får sitt vatten från två olika vattenverk och en stor grupp får sitt vatten från egen brunn kan vi bedöma om olika dricks-

vatten ger olika mängd magsjuka. Det finns idag en svag tendens till att så är fallet.

Studien visar så här långt att medelkonsumtionen av kallt kranvatten är cirka 1 liter per person och dag, men att 25 procent dricker mer än 1,3 liter per dag och 25 procent dricker mindre än 0,6 liter per dag. Förvånande nog finner man att den grupp som dricker mycket vatten har färre magsjukor jämfört med den grupp som dricker lite vatten. Detta betyder inte att det inte sprids sjukdomsframkallande mikroorganismer med dricksvatten, utan att något annat som sammanfaller med hög dricksvattenkonsumtion leder till färre magsjukor. Slutsatsen blir att den här typen av epidemiologiska undersökningar har svårt att visa dricksvattnets bidrag till spridning av magsjuka. Utifrån att det finns så stora skillnader i vattenkonsumtion mellan olika personer kan man dock med stor säkerhet säga att dricksvattnets bidrag till magsjukor inte är alarmerande, åtminstone inte i det undersökta området.

Antal magsjukor i befolkningen

När åtta månader av studien Ale H₂O hade genomförts fann man att varje person i genomsnitt upplevde sig magsjuk 0,64 gånger per år (årsincidens). Akut gastroenterit (AGE) är en striktare definition av magsjuka, där definitionen kräver diarré vid minst tre tillfällen under ett dygn eller att man kräks någon gång under sjukdomstiden. Med denna definition är årsincidensen för AGE 0,27. Beroende på hur man definierar magsjuka motsvarar detta mellan 2,5 och 6 miljoner magsjuka i Sverige varje år. Hur stor andel av dessa som beror på virus kommer att undersökas närmare utifrån symtombild och hur länge symtomen pågår. Dricksvattnets bidrag till antalet fall av magsjuka är däremot mycket osäkert, men

pågående och framtida studier kommer sannolikt att ge oss bättre besked om detta.

Så här långt får man alltså anta att vattnet som produceras från de två vattenverken som ingår i undersökningen Ale H₂O är tillfredställande under de normala driftförhållanden som rått under undersökningsperioden. Livsmedelsverket kommer mellan 2013 och 2015 att utföra liknande studier i några andra svenska kommuner. När dessa studier är genomförda kommer dricksvattenproducenter och beslutsfattare kring dricksvattenfrågor förhoppningsvis att ha ett bättre underlag för att bedöma dricksvattnets bidrag till antalet fall av magsjuka.



Källor till utsläpp av mikroorganismer

□ Kommunala avlopp

Kommunalt avloppsvatten innehåller alltid patogener. Med molekylärbiologiska metoder har det mätts upp till drygt 10^7 noroviruspartiklar per liter orenat vatten. Visserligen sker en rening men den är sällan utformad för att avskilja mikroorganismer. Mätningar före och efter rening i avloppsverk med sekundär rening (kemisk fällning och aktiv slam- eller biofilterbehandling) visar på 60–99 procent (0,4–2 log) reduktion av virus, medan bakterier och parasiter avskiljs något effektivare.

Efter rening kan man utgå från att åtminstone ett tusental infektiösa mikroorganismer per liter släpps ut i vattenmiljön. Vilka och hur många beror på sjukdomsläget i samhället, men campylobacter, salmonella, norovirus, adenovirus, rotavirus, enterovirus, giardia och cryptosporidium finns i regel i de flesta avloppsvatten även efter rening. Även om kommunalt avloppsvatten är förknippat med risk är fördelen att denna risk är ganska konstant och går att förhålla sig till, även om risken varierar med infektionsläget i befolkningen och processeffektiviteten i reningsverket. Däremot kan toppar i utsläpp ske till exempel efter bräddningar vid kraftiga regn, då delar av avloppsvattnet orenat släpps förbi processteg i reningsverket till råvattentäkten.

I sedimenteringssteget och under biologisk behandling av avloppsvatten koncentreras partikelbundna patogener, som kan återfinnas i höga halter i avloppsslammet. Vid rötning och/eller lagring av slammet sker en viss inaktivering av patogener men även detta behandlade slam innehåller infektiösa mikroorganismer.

□ Enskilda avlopp

I Norden finns många enskilda avlopp som kan påverka råvattenkvaliteten. Till skillnad från de kommunala avloppsreningsverken innehåller ett enskilt avlopp mer sällan patogener, eftersom det endast är under få och korta perioder som personer i ett hushåll är infekterade. Vid sjukdom i fastigheten sker däremot ingen utspädning, vilket gör att de utgående halterna vid dessa tidpunkter överstiger halterna i kommunala avlopp.

Reningseffekten hos enskilda avlopp kan variera kraftigt. Många enskilda avlopp är exempelvis stenkistor

eller trekammarbrunnar utan tillsyn. Väl fungerande enskilda avlopp kan vara väl så bra på att avskilja mikroorganismer som kommunala reningsverk i och med att uppehållstiden kan vara upp till en vecka, men de flesta är inte det. Effekten tenderar också att försämrats med tiden och det finns ett behov av att kunna informera om/reglera skötsel och underhåll av enskilda anläggningar.

Avloppsanläggningar inom områden med hög skyddsnivå ska klara reduktion av organiskt material och fosfor med 90 procent och kväve med 70 procent, varför man kan räkna med viss virusavskiljning om en vattentäkt ligger i ett sådant område.

□ Dag- och dränvatten

Dag- och dränvatten har i regel låg fekal påverkan från i huvudsak fåglar, gnagare och husdjur, vilket ger en viss risk för förekomst av framför allt campylobacter och giardia. Den viktigaste risken är att dagvattnet inte behandlas, samtidigt som utsläpp kan ske i närheten av råvattenintag, på grund av att detta inte betraktas som en särskilt stor risk. Om avloppsvatten från felkopplade eller trasiga ledningar kommer in i detta system kan det få allvarliga konsekvenser.

□ Fekal förorening från djur

Ett råvatten påverkat av fekal förorening från gödsel kan innehålla olika sjukdomsframkallande mikroorganismer, främst bakterier och parasiter, beroende på djurslag, sjukdomsläge i aktuella besättningar samt gårdarnas rutiner för gödselhantering. De flesta sjukdomar som kan spridas från lantbrukens djur till människor kan finnas hos kor, det vill säga EHEC, campylobacter, salmonella, giardia och Cryptosporidium parvum. Det är framför allt unga djur som är förknippade med högst risk, då det i regel är dessa som utsöndrar såväl EHEC som cryptosporidium parvum. Medan mjölkdjuren står i stall under denna period, där gödsel kan hanteras kontrollerat, går dikalvar på bete. Påverkan från andra djur, inklusive den vilda faunan, är mer begränsad. Risken för vattenburen virus-smitta är troligtvis högst vid spridning av grisgödsel då det visat sig att kultingar utsöndrar hepatit e-virus av samma typ som orsakar sjukdom hos människor.



En infekterad person kan utsöndra upp till 10^{12} viruspartiklar per gram uppkastning eller avföring. Dessa sprids i sin tur via avlopssystem till hav, sjöar och genom läckage till privata brunnar. Finns det musslor nära utsläpp från avloppsreningsverk kan dessa anrika viruspartiklarna och i sin tur infektera människan via maten. Sjöar och brunnar som används till dricksvattenproduktion, vattning av grönsaksodlingar och infrysning av bär är också källor som kan innehålla mikroorganismer som kan infektera människan.

Mängden virus i olika råvatten

Land	Vattentyp	Virus	Halter/liter	Detektionsmetod	År	Kommentar
Nederländerna	Flodvatten	Norovirus	4–4 900	PCR	1998–1999	Stickprov
		Rotavirus	57–5 400	PCR	1998–1999	
		Reovirus	2–10	Cellkultur	1998–1999	
		Enterovirus	0,3–2	Cellkultur	1998–1999	
Nederländerna	Flodvatten	Norovirus	0–1 700	PCR	2001 (Samt vintern 2002–2003)	Tidsserie
		Rotavirus	0–32	PCR		
		Enterovirus	0–32	Cellkultur		
Finland	Flodvatten	Norovirus	Påvisat, inga siffror	redovisade	2007–2008	
Spanien	Flodvatten	Norovirus	0–10 000	PCR	2008–2009	
Nederländerna	Flodvatten	Rotavirus	0–8,3	infektiös-PCR	2003–2005	
		Rotavirus	150–3200	PCR		
		Enterovirus	0,42–5,3	Cellkultur		
Sverige	Flodvatten, sjövattnet	Norovirus	0–10 000	PCR	2010–2011	NORVID
Sverige	Flodvatten	Norovirus	0–9 080	PCR	2011–2012	VISK
Norge	Flodvatten	Adenovirus	0–9 200	PCR	2011–2012	VISK
		Norovirus	0–1,5x10 ⁵	PCR	2011–2012	VISK

Spridning av virus i vatten

Hur mycket sjukdomsalstrande virus som kan finnas i råvattnet beror på spridning och utspädning i vattenkällan. Det är flera faktorer som påverkar hur spridning och utspädning sker, bland annat vattenflöde, temperatur, nederbörd, nedbrytning samt sedimentering.

Spridningen av fekala föroreningar i en vattentäkt kan simuleras med hjälp av datormodeller som beskriver den hydrodynamiska situationen i vattentäkten, liksom inaktivering och sedimentering av mikroorganismer. Hydrodynamisk

modellering har visat sig vara ett användbart verktyg för att bestämma bidraget från olika föroreningskällor till den totala föroreningsbelastningen vid råvattenintaget. Modellering används främst för att hantera de begränsningar som är förknippade med att analysera patogener i råvatten, eftersom koncentrationerna ofta ligger under detektionsgränsen. Med modellering kan man kontinuerligt beskriva variationen av patogener vid råvattenintag, trots låga koncentrationer, samt simulera olika scenarier för att förutsäga påverkan av olika händelser vid olika förhållanden.

Förekomst av virus i avloppsvatten

Fältmätningar av Norovirus från fekala utsläppskällor i Göta älv har studerats under perioden juni 2011–juni 2012. Flödesproportionella dygnsprover på inkommande och utgående avloppsvatten har analyserats från tre större avloppsreningsverk. Som väntat visar resultaten en tydlig säsongsvariation av Norovirus i både orenat och renat avloppsvatten under året, med högst halter under vintersäsongen oktober–mars. Under vintersäsongen ser man Norovirus-halter runt 10⁵–10⁶ Norovirus/L, medan under resten av året ser man halter som ligger ungefär en log lägre, med runt 10⁴–10⁵ Norovirus/L. Analyser av renat avloppsvatten visar att avloppsreningsverken reducerar mängden virus med 1–2 log. I råvattentäkten

Göta älv kan, generellt sett, Norovirus endast detekteras under vintersäsongen. Resultaten från avloppsanalyserna visar att Norovirus genotyp G2 är mer än tiofalt mer förekommande jämfört med G1, vilket är intressant eftersom det är G2 som orsakar de årliga vinterkräksjukkepidemierna, medan effekten av en G1-infektion är betydligt mildare. Det är viktigt att påpeka att de uppmätta halterna av Norovirus i både avloppsvatten men framför allt råvatten är antalet genkopior per liter vilket inte säger något om hur stort antalet infektiösa Norovirus som finns i vattnet. Läs mer om mikrobiologiska riskbedömningar (exempelvis MRA) i [kapitel 4](#) i denna handbok, i andra rapporter från VISK samt i SVU-rapporter från [Svenskt Vatten](#).

Analys av virus i vatten

- Som en allmän regel kan man säga att ju fler prover, desto bättre. Det som är viktigt är att man tar prover både vid slumpmässigt valda tidpunkter (för att identifiera värden under normala förhållanden) och efter händelser som man tror kommer att påverka virusmängden (t ex bräddning vid avloppsreningsverk).
- För att få en uppfattning om vilken virusmängd som kan förekomma vid intaget till ett vattenverk kan man dels analysera detta vatten direkt och dels analysera det vatten (renat och orenat avloppsvatten) som tillförs vattentäkten.
- Det är en bra idé att kontakta det laboratorium som ska utföra analyserna innan man planerar provtagningen. Då kan man också få praktisk information om hur själva analysen går till. I skrivande stund (mars 2013) är det Institutet for Mattrygghet og Infeksjonsbiologi ved Norges Veterinærhøgskole (www.nvh.no) som genomför sådana analyser i Norge. I Sverige analyseras proverna av Laboratoriemedicin, sjukhuset Ryhov, Landstinget i Jönköpings Län. Smittskyddsinstitutet i Sverige (SMI) kan på begäran utföra analyser av förekomst av norovirus i vatten. Information om detta kan fås på deras hemsida, www.smi.se. I Danmark kan Livsmedelsinstitutet ved Danmarks Tekniske Universitet kontaktas för virusanalyser (www.food.dtu.dk).
- Dagens metoder för påvisning av virus, särskilt i råvattentäkter, är inte optimala även om det pågår en ständig utveckling. Vid uppkoncentrering av virus från råvatten använder man ofta ett filter. Detta filter påverkas av hur mycket organiskt material som finns i vattnet och man lyckas vanligtvis bara fånga upp en liten del (under en procent) av viruspartiklarna i vattnet. Med en så låg utvinningsgrad blir variationen hög. För att öka säkerheten i analysresultaten bör man ta flera prover parallellt.

Avloppsvatten

- Reningsverk med vattentäkten som recipient utgör den viktigaste källan till virus som smittar människor via dricksvattnet.
- Det kan vara bra att ta prover på både orenat och renat avloppsvatten, eftersom båda dessa vattentyper kan komma att släppas ut. Sådan provtagning kan ge information om anläggningens reningseffekt och om vilken virusmängd som släpps ut i recipienten.
- Om det är möjligt bör man samla in prover som representerar ett dygn. Man kan även använda enstaka prover, men dessa kommer att variera i högre grad.
- En provtagning per månad är en bra utgångspunkt.
- För att få en grundligare kartläggning av virusmängden (särskilt när det gäller norovirus) bör man ta tätare prover under vintermånaderna (november-april) eftersom det är under denna period som mest norovirus cirkulerar i befolkningen.
- Volymen som samlas in bör vara i storleksordningen 500–1000 ml.

- Proverna måste förvaras kallt (kylskåp) under uppsamling och proverna bör även förvaras kallt under transport till laboratoriet.
- Proverna kan frysas och samlas in över en längre period för analys vid ett senare tillfälle. De bör i så fall skickas frysta till laboratoriet.

Råvatten

- Råvatten och vatten från tillrinnande biflöden bör samlas in i större volymer (vanligtvis upp till 10 liter) på grund av den lägre viruskoncentration som vanligtvis finns här.
- Råvattenproverna måste fraktas/skickas till laboratoriet så snabbt som möjligt efter insamling, och under kylda förhållanden.
- Det är viktigt att man avtalar leveransen med laboratoriet i förhand, eftersom proverna ska analyseras så snart som möjligt efter ankomst.
- Händelsesstyrd provtagning bör genomföras för att man ska få en övergripande bild av virusmängderna, eller förekomsten av indikatororganismer, under de perioder då det är troligt att dessa är onormalt höga. Dessa data är nödvändiga för att man ska kunna utföra en riskvärdering för extrema händelser. Händelsesstyrd provtagning genomförs som tillägg till vattenverkens normala provtagningsprogram.
- Händelsesstyrd provtagning bör utföras under en period på minst ett år. Det är viktigt att påpeka att analys av patogener (däribland virus) normalt endast används i kartläggningsfasen. I en driftssituation förlitar man sig på analys av indikatororganismer (läs mer om dessa i kapitlet "Värdering av risk och koll på kvaliteten").
- Händelsesstyrd provtagning bör genomföras med jämna mellanrum för att kontrollera att situationen inte har förändrats, till exempel vart fjärde år eller vid misstanke om nya eller ändrade källor till förorening.
- Det rekommenderas att man vid kartläggning och specifika undersökningar analyserar för koliforma bakterier, *E. coli*, enterokocker och clostridiesporer. Data om deras inbördes förhållanden (*E. coli* 1 log mer än enterokocker samt 2 log mer än clostridiesporer) kan ge användbar information, särskilt om det finns risk för läckande avloppsledningar och tämligen färsk fekal förorening, då förhållandet dem emellan ännu inte har hunnit förändras på grund av olika avskiljningar i avloppsverket, avdödningsstakt eller spridningsmönster. Efter avloppsrening är deras inbördes förhållande jämnare. Observera att i GDP-vägledningen används analys av parasiter (*Giardia* och *Cryptosporidium*) vid riskbaserade provtagningsprogram för de sämsta vattenkvaliteterna (se [Norsk Vann rapport 170, kapitel 3](#)).
- Virus kan finnas även om man inte lyckas påvisa det vid provtagning.

Förslag på händelsesstyrt provtagningsprogram

När insjöar, ytvattenspåverkat grundvatten eller grundvatten från ytvatten som infiltreras på konstgjord väg är källan:

- Vårcirkulation (< 1/6 av det totala antalet prover).
- Höstcirkulation (< 1/6 av det totala antalet prover).
- Vid normal dygnsnederbörd under sommar- och/eller vinterhalvåret (< 1/6 av det totala antalet prover).
- Dygn med kraftig nederbörd under hösten och vid snösmältningen under vår och höst (> 3/6 av det totala antalet prover).

När älvar och floder är källan:

- Här får man använda sitt omdöme, men även i dessa fall förväntas högre föroreningshalt i samband med nederbörd.

Vattenverkets strl (pers)	Antal prover (per år)
< 1 000	> 6
1 000–10 000	> 12
> 10 000	> 24

Det rekommenderas att det antal prover som samlas in i det riskbaserade provningsprogrammet ska vara minst så många som anges i tabellen, för de flesta situationer rekommenderas dubbelt så många prover.

Risken kommer att variera från plats till plats. Den enskilde vattenverksägaren är den som är bäst ägnad att ta reda på när risken för kontaminering är störst och det riskbaserade provtagningsprogrammet bör anpassas efter detta. Kom ihåg att ta parallella prover nära källan/källorna till föroreningarna och vid råvattenintaget.

Källa: GDP-vägledningen (Norsk Vann rapport 170, kap. 3.3.3)

Musslor som indikator på virusförorening i råvatten

Att få tillförlitlig data från mikrobiologisk övervakning av ytvatten kan vara en utmaning på grund av kortvariga förändringar i miljömässiga faktorer eller slumpmässig variation i data. Detta betyder att det kan vara svårt att tolka data från direkta mätningar av enteriska virus i råvattenintaget till ett vattenreningsverk som producerar dricksvatten.

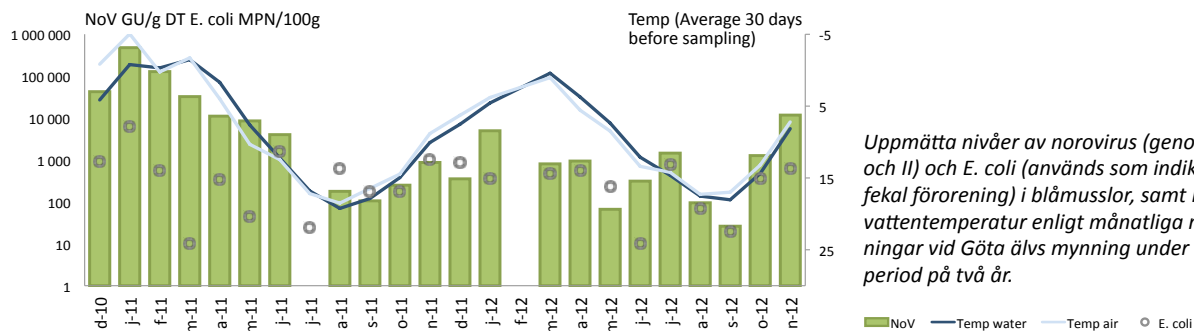
Musslor som växer i förorenat vatten kan anrika stora mängder enteriska bakterier och viruspartiklar, som ansamlas i musslans kött. En enda mussla kan filtrera två till tre liter vatten per timme. Filtrerade virus kan finnas kvar och överleva i musslans kött i flera veckor längre än i vattenkolonnen. Detta gör det möjligt att använda blåmusslor som biomonitörer, för att undersöka den övergripande mikrobiologiska kvaliteten hos det råvatten som används vid dricksvattenproduktion, samt att utvärdera effekten av åtgärder som vidtagits för att reducera virusmängden i utsläpp från avloppsreningsverk.

Denna metod användes i Sverige, Danmark och Norge under VISK-projektet. Till exempel genomfördes en månatlig övervakning under två år (december 2010 till november 2012), där enteriska virus och fekala indikatorer analyserades i blåmusslor som växte i

huvudströmmen vid Göta Älvs mynning. Målsättningen var att kartlägga hur virusmängden i utsläpp från avloppsreningsverk varierade över tid och att jämföra detta mönster med mätningar i älven, i avloppsreningsverk, med luft- och vattentemperaturer samt med norovirusaktivitet hos allmänheten.

En säsongsmässig variation i norovirusnivå observerades. Denna variation verkade korrelera både med vatten- och lufttemperatur och med norovirusaktiviteten hos befolkningen, enligt rapporter från Smittskyddsinstitutet. I motsats till detta fann man att trots att *E. coli* kunde påvisas i alla musselprov fanns det ingen tydlig säsongsmässig variation och ingen signifikant korrelation med uppmätta norovirusnivåer.

Direkta mätningar av norovirus i Göta älv indikerar också högre nivåer under vinterperioden, men det är ovanligt att man lyckas påvisa några norovirus under andra årstider, någonting som står i motsats till resultaten från den här studien som visar på en konstant risk för enterisk virusförorening i Göta älv och därmed troligen en generell risk att det finns norovirus i vattenintaget till de dricksvattenverk som återfinns här.



Uppmätta nivåer av norovirus (genogrupp I och II) och *E. coli* (används som indikator för fekal förorening) i blåmusslor, samt luft- och vattentemperatur enligt månatliga mätningar vid Göta älvs mynning under en period på två år.

3. Vattenbehandling

– hur kontrollera virus i vattenverket

I dagens produktion av dricksvatten avlägsnas virus i olika hög grad beroende på vilka metoder som används. För att få bästa möjliga rening och desinficering av dricksvattnet behövs en kombination av metoder och barriärer.

Klimatförändringarna förväntas medföra större och snabbare förändringar i råvattenkvaliteten (särskilt vad gäller ytvatten) samt tillfälliga ökningar i förekomsten av mikroorganismer. Det är därför viktigt att ha kontinuerlig övervakning

av råvattenskvaliteten och effekten av reningen/desinfektionen i vattenverket så att dessa förändringar kan hanteras med bibehållen kvalitet på dricksvattnet.

Eftersom virusinnehållet i behandlat vatten generellt är väldigt lågt kommer det av praktiska skäl inte att vara lämpligt att analysera virusförekomsten i dricksvattnet (resultaten kommer att vara otillförlitliga och eventuellt ge en falsk känsla av trygghet). Man måste därför se till att ha god

Bra att hålla koll på när det gäller vattenbehandlingen

- Eftersom virusförekomsten i behandlat vatten generellt sett är väldigt låg är det av praktiska skäl inte lämpligt att analysera virus i dricksvatten. Resultaten skulle bli för osäkra eller leda till en falsk trygghetskänsla.
- Även om man inte hittar några virus i analysen är detta inte någon som helst garanti för att det inte finns virus i vattnet. Det är därför viktigt att man ser till att ha en god kontroll på reningssteg och desinfektion för att säkerställa att virusavskiljningen/-inaktiveringen är så effektiv som möjligt.
- God effekt mot virus får man när reningsprocessen sköts på bästa sätt. För att uppnå bästa möjliga reningseffekt för virus kan man därför använda samma riktlinjer som för allmän optimering av reningsprocessen.
- Avskiljning/borttagning av virus är svårare än när det gäller bakterier och parasiter. Detta betyder att även små driftstörningar kan leda till en minskad reningseffekt för virus även om till exempel färgtalet fortfarande är lågt. Driftspersonal måste därför ha god kunskap om sin reningsprocess och arbeta kontinuerligt med att optimera och förbättra denna, även om vattenkvaliteten generellt är god.
- Sårbarhets- och riskanalys:**
 - Har man gjort en analys av sårbarhet och risk med avseende på brister i de hygieniska barriärerna och vad gäller förorening av råvattnet?
 - Arbetar man aktivt med att förebygga förorening av råvattnet?
 - Har man tillräckligt många och starka hygieniska barriärer i förhållande till risken?
- Teknisk optimering:**
 - Finns det någon online övervakning av reningsprocesserna?
 - Används resultaten aktivt för att styra reningsprocessen och för att utlösa varningssystem?
- Beredskap och kompetens:**
 - Har driftspersonalen tillräcklig kompetens för att kunna optimera reningsprocessen med avseende på hygieniska barriärer och för att kunna genomföra nödvändiga justeringar vid fel?
 - Har man tillräcklig beredskap för att snabbt kunna korrigerade bristande funktion i barriären eller hantera förorening av vattenkällan?

kontroll på reningssteg och desinfektion för att säkerställa att virusavskiljningen/-inaktiveringen är så effektiv som möjligt.

En kombination av olika vattenbehandlingsmetoder krävs för att man ska uppnå en tillfredsställande reningseffekt för olika typer av sjukdomsframkallande organismer. Tabellerna ger en översikt över hur effektiva de vanligaste behandlingsmetoderna är. Vid bedömning av vattenbehandlingen måste man ta hänsyn till hela denna bild, som komplement till en utvärdering av råvatten. Olika verktyg har utvecklats för detta ändamål:

- God desinfektionspraxis ([Norsk Vann rapport 170/2009. Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraxis.](#))
- MRA – Mikrobiologisk Riskanalys ([Svenskt Vatten](#)).

- WSP – Water Safety Plans ([WHO](#)).
- HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points ([Svenskt Vatten, Handbok egenkontrollprogram med HACCP](#)).

I VISK har man genomfört olika försök för att bestämma barriäreffekten för virus i vattenbehandling och för naturlig virusreduktion i grundvattenskällor. Observera att alla försök med avskiljning av virus, precis som försöken i VISK-projektet, är behäftade med stor osäkerhet, någonting som man måste ta hänsyn till när man använder dessa data. Reningseffekten kan också variera kraftigt mellan olika vattenverk, beroende på skillnader i drift och design.

Avskiljande metod	Bakterier	Virus	Parasiter
Snabbfiltrering	Dålig	Mycket dålig	Ganska dålig
Fällning + snabbfiltrering	Mycket bra	Bra	Mycket bra
Membranfiltrering:			
• Omvänd osmos och nanofiltrering	• Mycket bra	• Mycket bra	• Mycket bra
• Ultrafilter	• Bra	• Ganska bra	• Mycket bra
• Mikrofiltrering	• Ganska bra	• Mindre bra	• Mycket bra
• Ultrafilter eller mikrofiltrering, med fällning	• Mycket bra	• Mycket bra	• Mycket bra

Effektiviteten hos de vanligaste avskiljande reningsmetoderna (källa: Svensk GDP-vägledning, 2012)

Desinficerande metod	Bakterier	Virus	Parasiter
Klorering	Mycket bra	Ganska bra	Dålig
Ozonering	Mycket bra	Mycket bra	Delvis bra ¹
UV-bestrålning	Mycket bra	Bra ²	Mycket bra

Effektiviteten hos de vanligaste desinfektionsmetoderna.

¹ Bra mot Giardia, mindre bra mot Cryptosporidium

² Bättre för vissa virus än andra, bland annat tål Adenovirus UV

Reningssteg	Log-reduktion virus	Kommentar
Koagulering + filter el. sedimentering	1–3	
Filter el. sedimentering utan fällning	0–1	
Kolfilter	0–1	
Långsamfilter	2–3	
Konstgjord infiltration	1–4	Beror på markens egenskaper och uppehållstid.
Ultrafiltrering	>4	För UF dimensionerade för virusavskiljning.
Klor	4–6	Bör inte räknas som barriär mot parasiter.
Klordioxid	4–6	I regel lite effektivare än klor, men fortfarande inte en fullgod barriär mot parasiter.
Kloramin	0–1	
UV	3–4	Sämre effekt för adenovirus (0–1 log vid dos 30–40 mJ/cm ²).
Ozon	3–4	Ingen barriär mot cryptosporidium; parasiter är tåligare än virus. Anläggningar anpassade för färgborttagning kan köras med höga doser ozon som ger en hög log-reduktion för virus.

Exempel på barriärverkan för virus, baserat på resultat från VISK och litteraturstudier, visar den mest troliga log-reduktionen för virus under normala förhållanden, det vill säga utan störningar i desinfektions- eller föregående processteg. För bakterier och parasiter är reduktionen mer effektiv om inte annat står i kommentarskolumnen. För alla reningssteg måste man löpande kontrollera så att de fungerar, för att kunna räkna med uppgiven log-reduktion.

Log-reduktion som ett mått på barriäreffekt

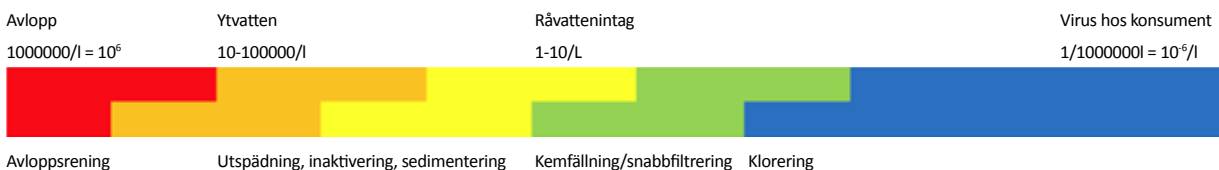
Ett sätt att beskriva hur mycket mikroorganismer som avskiljs från ett vatten vid behandling (barriäreffekt) är att uttrycka detta i procent (%). Procentsiffran anger antingen hur stor andel av det som fanns från början som tagits bort eller hur mycket som finns kvar. Om en stor andel tas bort, till exempel 99,99 % blir det till slut svårhanterliga siffror och det blir lätt fel. Då kan log-

begreppet, som egentligen säger samma sak, vara enklare att använda. 90 % avskiljning motsvarar 1 log (1 tiopotens, dvs 10 % kvar), 99 % är 2 log (2 tiopotens, dvs 1 % kvar), 99,9 % är 3 log, 99,99 % är 4 log, 99,999 % är 5 log och så vidare. (Som tumregel kan man använda att antalet log är samma som antalet 9:or i procenttalet som anger hur mycket som reducerats.)

Virushalter från avlopp till säkert dricksvatten

Hur mycket sjukdomsframkallande virus finns det i vattnet och hur mycket bör avskiljas? Huvudsyftet med VISK-projektet är att försöka besvara denna fråga. En vägledning ges längre fram i handboken, men för att ge en uppfattning om vilka mängder det handlar om har vi skapat en illustration baserat på data från VISK. Koncentrationen av virus i orenat

avloppsvatten är normalt sett 10^6 per liter. För att klara WHO:s mål att endast 1/10 000 personer ska smittas per år är behovet en reduktion med cirka 12 log. Denna reduktion fördelas på avloppsrening 1–2 log, utspädning, sedimentering och inaktivering i recipient 3–5 log. Då återstår det att avlägsna cirka 6 log i vattenbehandlingen.



Grundvattenuttag med avlagringar som hygienisk barriär mot virus

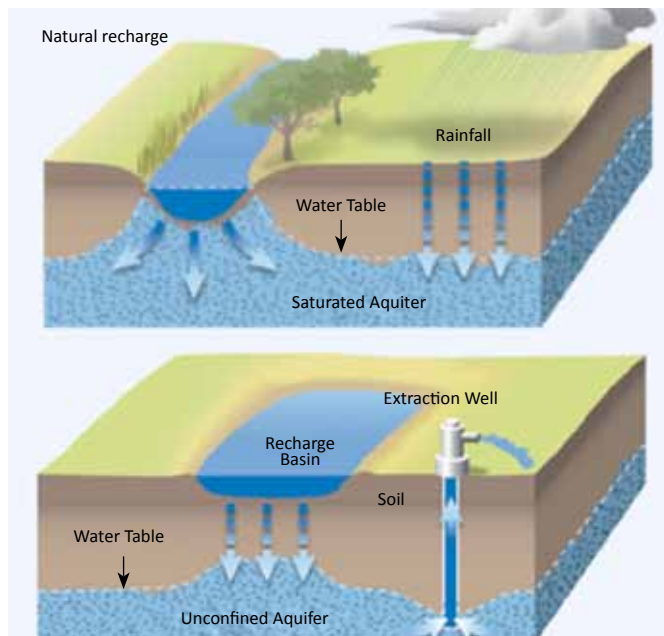
I Norge och Sverige baseras större delen av grundvattenförsörjningen på uttag av grundvatten via rörbrunnar i sand- och grusavlagringar, ofta i anslutning till vattendrag. Nybildning av grundvattnet i sådana avlagringar kan antingen ske på naturlig eller konstgjord väg:

- Naturlig genom infiltration av nederbörd.
- Naturlig genom infiltration från en älv eller insjö.
- Konstgjord genom pumpning av ytvatten till en infiltrationsbassäng eller injektionsbrunnar.

Vattnet i pumpbrunnen som används för att ta ut vatten ur grundvattentäkten består både vid naturlig och konstgjord infiltration av en blandning av vatten från en ytvattenkälla med kortare uppehållstid och nederbördsinfiltrerat grundvatten med längre uppehållstid.

När vattnet passerar genom marken utsätts det för en rad olika fysiska, kemiska och biologiska processer som alla bidrar till att rena vattnet. Infiltrationsvattnet motsvarar råvattnet och filtreringen/transporten genom sedimentlagren är "vattenbehandlingen".

För mer detaljerad information om grundvattensuttag, se www.grunnvann.no eller www.sgu.se.



Naturlig nybildning av grundvatten från nederbörd och vattendrag eller konstgjord nybildning av grundvatten i infiltrationsbassäng (reg: www.deltacouncil.ca.gov).

Inaktivering och avskiljning

Virusshot i dricksvatten elimineras genom avskiljning från vattnet och/eller genom inaktivering av ämnen som kan infektera en värdcell.

- Inaktivering ökar med ökande temperatur och låg vattenmättnadsgrad.
- Avskiljning (filtrering eller sorption) ökar med avtagande porstorlek, stor kontaktyta mellan kornen i marklagret och virus, olika laddning på viruset och jordkornen, låg vattenmättnadsgrad, liten kornstorlek och lång kontakttid. Kontakttiden styrs av parametrar som strömningshastighet och transportavstånd.

Barriäreffekter

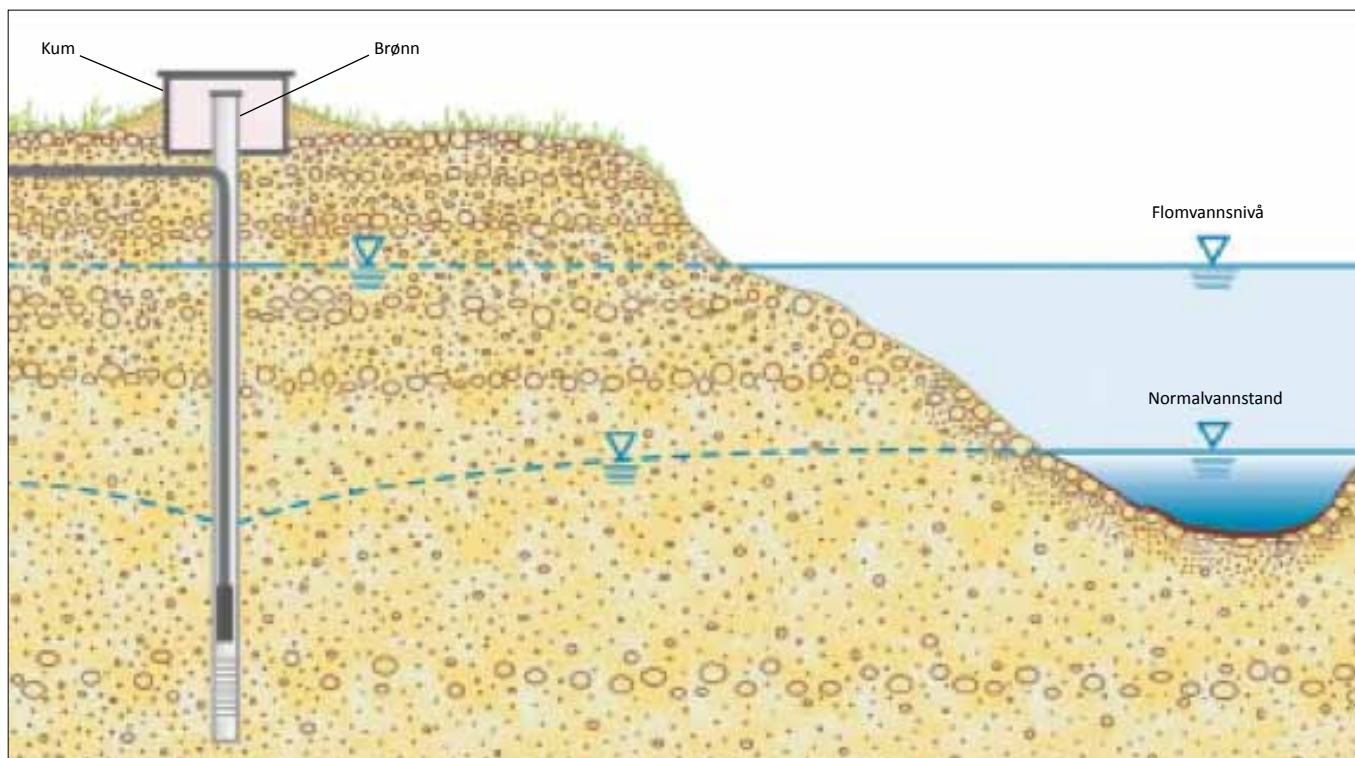
- Storleken på barriäreffekten mot virus och andra föroreningar beror på förhållanden som varierar mellan olika grundvattenanläggningar och geologiska medier. För att minska osäkerheten när man bestämmer barriäreffekterna vid ett grundvattenuttag är det därför nödvändigt att utföra grundliga fullskaliga hydrogeologiska undersökningar för varje enskild anläggning. När man beräknar log-reduktionen måste man exempelvis ta hänsyn till:
 - Akviferens egenskaper.
 - Skyddsåtgärder i akviferens upptagningsområde.
 - Övervakning av vattenkvalitet och vattenstånd i grundvattenkällan och vattendraget.
 - Uttagsgraden (vilken påverkar strömningshastigheten och kontakttiden).
- Barriäreffekten är ofta högre i markvattenzonen (den omättade zonen över grundvattenspegeln) än i grundvattenzonen (den mättade zonen) på grund av skillnader i faktorer som temperatur, vattenmättnadsgrad, förekomst av organiska material och strömningshastighet.
- I markvattenzonen, där porerna delvis är fyllda med luft, kan inaktivering väsentligt bidra till virusreduktionen.
- I den mättade zonen, där porerna är till 100 procent fyllda med vatten och temperaturen normalt sett är lägre, kan inaktiveringen vara långsammare, men i gengäld är uppehållstiden här ofta längre.
- Den fysiska avskiljningen från vattnet (vid filtrering/sorption) påverkas av kontaktytan och kontakttiden mellan kornen i marklagret och viruset, och styr virustransporten genom den mättade zonen i marklagren.
- Djup filterplacering i produktionsbrunnen ger en extra säkerhetsfaktor genom att man får en längre strömningssträcka och ökad kontakttid.
- I grövre avlagringar med liten kontaktyta mellan viruset och marklagren, krävs en längre uppehållstid (kontakttid) för att uppnå samma barriäreffekt som anges i tabellerna nedan.
- Barriäreffekterna i omättade och mättade zoner utgör "vattenbehandlingsanläggningen" i grundvattenkällan. För att upprätthålla effekten av denna naturliga vattenbehandling måste man skydda källans upptagningsområde. Detta kan man läsa mer om i riktlinjerna för "Beskyttelse av grunnavvansanlegg" (Norges Geologiske Undersøkelse, 2011).

Tjocklek omättad zon	Kontakttid omättad zon	Maximal log-reduktion virus
20 meter	> 8 dygn	4 log
15 meter	> 6 dygn	3 log
10 meter	> 4 dygn	2 log
5 meter	> 2 dygn	1 log

Exempel på barriäreffekter för virusreduktion vid strömning genom den omättade zonen. Exemplet gäller under förutsättning att infiltrationsmaterialiet består av 80 % sand och att 20 % av marklagret har en kornstorlek < 1 mm. Infiltrationsvattnets strömningshastighet bör vara < 3 m/dygn.

Avstånd vattendrag och brunnområde	Kontakttid i den mättade zonen	Maximal log-reduktion virus
80 meter	> 20 dygn	4 log
60 meter	> 15 dygn	3 log
40 meter	> 10 dygn	2 log
20 meter	> 5 dygn	1 log

Exempel på barriäreffekter för virusreduktion vid strömning genom den mättade zonen. Exemplet gäller vid användning av vertikala produktionsbrunnar och förutsätter att akviferen består av 80 % sand och att 10 % av marklagret har en kornstorlek < 1 mm. Dessutom måste avlagringen vara fri från kanaler med grövre material som kan orsaka stopp i transportvägen. Grundvattnets strömningshastighet bör vara < 5 m/dygn.



Vid normalt vattenstånd är infiltrationsytan mot ett vattendrag ofta igenslammad och har en god reningseffekt på det ytvatten som infiltreras in till grundvattnet. Filtreringseffektiviteten hos flodbädden kan emellertid variera under året. Särskilda risker är knutna till perioder med översvämning och högt vattenstånd i älvar och insjöar. Ett kraftigt vattenflöde kan «skrapa» bort slamlagret i flodbädden så att reningseffekten minskar. Vid onormalt högt vattenstånd kan vatten infiltreras genom grövre lager högre upp längs flodbanken (kanaldränering). Detta ger en ökad infiltrationshastighet och reducerad reningseffekt (Gaut 2011 efter Eckholdt & Snilsberg 1992).

Kom-ihåg-lista för skydd mot mikroorganismer i grundvatten från jordartslager

Val av källa – sårbarhet och aktivitetsregler:

- Är akviferen en öppen akvifer?
- Finns några lågpermeabla lager i akviferen?
- Är akviferen i hydraulisk kontakt med ett vattendrag?
- Har tjockleken på den omättade zonen kartlagts?
- Har produktionsbrunnens influensområde kartlagts?
- Har källor till föroreningar inom brunnens influensområde identifierats?
- Har grundvattnets uppehållstid från vattendrag till produktionsbrunnar kartlagts?
- Har grundvattnets uppehållstid från potentiella föroreningskällor till produktionsbrunnar kartlagts?
- Är samspelet mellan vattendrag och akviferen tillräckligt kartlagt?
- Finns det risk för stopp i flödet från vattendrag till brunn vid översvämning?
- Har skyddszoner inrättats runt grundvattenanläggningen?
- Finns det registrerade markägaravtal i skyddsområdet (zon 1 och 2)?
- Har skyddszoner lagts in i detaljplanen för området?
- Har produktionsbrunnarna registrerats i den nationella grundvattendatabasen?

Brunnar och vattenintag – säkerhetsåtgärder:

- Ligger toppen på brunnen högre än markytan?
- Är fallriktningen på marken bort från brunnen?
- Är toppen på brunnen säkrad med ett tätt lock eller brunnhus?
- Är området runt brunnhuset/brunnsluckan inhägnat?
- Finns det någon risk att ytvatten tränger in runt toppen på brunnen eller röret?

Behov av vattenbehandling – naturliga mikrobiologiska säkerhetsbarriärer:

- Har man genomfört provpumpning i minst ett år?
- Har råvattenkvaliteten i produktionsbrunnen kartlagts under provpumpningsperioden?
- Har råvattenkvaliteten i eventuella infiltrerande vattendrag kartlagts under provpumpningsperioden?
- Utförs kontinuerlig övervakning av vattenkvaliteten i produktionsbrunnar?
- Utförs kontinuerlig övervakning av vattenkvaliteten i infiltrerande vattendrag?
- Har man etablerat två eller flera hygieniska barriärer i vattenförsörjningssystemet?
- Är uppehållstiden i den mättade zonen ≥ 14 dygn?
- Finns det risk för tidvis inträngning av vatten med kortare uppehållstid?

Kemisk fällning

Kemisk fällning kan vara uppbyggd på olika sätt (direktfiltrering, sedimentering, flotation med mera och eventuellt kombinationer av dessa). Gemensamt för allihop är att de i princip består av två steg:

1. Kemisk förbehandling (koagulering och eventuellt flockning).
2. Separation (sedimentering, filtrering, flotation eller en kombination av dessa).

Reningseffekten för virus är beroende av att båda stegen fungerar väl.

Barriäreffekt

- För kemisk fällning kan man anta en barriäreffekt på 1–3 log. Typiska värden för välfungerande fällningsanläggningar är 1,5–2 log. Detta verkar gälla oavsett om man enbart

använder filter eller filter kombinerat med en förseparation (sedimentering/flotation).

- Barriäreffekten är specifik för varje vattenbehandlingsanläggning och beror även på graden av driftoptimering, se nedan.

Driftoptimering

- Förutsättningen för att man ska uppnå den log-effekt som beskrivs ovan är en väl fungerande anläggning med låg turbiditet i utloppet ($< 0,1$ NTU). Till en viss grad kan man förvänta sig att reningseffekten sammanfaller med utloppsturbiditeten och att man därmed, på samma sätt som för till exempel parasiter, måste se till att ha en god och stabil drift, med låg filterhastighet samt en kemikaliedos och ett fällnings-pH som är så nära de optimala som möjligt med hänsyn till råvattenkvaliteten. I praktiken kan

det vara lämpligt att ha en något högre dos, för att säkert kunna hantera variationer i vattenkvaliteten.

- Försöken i VISK har visat att flockbildningen (vilken beror av dos och pH) har störst betydelse för detta reningssteg precis som för separationen (sedimentering, flotation och/eller filtrering). Detta antas höra samman med att virus är väldigt små partiklar (ner till ca 20 nm, patogena virus i vatten ner till ca 30 nm) och att separationen är helt beroende av en god kemisk förbehandling.
- En oprecis kemikaliedos eller ett felaktigt fällnings-pH kan lätt leda till en halvering av reningseffekten för virus, även om utloppsturbiditeten förblir låg.
- Större förändringar i filterhastigheten ger en mer beskedlig effektförlust, så länge den kemiska förbehandlingen är god. Filterhastigheten bör likväl hållas så konstant och låg som möjligt.
- Läs mer i [VISK-rapport från arbetspaket 4](#) och [Norsk Vann rapport nr. 188, Veiledning for drift av koaguleringsanlegg](#).

Val av styrparametrar

- Klimatförändringar förväntas ge en större variation i både färgtal och partikelinnehåll i råvattnet. Dessa variationer kommer att påverka fällningssteget och medföra större utmaningar när det gäller att åstadkomma tillräcklig avskiljning av virus i vattenverk. Det kommer därför att vara viktigt med kontinuerlig uppföljning av kemikaliedoser och fällnings-pH.
- Vattenverk bör aktivt använda online-mätning av turbiditet eller partiklar för att kunna korrigera kemikaliedos/pH där så behövs och vara särskilt uppmärksamma på förändringar i råvattenkvaliteten. Vid dålig funktion på processen är det viktigt att lokalisera om det är flockbildningen, avskiljningen av flock eller båda som inte är optimal.
- Generellt kan man anta att en låg utloppsturbiditet är ett tecken på god reningseffekt, men trots att online partikel-mätning under/efter processen anses mycket viktig, så visar försök att reningseffekten för virus kan variera mellan 1 och 2 log på en och samma anläggning (direktfiltrering) även om utloppsturbiditeten hela tiden ligger under 0,1 NTU. Detta betyder att turbiditet inte är en fullgod indikator på god virusavskiljning.

- Mätning av rester av koagulanter (till exempel aluminiumrest) och/eller partikelräkning kan vara mer lämpliga metoder. Man har observerat variationer i log-avskiljningen som inte korrelerar eller kan förklaras med andra vattenkvalitetsparametrar (till exempel turbiditet). Andra instrument/mätare som kan vara värdefulla är laddningsmätare, zeta-potential, doskontrollsystem (som DOSCON).
- Varje enskilt vattenverk måste finna just sin mest känsliga parameter och inrätta en god uppföljning av denna. Se rapporter från [Norsk Vann](#) och [Svenskt Vatten](#) om optimal desinfektionspraxis för mer utförlig information.

Kolfilter

Vid rening av dricksvatten används kolfilter (filterbäddar med granulerat aktivt kol) framförallt för att avlägsna löst organiskt material genom adsorption.

Barriäreffekt

- Man kan inte förvänta sig någon adsorption av virus från aktivt kol. Ett kolfilter som består av granulerat aktivt kol kommer däremot att verka som ett snabbfilter.
- Reningseffekten för filter utan koagulering har inte kartlagts särskilt väl, men antas ligga mellan 0 och 0,5 log.



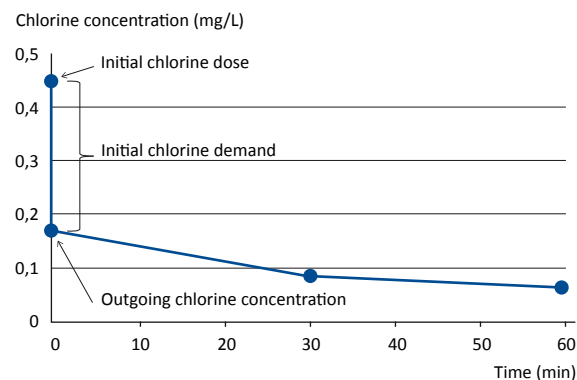
CT-värde (koncentration-tid) och desinfektion

Ett virus som ska inaktiveras ("dödas") med hjälp av kemiska desinfektionsmedel (klor och ozon) måste komma i kontakt med en tillräckligt stor mängd av desinfektionsmedlet under tillräckligt lång tid. Denna kombination av koncentration och tid kallas CT-värde. Följande faktorer påverkar CT-värdet:

- Vattnets kemiska sammansättning (pH och innehåll av organiskt material) och temperatur.
- Koncentration och typ av desinfektionsmedel (varierande effektivitet).
- Kontakttiden mellan desinfektionsmedlet och de organismer som ska inaktiveras.
- Genomströmningen i desinfektionsutrustningen, vilken avgör koncentration och kontakttid

Vid tillsättning av klor eller ozon sker en snabb reaktion med det organiska materialet i vattnet (initialreduktion). Därefter sker en långsammare reaktion med resterande desinfektionsmedel. Detta illustreras i figuren. CT-värdet är summan av tid och koncentration, motsvarar arean under linjen och uttrycks i $\text{mg} \cdot \text{min}/\text{L}$.

Sjukdomsframkallande mikroorganismer har olika hög tolerans mot desinfektion, och därmed olika CT-värden för att uppnå önskad log-avskiljning. Till exempel är det svårt att inaktivera parasiten cryptosporidium i tillräcklig grad vare sig med klor eller med ozon på grund av dess höga tolerans (höga CT-värde) mot dessa medel.



Desinfektionsförlopp, klor. CT-värdet motsvarar arean under linjen.



Desinfektion med klor

Desinfektion med användning av klorföreningar är en vanlig metod för att inaktivera bakterier och virus. Klor kan inte användas mot parasiter. Fritt klor påverkar både virusets arvs-massa och möjligheten för viruset att injicera sin arvs-massa i värdcellen, medan klordioxid i huvudsak verkar genom att utsatta viruspartiklar inte kan binda till sina värdceller.

- Desinfektionseffekten vid kloranvändning beror främst av koncentration och kontakttid, men påverkas även av pH, förekomst av organiskt material, typ av klorförening som används och temperatur. Se även faktaruta om CT-värde.
- Fritt klor är effektivare vid lägre pH-värden, då jämvikten drivs mot den mer virusdödande hypoklorsyra.
- Eftersom den biokemiska aktiviteten ökar med temperaturen går inaktiveringen av virus fortare ju högre temperaturen är.

Barriäreffekt

- Barriäreffekten skiljer sig från vattenverk till vattenverk, men man kan generellt förvänta sig att den är god om klor används: 2–6 log för klor under ”normala förhållanden”, det vill säga utan störningar i vare sig desinfektionsprocessen eller föreliggande processer. Detta under förutsättningar att tillräckliga CT-värden uppnås.
- Försöken inom VISK utfördes med ett adenovirus, ett reovirus (samma grupp som rotavirus), ett norovirus samt ett enterovirus. Initialreduktionen av virus låg mellan 2 och 5 log med ett genomsnitt på över 3 log för alla testade virus. En försämrad funktion vid högre färgtal kunde ses vid försök med bakteriofager. Vidare läsning i fagrapporten.
- Som mått på effektiviteten användes klorkontaktid för 1 log-reduktion ($\text{mg} \cdot \text{min}/\text{L}$). Denna är lätt att multiplicera för önskad barriäreffekt (x 3 för 3 log-reduktion, x 4 för 4 log o.s.v.). CT för 1 log-reduktion låg under $1,0 \text{ mg} \cdot \text{min}/\text{L}$

i samtliga försök. Det högsta värdet, 0,90, var för adenovirus på obehandlat råvatten från Rådasjön. I de flesta fall låg CT för 1 log-reduktion under $0,5 \text{ mg} \cdot \text{min}/\text{L}$, vilket innebär att man för 4 log-reduktion (utan initialreduktion) bör uppnå $\text{CT} > 2 \text{ mg} \cdot \text{min}/\text{L}$. Se även [VISK-rapport från arbetspaket 4](#).

- Försöken i VISK antyder att exempelvis skulle en koncentration av fritt klor på $0,2 \text{ mg}/\text{L}$ som efter 20 min är $0,1 \text{ mg}/\text{L}$ ge ett CT-värde motsvarande $3 \text{ mg} \cdot \text{min}/\text{L}$ och en trolig reduktion på cirka 6 log, initialreduktionen ej inräknad.

Driftoptimering

- Vid användning av klorföreningar är desinfektionen mest effektiv vid låga pH-värden, och tillsats av klor bör därför ske före en eventuell pH-justering.
- Tillsatt klor kommer att förbrukas av organiskt material och partiklar i vattnet, så en god förbehandling ökar desinfektionseffekten. Det rekommenderas därför att man håller ett öga på förändringar i vattenkvaliteten och justerar klordosen därefter. Detta kommer att behövas till exempel vid kraftig nederbörd, snösmältning, förändringar i råvattenkällan eller brister i förbehandlingen.

Styrparametrar och kontroll

- Det bästa sättet att övervaka effektiviteten av desinfektion med klor är online-mätning av fritt klor.
- Observera att analysosäkerheten för fritt klor är mycket stor vid en detektionsgräns på $0,05 \text{ mg}/\text{l}$. Man måste ha över $0,05 \text{ mg}/\text{l}$ för att kunna påvisa restklor och värden under $0,1 \text{ mg}/\text{l}$ ska användas med försiktighet.
- Effektiviteten av klor fastställs normalt genom beräkningar eller koncentrationskrav. Man kan även få en uppfattning om effekten med hjälp av andra metoder som till exempel ”levande celler”. Vidare läsning i vetenskaplig rapport från [VISK arbetspaket 4](#).



Desinfektion med ozon

Ozon är en starkare oxidant än klor (likvärdig reduktion vid lägre CT-värde). Dess desinficerande verkan innefattar inaktivering av nukleinsyror (DNA och RNA) samt förstörelse av cellväggarna hos bakterier eller proteinhöljet hos virus. Oxidationsförloppet kan (något förenklat) indelas i två faser, där det i det första sker en snabb reduktion (<1 min) då ozonet reagerar med oxiderbara ämnen och därefter ett långsammare förlopp som har större betydelse för desinfektionsprocessen.

- En vattenbehandlingsanläggning får inte släppa ut några ozonrester och ozonering ger därför ingen restdesinfektionseffekt i nätet.
- Förutom den desinficerande effekten erhålls även en färgminskning, förbättring av vattnets sensoriska kvalitet och nedbrytning av olika miljögifter där sådana finns.
- Färgminskningen ger dessutom en ökning i vattnets UV-transmission som har betydelse vid dimensionering av efterföljande UV-aggregat, någonting som i Norge ofta används som en hygienisk tilläggsbarriär tillsammans med ozonering.

Barriäreffekt

- För att uppnå en reduktion av virus och bakterier på 3 log och en reduktion av parasiter på 2 log vid 4°C krävs ett CT-värde på 0,5 för bakterier, ett CT-värde på 1,0 för virus och ett CT-värde på 1,5 för Giardia. Detta uppnås normalt vid en dosering på 0,5–1,0 mg ozon/l.
- När ozon används för att avlägsna humus är dosen ofta

närmare 5 mg ozon/l. Vid så höga doser ger ozonering en mycket god desinfektionseffekt.

- Ozon ger inte en fullgod barriär mot cryptosporidium. Cryptosporidium är betydligt mer resistent och här krävs ett CT-värde på 30. Detta gör det nödvändigt att använda högre ozondoser och inte minst en längre kontakttid. Med hjälp av en riskvärdering bör man bedöma i hur hög grad ozonering kan fungera som en delbarriär (till exempel 1 log-reduktion) i förhållande till cryptosporidium.

Driftoptimering

- Vid ozonering, särskilt av ytvatten, krävs en efterföljande biologisk filtrering för att reducera lätt biologiskt nedbrytbart organiskt material som skapas vid oxidation av humushaltigt vatten.
- För råvatten med ett färgtal över 25–30 mg Pt/l rekommenderas normalt andra metoder än ozonering för avlägsnande av humus.
- Vid byggnation av nya anläggningar är det viktigt att förbereda för tillräcklig strömning i kontaktkammaren och att etablera provpunkter för dokumentation av att önskade CT-värden uppnås.
- Viktiga kontrollparametrar i den dagliga driften är online-mätning av ozonkoncentrationen i gasströmmen ut ur ozonaggregatet och 2–3 provpunkter i kontaktkammaren för online-mätning av ozonkoncentrationen i vattenfasen.
- Erfarenheter från moderna ozoneringsanläggningar visar att dessa är robusta och pålitliga i drift.



Ultraviolet bestråling

Ultraviolet bestråling (UV) är en desinfektionsmetod som blir allt vanligare på grund av dess större effektivitet när det gäller inaktivering av parasiter jämfört med klor.

- Effekten beror av partikelförekomst och färgtal hos det behandlade vattnet och skiljer sig för olika typer av mikroorganismer.
- För detaljerad information om UV-bestråling, se ["Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann" Norsk Vann rapport 164 \(2009\)](#).

Barriäreffekt

- Virus har olika stor motståndskraft mot UV-bestråling. En UV-dos på 30–40 mJ/cm² inaktiverar de flesta virus i storleksordningen 3–4 log eller högre. Men detta gäller till exempel inte för vissa typer av adenovirus

Driftoptimering och styrparametrar

- Effektiviteten hos UV-desinfektion beror på vattnets transmission och hur stor mängd vatten som passerar genom aggregaten.

- Vattnets UV-transmission (UVT) är särskilt beroende av innehållet av organiskt material (humus, etc.) och det är ofta en god korrelation mellan ökad färg och minskad UVT. Det är därför viktigt att UV-anläggningen är utformad för den lägsta UVT som kan förekomma. Om vattenverket använder avfärgning (exempelvis koagulering och filtrering), måste man ta ställning till om UV-anläggningen ska dimensioneras för att kunna rena också obehandlat vatten (råvatten) vid en nödsituation.
- För att åstadkomma bästa möjliga transmission bör förbehandlingen inriktas på att minska förekomsten av partiklar och organiskt material (färg). Partiklar i vattnet kan dessutom skydda patogener från strålningen och det är därför viktigt att ha så låg turbiditet som möjligt in i aggregaten.
- Om kemisk fällning och sedimentering eller filtrering används före UV-anläggningen, bör man vara uppmärksam på att störningar i dessa processer skulle kunna medföra en ökad turbiditet, som reducerar barriäreffekten betydligt.
- För att man ska uppnå en tillräckligt stor dos (30 eller 40 mJ/cm²) är det viktigt att kontrollera hur stor vattenmängd som tillförs varje aggregat samt kvaliteten på vattnet (mätt i transmission eller intensitet).

	2 log	3 log	4 log
Calicivirus	10–15	15–25	30
Adenovirus	60–100	80–150	
Enterovirus	10–15	15–25	25–40
Rotavirus	15–20	25–30	40
Hepatit A-virus	8–14	12–22	16–30

UV-dos (mJ/cm²) som behövs för att uppnå 2, 3 respektive 4 log-reduktion av olika virus. (Ref: Eikebrokk, Ræstad, Hem, & Gjerstad, 2008)



Ultrafilter finns i olika utförande, till exempel moduler med hålfibrer som monteras i stora rack med tryckrör. Demonstrationsmodulen på bilden är öppnad så att man kan se och känna på fibrerna.

Ultrafilter – UF

Ultrafilter för dricksvattenberedning är ett membran av polymer eller cellulosa med för ögat osynliga porer, som är väldefinierade i storlek. Vattnet pressas genom membranet och då avskiljs mikroorganismer, restflock och partiklar effektivt.

- Ultrafilter kan inte ensamt reducera vattnets färg, lukt eller lösta miljöföroreningar, för det behövs ofta en kombination med kemisk fällning.
- De mikroorganismer som avskiljs förs till avlopp via regelbunden backspolning.
- Energiförbrukning och vattenförlust är mycket låga jämfört med nanofiltrering och omvänd osmos.
- Eftersom membranerna även avskiljer restflock så är de tåliga mot störningar i föreliggande fällning, vilket är en fördel gentemot UV.

Ultrafilter finns i olika utförande, till exempel moduler med hålfibrer som monteras i stora rack med tryckrör. På bilden visas membran från Pentair X-flow.

Barriäreffekt

- Den mikrobiologiska barriäreffekten av ultrafilter med porstorlek på cirka 25 nm är 4 log för virus och 5–6 log för bakterier och parasiter.
- En fördel med ultrafilter är att vattnets fysikalisk-kemiska egenskaper inte ändras. Ultrafilter är ett avskiljningssteg och inte en avdödning, så resterna av organismer i vattnet minimeras.
- Ultrafilter är tåliga för eventuella störningar i föreliggande processer, det vill säga det är en oberoende barriär. Det finns även möjlighet att direktfälla med ultrafilter.

Driftoptimering

- Optimal drift kräver ett intakt membran, därför är det viktigt att kunna kontrollera att så är fallet. Man kan dels göra det rent fysiskt genom att trycksätta blöta membran med luft och mäta eventuella tryckfall (Air Integrity Test), dels genom att använda en laboratorieanalys som är tillräckligt känslig för att se reduktionen.
- Membranets permeabilitet och det tryck det utsätts för avgör vilka intervall och kemikalier som ska användas för backspolning och tvätt av membranet. Traditionella vattenverkskemikalier som lut, syra och klor används för rengöring, dessutom genomförs backspolning med filtrerat vatten (permeat).
- On-line övervakning kan ske med partikelräknare för att spåra större fiberbrott eller andra läckage. Observera att det inte är tillräckligt med de partikelräknare som

traditionellt används i VA-branschen, utan det behövs partikelräknare avsedda för den här typen av rena vatten. Beroende på matarvattnets turbiditet kan eventuellt lågturbmätare användas.

- Vid provtagning och kontroll är det viktigt att använda sig av parametrar som ger tillräckligt höga halter före membranet för att man ska kunna se vilken reduktion man fått efter. Viruslika partiklar (VLP), fluorescerande partiklar (mikroalger) och levande celler kan användas för avskiljning, och "mikroorganismer 3d och 7d (kimtal)" för att kontrollera efterväxt. Beskrivning av parametrarna finns i [VISK-rapport arbetspaket 4](#).
- Kvalitetskontroll av nya membran kan ske med tillsatsförsök på mini-moduler av representativa fibrer, eller genom provtagning av VLP över just den nya modulen.
- Viktiga punkter i kvalitetskontrollen är:
 - Övervakning med larm av tryckdifferens över membranet för att undvika att det skadas.
 - Regelbunden integritetskontroll enligt membrantillverkarens anvisningar.
 - Vid driftkontroll bör man mäta någon parameter före och efter membranet som kan påvisa god reduktion, till exempel VLP eller levande celler.
 - Ha online-instrument som kan indikera läckage, till exempel partikelräknare för mycket små partiklar.
 - Konduktivitetmätning av permeat för att se att inga tvättkemikalier finns kvar i levererat vatten.
 - Prova sig fram till hur membranet behöver tvättas för aktuellt vattenverk.
- Se även SVU-rapport 2011-05 om upphandling av ultrafilter för exempel på kravspecifikation och produktkontroll.





4. Värdering av risk och koll på kvaliteten

För att kunna svara på frågan: "är min vattenförsörjning god nog?" bör man utgå från svaren på följande frågor:

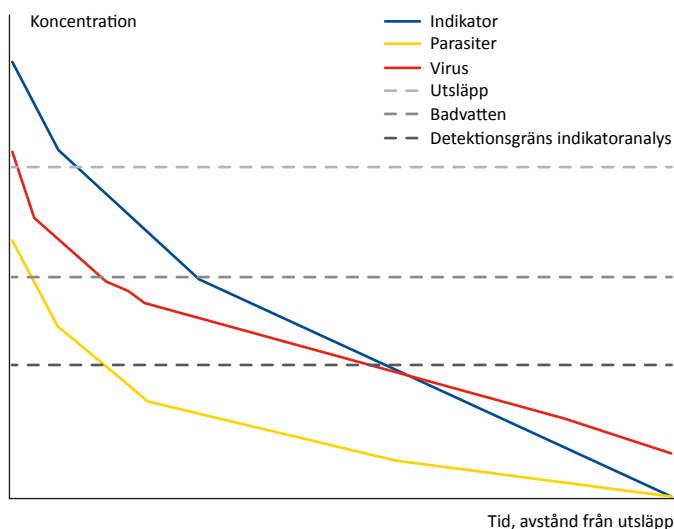
1. Hur mycket föroreningar har jag i råvattnet (och hur varierar dessa)?
2. Varifrån kommer föroreningarna?
3. Hur effektivt kan vattenverket ta bort föroreningarna?
4. Hur stor risk är det att föroreningar kommer in i själva ledningsnätet?

Föroreningar i råvattnet

Det finns olika sätt att ta reda på hur påverkat råvattnet är, alla med sina för- och nackdelar.

- Ett sätt är att mäta halten av sjukdomsframkallande mikroorganismer (patogener) i vattnet. Fördelen är att detta ger svar på hur mycket som finns utan att man behöver ta hänsyn till överlevnad, utspädning och antalet sjuka i befolkningen. Nuförtiden görs detta med metoder baserade på detektion av arvs massa såsom PCR.
- Eftersom det finns många olika sjukdomsframkallande mikroorganismer som kan spridas med vatten och det är en komplicerad och dyr process att bestämma om var och en av dessa är närvarande i vattenprover, använder man sig istället ofta av indikatorer för fekal förorening som ett mått på förorening.
- Påvisandet av en indikator betyder att vattnet är fekalt påverkat och därmed att det finns en ökad sannolikhet för att vattnet innehåller patogener. Närvaron av en indikator behöver inte alltid betyda att det verkligen finns patogener i vattnet, då indikatorerna kan komma från individer som inte är infekterade och i vissa fall även från andra källor än varmblodiga djur.

- Det är viktigt att man är medveten om att frånvaron av en indikator inte automatiskt betyder obefintlig risk, då vissa patogener kan ha en bättre överlevnad i miljön, till exempel virus och parasiter.
- De vanligast använda indikatorerna är E. coli och enterokocker.



Den relativa halten av en indikator (t.ex. E. coli), parasiter (såsom Giardia och Cryptosporidium) samt tarmvirus (såsom norovirus) i orenat avlopp, efter primär och sekundär rening samt spridning i vattenmiljön. Ju längre från utsläppet man kommer, desto mer ökar den relativa halten av parasiter och framför allt virus i förhållande till indikatorn. Detta beror på deras bättre överlevnad i miljön. Till exempel är sedimentationsprocesser en viktig del i avskiljningen i en vattentäkt. Medan indikatorbakterier hinner dö kan uppslammat sediment fortfarande innehålla infektiösa virus och parasiter. Virus sedimenterar inte heller lika väl som indikatorbakterierna under transport. Gränsen för när indikatorbakterierna ligger lägre i nivå än virus och parasiter varierar beroende på typ av avloppsrening och förhållanden i reservoaren, men uppskattningsvis rör det sig om någonstans mellan en och två veckor.

Kapitlet "Värdering av risk och koll på kvaliteten" i sammanfattning

Det är svårt att skydda sig mot virus i vattenförsörjningen

- Det finns ingen analysmetod som är känslig nog för att man ska kunna mäta virushalten direkt i dricksvatten. Man kan därför inte satsa på att påvisa virus i dricksvatten eller på detta sätt kontrollera reningseffekten på ett vattenverk.
- Det finns väldigt lite information om koncentrationer och variationer av virus i råvatten. VISK-projektet har gett en del data för ett litet antal vattendrag, men det finns fortfarande väldigt lite information om hur viruskoncentrationerna varierar över året eller vid nederbörd. Det finns också begränsad information om vilka typer av virus som finns.
- Det är svårt att avlägsna virus. Reningseffekten varierar med driftsbetingelser och det finns ännu ingen detaljerad kunskap om hur man bäst kontrollerar reningseffekten hos vattenverken.
- Virus kan orsaka sjukdom även vid mycket låga koncentrationer.
- I en riskvärdering bör man anta att det finns virus i råvattnet i alla fall där detta påverkas av mänsklig aktivitet, särskilt avlopp. Dessutom kan man inte förlita sig på att analyser av virus eller andra mikrobiologiska indikatorer garanterar säkerheten, även om ingen förekomst kan påvisas.

Två strategier för vattenverk

1. Välj reningsprocesser på sådant sätt att de skyddar mot smitta från virus.
 - Detta kan innebära att man måste öka reningsgraden utöver vad som är fastslaget i dagens regelverk, till exempel genom att anta att kemisk fällning och ultrafiltrering inte är fullgoda barriärer.
 - Det kan betyda att vattenverk måste överväga att införa ytterligare åtgärder mot virus, till exempel använda sig av både UV och klor som tillägg till andra reningsprocesser.

2. Kartlägg virus i råvattenkällan.

- Man bör genom långsiktiga analysprogram skaffa sig en översikt över omfattningen och variationen av fekal förorening i råvattnet, samt de viktigaste källorna till detta.
 - Detta dataunderlag kan över tid användas till att förbättra riskvärderingen i vattenförsörjningen, till exempel genom ökad kunskap om vilka förhållanden som är mest kritiska med avseende på virusinfektion.
 - En kartläggning kan också användas som underlag för beslut om huruvida åtgärder ska vidtas inom vattenförsörjningen eller om andra typer av åtgärder behövs. (Desinfektion av avlopp? Flytt av intag? Flytt av utsläpp?).
- ### Konkreta rekommendationer
- Börja analysera råvattnet. Inrätta ett analysprogram som både tar periodiska prover och som identifierar särskilda förhållanden såsom hög nederbördsintensitet, partikelfattigt vatten, ovanligt kallt och så vidare. Samarbeta gärna med avloppsreningsanläggningar när det gäller att ta fram data om viruskoncentrationer från avloppsvattnet och vid bräddning.
 - Optimera dagens reningsprocess i enlighet med fackmässiga riktlinjer, exempelvis från ODP/GDP, experter, EPAs riktlinjer och liknande.
 - Genomför undersökningar för att identifiera vilken driftparameter som är mest känslig på ditt vattenverk. Möjliga kandidater kan vara analys av restkoagulanter, partikelräkning eller virusliknande partiklar.
 - Genomför en riskvärdering där man inte bara baserar sig på genomsnittsvärden, utan analyserar risken baserat på kända variationer i kloridos, reningseffekt och virusförekomst.
 - Bedöm om det finns behov av fler åtgärder, till exempel att använda klor även om man redan har två andra barriärer, eller eventuella åtgärder på avloppsreningsanläggningen.

Indikatororganismer

Indikatororganismer används vid vattenanalyser för att signalera närvaron av fekal förorening och därmed att det finns en risk att vattnet innehåller mikroorganismer som kan orsaka sjukdom. Detta är en enklare metod än att analysera direkt för alla tänkbara vattenburna, sjukdomsframkallande bakterier, parasiter och virus. Indikatororganismer kan också användas för att utvärdera effekten av vattenbehandling. Gemensamma kriterier för indikatororganismer är följande:

- Inte vara sjukdomsframkallande
- Finnas i stort antal i avföring från alla djur och människor.
- Ha en högre förekomst i avföring än sjukdomsframkallande mikroorganismer.
- Överleva i vattnet på ett liknande sätt som sjukdomsframkallande mikroorganismer.

- Inte bildas i naturliga vattenkällor.
- Inaktiveras eller avskiljas i samma grad som sjukdomsframkallande mikroorganismer vid vattenbehandling.
- Kunna påvisas med hjälp av enkla och billiga metoder.

Det finns olika indikatororganismer med olika egenskaper och valet av indikatororganism beror på vad som ska studeras. De vanligast använda indikatorerna är koliforma bakterier och *E. coli*. Andra som kan användas (som komplement) är enterokocker (*Ent. faecalis* och *Ent. faecium*), sporer från anaeroba sulfit-reducerande bakterier (*Clostridium perfringens*) samt kolifager, som är virus som infekterar vissa *E. coli*-stammar.

Indikatororganism	Halt i avloppsvatten [CFU/100 ml]	Indikerar	Kommentar
Koliforma bakterier	10^{7-8}	Ytvattenpåverkan av grundvatten, ev. fekal förorening och förorening på ledningsnät och/eller suboptimal rening (desinfektion).	
<i>E. coli</i>	10^{6-7}	(Färsk) fekal förorening.	
Fekala enterokocker	10^{5-6}	Fekal förorening.	
Somatiska kolifager	10^{5-6}	Fekal förorening, risk för virus.	Begränsad analystillgänglighet.
Clostridiesporer	10^{4-5}	Äldre fekal förorening.	Sporerna är mycket tåliga.
Totalt antal bakterier		Förändring med onormalt höga värden kan indikera ytvattenförorening och/eller sub-optimal rening (desinfektion).	Bör ingå i analys av grundvatten. Var vaksam på förändringar.
Totalt antal långsamväxande bakterier		Dito.	Bör ingå i analys av grundvatten. Var vaksam på förändringar.

E.coli

E.coli finns i stora mängder i avföring från djur och människor och är en ofta använd indikator på färsk fekal förorening av en vattenkälla (WHO Guidelines). Dagens metod för att påvisa E.coli kan dock inte skilja mellan förorening från människor och djur. E.coli används också som en processindikator för att utvärdera effekten av vattenbehandling. Tarmvirus har emellertid en bättre förmåga att överleva i vattenkällan och i en del behandlingsprocesser än E. coli. Fria viruspartiklar sedimenterar dessutom långsammare än E.coli. E.coli är därför inte en lämplig indikator för påvisning och inaktivering/avskiljning av humanpatogena (sjukdomsframkallande hos människor) tarmvirus i en vattentäkt, utan att ta hänsyn till ovanstående.

Intestinala enterokocker

Intestinala enterokocker är grampositiva, runda till äggformiga bakterier som har samma källor som E. coli. Membranet och formen, som gör att de har mindre yta i förhållande till volym jämfört med stavformiga bakterier, gör dem tåligare i miljön än E. coli. De är även inkluderade i badvattendirektivet på grund av att de tål höga saltkoncentrationer. De utsöndras, till skillnad från Clostridium perfringens, i höga halter av många djur och vi rekommenderar att analys av råvatten utökas till att omfatta analyser av enterokocker då det finns färdiga analyspaket för badvatten som kan användas.

Clostridium perfringens

Clostridium perfringens producerar sporer som är mycket motståndskraftiga mot UV-bestrålning, temperatur och desinficeringsprocesser. Clostridium perfringens bildas inte i miljön och är en specifik indikator på fekal förorening. På grund av sporens goda överlevnadsförmåga kan de användas som en indikator på äldre fekal förorening.

Somatiska kolifager

Bakteriofager (kolifager) är virus som bildas i bakterier (E. coli) och kan frigöras i tarmen (på både människor och djur) och miljön när värdbakterien förstörs. Bakteriofager följer därför med avföringen och kan användas som en indikator för fekal förorening av en vattenkälla. Bakteriofager kan påvisas med hjälp av relativt enkla metoder (plackmetod i petriskålar) och en fördel är att man påvisar "levande" virus. En

nackdel är att bakteriofager som påvisas kan komma från djur och därmed indikera tarmvirus som inte kan smitta människor. Eftersom bakteriofager överlever/sedimenterer mer likt patogena virus än vad E. coli gör kan dessa dock vara ett användbart komplement till E. coli när man vill kartlägga fekal förorening i en vattenkälla. Somatiska kolifager är en stor grupp virus som finns i höga koncentrationer i avloppsvatten. De har olika sammansättning, men vissa har förmågan att bildas i miljön. Det senare gör somatiska bakteriofager mindre lämpliga som indikator för fekal förorening.

F-specifika RNA kolifager

F-RNA bakteriofager kan endast bildas vid temperaturer över 30°C, det vill säga i tarmen hos varmblodiga djur. F-RNA bakteriofagen har dessutom en struktur som är väldigt lik den hos tarmvirus och den används därför som en indikator för dessa när man analyserar överlevnadsförmåga i vattenkällor och känslighet för behandling och reningsprocesser. En nackdel med F-specifika bakteriofager är att de förekommer i lägre mängd i avloppsvatten än somatiska kolifager. Förekomst av F-RNA bakteriofager i en vattenkälla påvisar dock fekal förorening och möjligheten att det även finns tarmvirus i denna.

Totalt antal bakterier

Det totala antalet bakterier är ingen indikator på fekal förorening men kan ge information om förändringar i vattenkvaliteten och är av betydelse för grundvattenverk där man inte behöver kunna påvisa någon av de ovanstående.

Val av analys

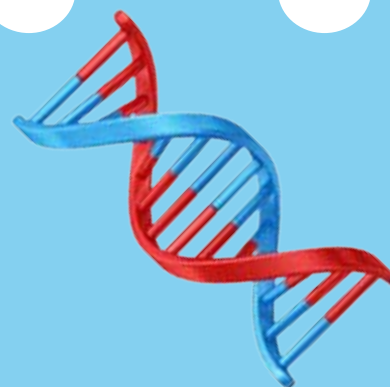
Analys för bestämning av koliforma bakterier, E. coli, enterokocker och clostridiesporer erbjuds av de flesta laboratorier och vi rekommenderar att man åtminstone vid kartläggning och specifika undersökningar analyserar för alla dessa parametrar. Sammantaget kan deras inbördes förhållanden (E. coli 1 log mer än enterokocker samt 2 log mer än clostridiesporer) ge bra information, särskilt om det finns risk för läckande avloppsledningar och tämligen färsk fekal förorening då förhållandet dem sinsemellan inte har hunnit förändras på grund av olika avskiljningsgrader i avloppsverket, avdöningstakt eller spridningsmönster. Efter avloppsrening är deras inbördes förhållande mer jämnt fördelat.



Källor till föroreningar

Campylobacter, Cryptosporidium och EHEC är exempel på patogener som kan spridas både från avloppsvatten och från djur till människa. Sjukdomar som kan spridas från djur till människa kallas zoonoser. Däremot har tarmvirus såsom norovirus ett snävare värdspektrum och sprids i regel endast mellan människor, exempelvis via avloppsförorenat vatten.

- Avloppsutsläpp innebär generellt en större hälsorisk än föroreningar från djurspillning.
- När det gäller risken för virussmitta är utsläpp från avlopp den huvudsakliga källan.
- Eftersom PCR påvisar både ofarliga och smittsamma viruspartiklar är det omöjligt att ta reda på det exakta antalet infektiösa virus i en vattenkälla (eller i avloppsvatten). Laboratoriets resultat uppges i antal genomkopior per volymenhet. Hur många infektiösa viruspartiklar detta representerar vet man inte när det gäller norovirus, men man får en indikation på antalet och kan notera förändringar i nivåerna.



PCR (polymeraskedjereaktion)

PCR är en molekylär metod med vilken arvs massa (RNA eller DNA) påvisas. RNA och DNA består av byggstenar (nukleotider) som sitter ihop i en viss ordning (sekvens). Denna sekvens skiljer sig mellan djur och människor, virus och bakterier, men är relativt stabil för en viss art, bakterie eller virus, till exempel norovirus. Om man känner till sekvensen för ett virus kan man utforma ett PCR som påvisar just detta virus. Man väljer en bestämd del av sekvensen och med hjälp av PCR multipliceras denna till ett stort antal som kan påvisas visuellt eller med PCR-maskiner (realtids-PCR). Med Realtids-PCR är det även möjligt att bestämma antalet viruspartiklar. I teorin skulle man kunna påvisa en (1) enda partikel och denna höga känslighet har gjort PCR till den mest använda metoden för detektion av virus i miljöprover som vatten.

Eftersom en PCR-reaktion endast kan analysera en liten volym, måste vattnet innehålla cirka 50 partiklar per ml för att kunna analyseras direkt. Vatten som innehåller mindre virus än så måste därför koncentreras upp före analys.

På grund av att PCR endast påvisar delar av en viruspartikel, kan metoden inte säga oss någonting om huruvida de virus som påvisas kan orsaka sjukdom eller inte.

Organism	Beskrivning	
Virus	Calicivirus (Noro- och sapovirus)	Finns i befolkningen året runt. De flesta stora utbrotten förekommer under vintersäsongen (norovirus). Symtomen är häftiga uppkastningar och diarréer. Norovirus är smittämnet som ger upphov till den sjukdom som brukar kallas vinterkräksjuka.
	Adenovirus (40/41)	Adenovirus orsakar främst övre luftvägsinfektioner, dock kan typ 40 och 41 orsaka gastroenterit. Individer insjuknade i gastroenterit orsakat av adenovirus utsöndrar viruspartiklar i avföringen i flera månader.
	Rotavirus	Rotavirus är den vanligaste orsaken till diarré hos barn. Vuxna individer insjuknar mycket sällan då de flesta har ett fullgott immunsvär sedan barndomen. Vaccin finns.
	Astrovirus	Misstänks som en underdiagnostiserad orsak till gastroenterit. Främst är det barn som insjuknar då vuxna oftast har ett gott immunskydd.
	Enterovirus	En stor grupp virus med många olika sorter, som ger alltifrån lindriga förkylningar till allvarliga konsekvenser såsom hjärnhinneinflammation.
	Hepatit A-virus	Leverinflammation som så småningom ger gulnad i huden. Många har skydd genom vaccination. Låg förekomst, i Sverige cirka 100 fall och i Norge cirka 50 fall rapporterade per år.
	Hepatit E-virus	Förekomst av zoonotisk genotyp bland griskultingar och vildsvin. Snarlika symptom som hepatit A-virus. Få rapporterade fall i Sverige och Norge.
Bakterier	Campylobacter jejuni	Fjäderfä är en viktig källa till humansmitta men även kor och den vilda faunan är viktiga reservoarer. Finns året om, men vanligast hos såväl fjäderfä som hos människa under sommaren.
	EHEC/VTEC	Detta är två olika typer av E. coli-bakterier, som är toxinproducerande. Nötkreatur är en viktig reservoar, med högst förekomst under sensommaren.
	Salmonella (ej tyfoid)	Hög infektionsdos, troligen få fall via vatten idag. Kan även utsöndras av många djur.
Parasiter	Cryptosporidium (<i>C. hominis</i> , <i>C. parvum</i>)	Klortålig. <i>C. hominis</i> humanspecifik medan <i>C. parvum</i> kan utsöndras av fler djur t.ex. unga kalvar, får och den vilda faunan.
	Giardia	Klortålig. Zoonotisk potential inte klarlagd. Utgår från att det kan spridas från djur tills vidare. Samma typ som infekterar människor har påvisats hos får och flera vilda djur.

Viktiga vattenburna organismer med fokus på virus. Förutom vad gäller hepatit E-virus är huvudkällan till virus i råvatten avlopp, medan det för bakterier och parasiter även kan finnas djurreservoarer av större eller mindre betydelse. Länkar med mer information går till [Smittskyddsinstitutets sjukdomsinformation](#).

Effekter av klimatförändringar

Framtida klimatförändringar med ökad nederbördsintensitet innebär att dagens avloppssystem kommer att behöva ta om hand mer dagvatten och därmed kommer mer omfattande bräddningar av orenat avloppsvatten att inträffa. Detta innebär att smittämnen som Norovirus, som normalt finns i riklig mängd i avloppsvattnet, särskilt under vinterhalvåret, kommer att tillföras råvattentäkterna i betydligt större omfattning. Ökade halter av smittämnen kommer sannolikt att bli vanligare i våra råvatten i framtiden vilket kommer innebära att fler dricksvattenkonsumenter riskerar att bli infekterade av vattnet om inga åtgärder genomförs i råvattentäcker eller vattenverk. Många av Skandinavien ytvattenverk är utformade med kemisk fällning och klorering som enda mikrobiologiska barriärer, vilket inte är tillräckligt för att klara av att leverera ett säkert dricksvatten med framtida ökade patogenhalter i råvattnet. Med mikrobiologisk riskbedömning (MRA) kan man beräkna infektionsrisker för dricksvattenkonsumenterna i ett försörjningssystem. Om vi antar att vi har en mindre stad med cirka 500 000 dricksvattenkonsumenter och vattenberedning bestående av kemisk fällning, långsamfiltrering och klorering samtidigt som man tar sitt råvatten från en ytvattentäkt

(exempelvis en älv) med ett större välfungerande avloppsreningsverk som släpper ut renat avloppsvatten någon mil uppströms, tillsammans med ett par bräddpunkter på avloppsledningsnätet, så ger en MRA-analys följande resultat: om vi inte har några bräddningar utan bara renat avloppsvatten som släpps ut i vattentäkten så visar infektionsberäkningar att 50 personer riskerar bli infekterade årligen av dricksvattnet. Om man antar att ett normalår även inkluderar 30 bräddning med drygt 500 m³ orenat avloppsvatten per tillfällen under ett år blir 52 personer infekterade årligen. Om vi antar ett framtida klimatscenario med dubbla, tredubbla eller sjufaldiga mängden bräddat orenat avloppsvatten vid dubbelt så många tillfällen så blir 57, 61 respektive 74 personer infekterade, vilket motsvarar en procentuell ökning av infektioner bland dricksvattenkonsumenterna med 11%, 17% respektive 43%. Effekten av klimatförändringar påverka i det här exemplet infektionsrisken för dricksvattenkonsumenter kraftigt. Mängden bräddat avloppsvatten ökar inte linjärt med nederbördsökningar utan detta sker mer exponentiellt och kan ge kraftiga ökningarna likt detta exempel. Det är därför mycket viktigt att vidta åtgärder för att minska bräddningar av orenat avloppsvatten i våra ytvattentäcker.

Barriärverkan

I vattenverket finns möjlighet till kontroll och bedömning av avskiljning och inaktivering (där desinfektion tillämpas). Vid undersökningar av effektiviteten hos olika reningstekniker har allt ifrån ingen till väldigt hög reduktion påvisats. Vilken reduktionsgrad som är önskvärd beror av råvattnets kvalitet, och vilka halter man accepterar i dricksvattnet (se även "Acceptabel risk" nedan).

- Med undantag för desinfektion med klor och ozon, där parasiterna är tåligast, är virus den grupp av sjukdomsframkallande organismer som avskiljs och inaktiveras minst effektivt.
- Processtörningar vid beredning av dricksvatten har identifierats som en risk med relativ hög frekvens i en studie som utfördes inom ramen för programmet [Urban Water](#). I faktaruta om "Fallstudie Glomma" presenteras effekten av ett par möjliga störningar, såsom genombrott på något eller några filter samt suboptimal koagulering.
- Se kapitlet "Åtgärder i vattenverket" för mer information om driftoptimering och övervakning.

Skydd av ledningsnät

Till skillnad från bakterier kan virus inte tillväxa i ledningsnätet, utan halten hos konsumenten är i regel lägre än i utgående vatten. Däremot har mikrobiell förorening av ledningsnät lett till ett flertal utbrott av magsjuka, bland annat orsakade av virus.

- Förorening i ledningsnätet kan ske oavsiktligt vid reparationsarbeten, nyinstallationer och korskopplingar.
- Ett annat problem är om det är undertryck i ledningsnätet, då smutsigt vatten runt ledningsgraven kan sugas in. Frekvensen för detta har uppskattats till 0,004 gånger per kilometer ledningsnät och år ([Urban Water](#)).
- Vid felaktigt konstuerade brunnar kan problem uppstå på grund av ytvatteninträngning.

Så uppskattar jag risken

För att kunna uppskatta risken gör man först en bedömning av hur mycket patogener som finns i vattnet, för att sedan se om befintliga barriärer klarar av att ta bort dessa till acceptabla nivåer (se acceptabel risk på nästa sida).

- Som stöd för att underlätta riskvärderingsprocessen finns verktygen MRA och GDP.
- GDP är lite mer lättanvänt än MRA-verktyget då man endast behöver information som normalt redan finns på vattenverken, såsom halten av indikatororganismer. Uppbyggnaden, i form av ett Excel-blad, har inbyggda säkerhetsmarginaler och slutresultatet består i en rekommendation om desinfektionsmetod och dos. Instruktioner finns hos [Svenskt Vatten](#) och [Norsk Vann](#).
- MRA-verktyget är bättre anpassat för specifika undersökningar där man kan studera avvikelser från den normala situationen mer i detalj. Dessutom kan man i MRA-verktyget ta hänsyn till variationer i såväl ingångsdata (råvattenkvalitet) som i vattenverkets funktion. På [Svenskt Vattens](#) hemsida kan man ladda ner [MRA-verktyget](#) och [rapporten](#) som beskriver hur processen går till.
- Ofta kommer man med GDP fram till samma resultat som med MRA-verktyget. De kan dessutom fungera komplementärt. Ett bra förslag är att först använda GDP för att få generella rekommendationer om nödvändig barriäreffekt och därefter använda MRA för att testa specifika scenarier och händelser och hur dessa påverkar dricksvattensäkerheten. Resultatet kan sedan utgöra ett underlag för att identifiera kritiska kontrollpunkter. MRA-verktyget kan också användas för att bedöma effekten av olika kompletteringar i uppströmsarbete, som leder till lägre halter i råvatten, och av en ökning av antalet barriärer.
- Bristen på tillförlitlig information gör att man inte bör använda sig av medelvärdet från MRA-verktyget för att bedöma om en vattenförsörjning är tillräckligt säker. Man ska använda sig av fördelningar där medelvärdet varierar med en avvikelse, och titta på värdet för 95e percentil som man får. Vägledning finns i tidigare nämnd SVU-rapport samt i [VISK-rapporten från arbetspaket 5](#).
- MRA-verktyget är lämpligt att använda sig av vid analys av den relativa skillnaden mellan olika system och kan med fördel användas i ett tidigt skede i planeringsprocessen för att jämföra tänkbara VA-lösningar ur smittskyddssynpunkt (se vidare nedan). Ett av målen med VISK-projektet har varit att ta fram mer tillförlitliga data på virusförekomst och -reduktion, för att förbättra MRA-verktyget.



Statistik/data och användandet i riskvärdering (MRA)

- Mikrobiologisk förekomst i miljön har visat sig vara lognormalfördelad, vilket innebär att om man logaritmerar alla analysresultat kommer dessa att passa en normalfördelning bättre än de icke-logaritmerade (original-) värdena. En fördel vid statistisk bearbetning är att man då undviker negativa värden och kan räkna hur lågt som helst (organismer per miljardtals liter). Vidare är det logiskt att använda sig av logaritmerade värden när man räknar logreduktioner över barriärer (se kapitlet "Åtgärder i vattenverket").
- En annan fördelning som används för att beskriva data är triangelfördelningen, där man kan föra in min- och maxvärden samt mest troliga värden, vilket ger en fördelningsfunktion som ser ut som en triangel. En uniform fördelning ger alla värden mellan min och max samma möjlighet att väljas som ingångsvärde i riskvärderingen, men inga värden utanför detta intervall kan väljas. Denna fördelning kan vara lämplig där enskilda avlopp är den huvudsakliga källan till förorening, då den uniforma fördelningen kanske bättre kan motsvara en stötvis påverkan på råvattentäkten än de övriga.
- Ett alternativ är att dela upp sina provserier i två fördel-

ningar: 1) baserat på prover under normala situationer samt 2) data från händelseprovtagningar, eller de tillfällen då halterna ligger onormalt högt. Ett annat alternativ är att använda medelvärdet som ingång i riskvärderingen för normaltillfällen och maxvärdet som mått på halten vid en händelse.

- Även för olika barriärer finns en stor variation i effektiviteten. På samma sätt som man använder sig av fördelningar för att beskriva förekomsten i vatten gör man det även för barriärverkan. Framförallt brukar normal- eller triangel-fördelning användas för att beskriva logreduktionen över en barriär.

Acceptabel risk?

Risk är produkten av sannolikheten att någonting oönskat inträffar multiplicerat med konsekvensen av det inträffade. Ett vattenburet utbrott innebär stora konsekvenser för det drabbade samhället, potentiellt även för den enskilde individen. Vidare leder infektioner från vatten i många fall, särskilt för virus, till sekundära infektioner. Med detta menas att den som fick sin infektion via vatten kan sprida den vidare till andra i sin närhet. Vi har dessutom i hela regionen en åldrande befolkning, som i regel är mer mottaglig för infektioner och därför ställs det höga krav på säkerheten i kommunalt dricksvatten.



- Ett uttalat mål från WHO för dricksvattensäkerheten är att kommunalt dricksvatten inte ska leda till mer än en infektion per tiotusen konsumenter och år.
- Ett annat mått på risk som tar hänsyn till konsekvenserna är Disability Adjusted Life-Years (DALYs). Målet som WHO har satt upp för dricksvatten är en mikroDALY, vilket ganska väl stämmer överens med infektionsmålet, det vill säga en på tiotusen konsumenter och år.
- För att klara av det högt ställda målet bör det renade vattnet innehålla högst en infektiös cell (sjukdomsframkallande virus, bakterie eller parasit) per 100 000–1 000 000 liter färdigt dricksvatten, det vill säga 10^{-5} – 10^{-6} per liter, där det högre kravet gäller för virus.
- Vid ett måttligt avloppsförorenat vatten (motsvarande badvattenkvalitet, ~100 E. coli/100 ml) motsvaras detta av en 6, 6 respektive 4 logreduktion av virus, bakterier och parasiter.
- Vid ett renare råvatten, med sällan eller aldrig påvisad E. coli, bör alla vattenverk ha barriärer som klarar av normalnivån och en minsta reduktion (motsvarande 4, 4 respektive 2 logreduktion av virus, bakterier och parasiter). Utan detta minimiskydd bör vattenreningen definitivt byggas ut med ytterligare barriärer. Alternativt måste man kunna garantera att denna minsta reduktion uppnås genom optimering, tillsammans med övervakning, av befintliga barriärer.
- I vissa vattentäkter beskrivs föroreningen bättre som två separata fördelningar, normal (medelvärde) samt vid händelse (maxvärde). Huruvida man måste klara av händelsenivån beror på hur pass ofta händelserna inträffar, hur långvariga de är och vilka konsekvenser de leder till.
- En annan faktor att beakta är hur det kan tänkas se ut i vattentakten i framtiden – kommer tillfälliga händelser bli mer frekventa och bör man vidta förebyggande åtgärder?
- MRA-verktyget kan användas för att pröva sig fram mellan olika scenarier och bedöma hälsoeffekterna av olika händelser, till exempel en ökad nederbörd med kraftig påverkan av råvattentakten, filtergenombrott eller problem i kloreringsprocessen. I VISK har två fallstudier gjorts. Information om dessa finns i rapport från [VISK arbetspaket 5](#). I faktaruta presenteras resultaten av en av dessa fallstudier och hur dessa kan användas.

Erfarenheter från vattenburen smitta i ledningsnätet

Finland

Onsdagen den 28 november 2007 blev det problem med dricksvattnet i Nokia i Finland och invånarna klagade på grumligt vatten i kranarna. Under hela den kommande helgen pågick arbeten med urspolning av nätet, men istället för att minska problemet så spred sig föroreningarna i ledningssystemet. Den 7 december hade man fått klart för sig utbredningen av föroreningarna, därefter kunde en mer systematisk renspolning utföras. Den egna personalen räckte inte till utan ytterligare personal hyrdes in och 10–15 personer arbetade med att rengöra ledningarna.

Det grövre ledningsnätet klorerades med upp till 4 mg klor och spolades ur. Efter det att distributionsledningarna var renspolade var det fortfarande kvalitetsproblem i fastigheternas serviceledningar. Chockklorering med upp mot 10 mg klor/l sattes in för att åtgärda detta. Meddelande till berörda abonnenter skedde genom lappning, dörrknackning samt telefonuppringning. En del i arbetet med att klorera ledningsnätet var att bygga kloreringspunkter i ledningsnätet.

Vid provtagning den 22 januari hittades fortfarande Norovirus inne i fastigheterna. Då höjdes klordosen till 10 mg/l under ett dygn och pH-värdet sänktes till 7,0, varje hushåll fick instruktioner om hur spolning skulle ske vid varje tappkran.

Kokningspåbudet hävdades områdesvis och det sista området blev av med kokningspåbudet först den 28 februari 2008, alltså tre månader efter att problemen uppstod.

De största utmaningarna var kommunikation med konsumenterna och att inaktivera eller avdöda kvarvarande virus och eventuella Giardia.

Möjligheterna att analysera kapacitet och kvalitet var av stor betydelse för att vattnet skulle kunna bedömas som tjänligt.

Danmark

Norovirus som påvisats i dricksvatten misstänks vara orsaken till ett utbrott av den så kallade Roskildesjukan. Efter rapporter om insjuknande bland invånare i Danmark, och efter att man funnit E. coli i det lokala dricksvattnet, belades 600 kunder och en rad institutioner och företag med restriktioner för sin dricksvattenanvändning av en dansk dricksvattenleverantör. Restriktionerna gällde under fem veckor över jul och nyår, i december 2012 och januari 2013, och innebar under de första dagarna ett förbud emot all vattenanvändning (inklusive spolning av toaletter). Kommunens invånare kunde istället använda uppställda dricksvattentankar och badanläggningar. Från och med dagen före julafton och perioden ut var förbudet begränsat till ett kokningspåbud (rekommenderat 100 °C i 1 min) av allt vatten som skulle drickas eller användas vid matlagning.

Statens Serum Institut skickade ut enkäter och tog i den inledande fasen av föroreningsperioden prover bland kluster av insjuknade invånare med symptom på Roskildesjukan, samt på dricksvatten från olika ställen i ledningssystemet. Av 374 tillfrågade hade 290 personer insjuknat med norovirus-liknande symptom, och i nio av tio fekala prover påvisades norovirus genogrupp II. Livsmedelsinstitutet vid Danmarks Tekniska Universitet fann att fem av fem vattenprover var positiva för samma virusgrupp, i koncentrationer på 100–4 000 viruspartiklar per 200 ml dricksvatten. Pågående epidemiologiska undersökningar och ytterligare karakterisering av de virus som hittats i patienter och i dricksvattnet kommer att bekräfta eller utesluta att det förorenade dricksvattnet var källan till utbrottet.

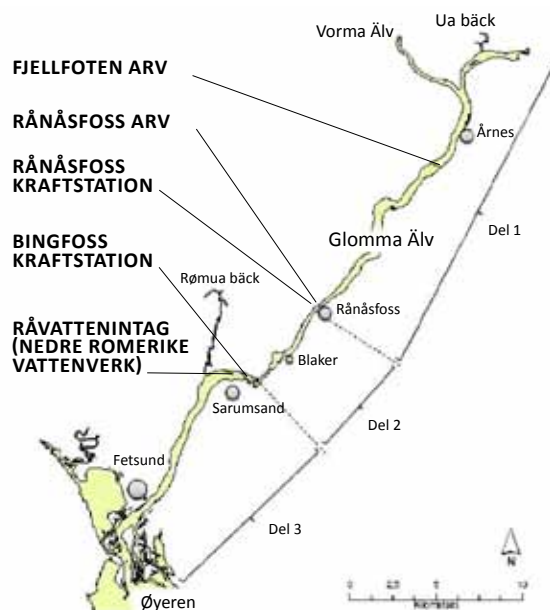
I Danmark registreras sällan sjukdomsfall som har samband med virusförorening av dricksvatten. När så skett har orsaken varit inträngande av avloppsvatten i dricksvattenledningarna som skett vid reparation av rörsystemen. Detta inträffade år 2007, till följd av en manuell sammankoppling av rör för avloppsvatten och för rent vatten i kombination med en defekt kontraventil, medan den senaste vattenföroreningen under 2012 orsakades av att brott på både dricksvattenledningen och den överliggande avloppsvattenledningen inträffade samtidigt.

Checklista för att rengöra ledningsnätet

- Se till att tillförsel av föroreningar upphört.
- Värdera vilka hälsofarliga ämnen inklusive smittämnen som kan finnas i distributionssystemet.
- Bestäm målnivå för saneringen genom att exempelvis ange en andel av gränsvärdet för otjänligt dricksvatten och följ upp saneringsåtgärderna med provtagning.
- För smittämnen som virus kan det vara omöjlig att följa upp med provtagning (för smittämnen med låg infektionsdos kan kravet att halten ska vara så låg att människors hälsa inte kan skadas innebära att 10 000-tals liter behöver analyseras utan detektion).
- Om det inte går att följa upp saneringsresultatet med provtagning kan man göra en bedömning av hur många gånger vattnet behöver omsättas. Sköljning tre gånger kan räcka, men om det gäller hälsofarlig förorening och en situation där bakslag skulle skada återuppbyggnaden av konsumenternas förtroende kan man välja fler sköljningar.
- Spola systematiskt en del av nätet i taget så att föroreningen sköljs ut istället för att spridas.
- Eftersträva vattenhastigheter på mer än 1 m/s för att få med åtminstone lättare sediment.
- Rengör reservoarer i respektive område.
- För begränsade delar av distributionsnät kan man efter tydlig information till alla berörda genomföra kloreringar med betydligt högre doser än vad som är tillåtet för dricksvatten och om man låter kloren verka över natten kan tillräckligt höga CT-värden även mot klortåliga smittämnen uppnås. Desinfektionseffekten kan stärkas ytterligare genom att sänka pH-värdet.
- Spolning och klorering kan vara verkningslösa mot fastkletade klumpar och utbyte av installationer i fastigheter kan bli nödvändiga.

Mer information finns i [VAKA-gruppens observationsrapport](#).





Glomma älv i Norge

Fallstudie Glomma

Glomma älv i Norge utgör råvatten för 230 000 personer, men har en betydligt större potential än så. Utav dessa förser Nedre Romerike Vannverk 143 000 personer med dricksvatten. Intaget av råvatten påverkas bland annat av två uppströms liggande avloppsreningsverk, Rånåsfoss och Fjellfoten.

För att bedöma kvaliteten på vattnet vid råvattenintaget har alla tre angreppssätt i VISK använts, det vill säga indikatoranalyser, direktdetektion av virus samt hydrodynamisk modellering. Man kommer med mätdata, modellering

och indikatorer fram till ungefär samma nivåer av belastning. Justerar man däremot mätdata för utbytet av den processkontroll som använts blir belastningen 10 000 gånger högre. Detta högre värde användes i en av de två riskkaraktäriseringar som hittills har utförts och presenteras i korthet nedan.

Reningseffekten över reningsverket har dels baserats på litteraturdata och dels på mätningar som utförts inom ramen för VISK-projektet.

Metod	Norovirus medel (per liter råvatten)	Norovirus 95e percentil (per liter)
Indikatorer	63	440
Mätdata	11	96
Mätdata (korrigerat för metodens utbyte)	112 000	3 500 000
Modellering	4–7	

Ingångsvärden av norovirus från Glomma, råvatten, uttryckt som viruspartiklar per liter, baserat på analys av E. coli och utspädning av avloppsvatten, uppmätta virushalter (korrigerade för metodens utbyte) samt hydrodynamisk modellering från avloppets utspädning och transport i älven. Modelleringen baseras på 100 000 viruspartiklar i behandlat avloppsvatten.

Processsteg	Förväntad reduktion (log)	Suboptimal drift under en dag (log-försämring)
Koagulering, flockulering, snabbfiltrering	Litteraturdata: 0,8–5,0	Filtergenombrott: 1,2–1,5
	VISK-data: 1,7–3,0	Koagulering: 1,0–1,6
Granulärt aktivt kolfilter	0	
Klorering	4,5	Fel pH: 0,5–1,0

Förväntad logreduktion av norovirus över Nedre Romerike Vannverk samt försämrade effekt vid suboptimal drift under en dag.

Fallstudie Glomma – riskkaraktärisering

I en första omgång gjordes en riskvärdering baserat på indikatorer och litteraturdata, där några möjliga händelser testades; problem med koagulering samt problem vid

klorering. Resultaten visade att Nedre Romerike Vannverk kan producera säkert vatten, men att processen är beroende av att kloreringen av vattnet inte fallerar.

Förutsättning	Risk medel (DALYs)	Risk 95e percentil (DALYs)
Normal process	$1,4 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-7}$
Fel i koagulering	$1,4 \times 10^{-5}$	$9,3 \times 10^{-5}$
Fel i koagulering, ökad klordosering	$3,8 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-6}$
Filtergenombrott (1 filter)	$1,3 \times 10^{-7}$	$8,7 \times 10^{-7}$
Filtergenombrott (3 filter)	$3,5 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-6}$
Fel i klorering (bortfall 1 dag)	$7,2 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-4}$

Disability Adjusted Life Years (DALYs) för norovirus via dricksvatten (acceptabel risk $1,0 \times 10^{-6}$) för Nedre Romerike Vannverks konsumenter.

I den andra vändan baserades riskvärderingen på data från VISK, såväl för rening som för direkta mätanalyser på råvattenkvaliteten, den sistnämnda med avseende på utbyte för detektionsmetoden. Med dessa betydligt högre halter i råvattnet överskrids gränsvärdet för acceptabel risk. Vid dessa höga halter i inkommande

vatten blir också säkerheten känsligare för händelser under processen och den dagliga risken överstiger acceptabel årlig risk. Installation av UV eller ultrafilter (UF) skulle ge tillräcklig barriärverkan för att klara av även dessa händelser med avseende på norovirus.

Förutsättning	Risk medel (Pinf)	(DALYs)	Risk 95e percentil (Pinf)	(DALYs)
Normal drift, litteraturdata	$4,7 \times 10^{-3}$		$9,9 \times 10^{-3}$	
Normal drift, VISK-data	$5,4 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Med UV installerat (40 mJ/cm ²)	$6,3 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-9}$	$9,2 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-9}$
Med UF installerat (porstorlek 10–40 nm)	$9,4 \times 10^{-5}$	$6,8 \times 10^{-8}$	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-7}$
Filtergenombrott (1 filter)*	$1,2 \times 10^{-4}$		$1,9 \times 10^{-4}$	
Filtergenombrott (3 filter)*	$3,0 \times 10^{-4}$		$4,8 \times 10^{-4}$	
Fel i koagulering*	$8,7 \times 10^{-4}$		$1,5 \times 10^{-3}$	

*Daglig sannolikhet för infektion (Pinf daglig, acceptabel nivå $2,7 \times 10^{-7}$)

Årlig sannolikheten för infektion (Pinf, acceptabel nivå $1,0 \times 10^{-4}$) och för vissa scenarier Disability Adjusted Life Years (DALYs) för norovirus via dricksvatten (acceptabel risk $1,0 \times 10^{-6}$) för Nedre Romerike Vannverks konsumenter.

Baserat på populationens storlek och på att en infektion i genomsnitt leder till 0,25 sjukdomsfall skulle filtergenombrott på ett av åtta parallella filter potentiellt leda till sju infektioner och fyra sjukdomsfall. Genombrott av tre filter skulle leda till ett fyrtiotal infektioner och tio sjukdomsfall. Fel dosering av koagulant och/eller klor kan leda till allvarigare konsekvenser än så. Dricksvattensäkerheten med avseende på virus (och även bakterier) bygger i många ytvattenverk på en väl fungerande

desinfektionsprocess, där den största barriäreffekten i form av logreduktion uppnås. Detta steg är även beroende av att föregående barriärer fungerar tillförlitligt. Det är därför viktigt att man har en kontinuerlig övervakning av hela processen. Trots att klorering i VISK-projektet har visat sig vara effektivt även på vatten med högre färgtal finns indikationer på en sämre effekt i initialreduktionen vid mer klorförbrukande substanser i vattnet.



5. Minskning av risk genom förebyggande arbete

Riskreducerande åtgärder

Råvattenkontroll/jobba uppströms

Att minska påverkan på råvattnet kan i många fall vara en kostnadseffektiv åtgärd, särskilt om en betydande del av den fekala påverkan härrör från en specifik punktkälla såsom ett avloppsvattenutsläpp, en bräddpunkt eller ytavrunnen gödsel från en närliggande åker. Nedan listas ett antal riskreducerande åtgärder som kan implementeras var och en för sig eller, vid behov, i kombination.

- Utbyggnad av avloppsrening och avloppssystem:**
 - Förbättrad avskiljning, exempelvis genom längre uppehållstid eller extra reningssteg.
 - Minskad risk för bräddning genom ökad dimensionering
 - Genomgång av specifika bräddpunkter.
 - Förbättrad behandling av avloppsslam (exempelvis rötning vid temperaturer > 50 °C) med målet att inaktivera patogener i slammet.
- Genomgång av enskilda avlopp och åtgärdsplan för undermåliga avlopp:**
 - Ett arbete som bör pågå i kommunerna, men som kommer att ta tid. Kommunerna bör därför göra en prioritering med avseende på belastning (åretruntboende före sommarboende), avlopp (toalett före BDT-avlopp) samt geografisk belägenhet (risk för exponering för utsläppt vatten).
- Genomgång av dagvatten samt bräddpunkter:**
 - Börja närmast råvattenintaget, uttagsbrunnen.
 - Finns korskopplingar?
 - Finns avloppsledning i närheten av dag-, dränvattenbrunn?
- Badplatser:**
 - Infekterade men symptomfria badare (framför allt barn) kan utsöndra patogener i vattnet. Risken för att andra badande blir smittade är dock större än via dricksvattnet.
- Båtlatrin:**
 - Adekvata tömningsmöjligheter i kombination med förbud mot tömning av latrin i vattenkällan.
- Tillsyn av gödselbrunnar och gödselhantering:**
 - Lagring ger en utspädningseffekt samt en reduktion motsvarande 99 procent (2 log). Trots detta kan patogener finnas kvar i gödsel och detta bör därför spridas med förnuft (se nedan).
 - Gödselbrunnar i vattenskyddsområden (där läckage kan påverka råvattnet) bör ha tillsyn minst vart femte år för att undvika risken att ett haveri leder till kraftig påverkan av råvattnet.
 - Placeringen av gödselbrunnen i relation till risk för avrinning vid en eventuell händelse bör beaktas vid tillståndsprövning av nyetableringar.

- Vid storskalig hantering av gödsel, exempelvis samrötning från flera gårdar, rekommenderas liksom för slam en hygieniserande behandling.
- Motverka snabb ytavrinning från gödsel- och slamspridning:**
 - Den snabba ytavrinning som kan ske vid kraftigt regn efter gödselspridning bör undvikas. Detta görs genom att gödsel brukas ner fort och inte sprids på vattenmättad, översvämmad, snötäckt eller frusen mark.
 - Vidare kan man införa en så kallad buffertzona, vilket innebär att gödsel sprids på tillräckligt avstånd från kanten på åkrar som gränsar till vattendrag eller sjöar. [Läs vidare på Jordbruksverkets hemsida.](#)
 - Lutar marken mer än tio procent mot vattendraget eller sjön bör inte gödsel spridas överhuvudtaget.
- Strandbete:**
 - Strandbete ger inte samma belastning som spridning av gödsel. Däremot saknas den barriär som lagringen innebär, vilket medför att spillning kan hamna direkt i vattnet. Eftersom unga djur är de som med störst sannolikhet utsöndrar zoonotiska smittämnen kan en effektiv åtgärd vara att begränsa unga kalvars (< 6 veckor) tillgång till vattendrag i närheten av råvattenintag.
- Avlopp viktigare än djurhållning:**
 - Åtgärder som begränsar fekal förorening från djurhållning som beskrivs ovan påverkar risken för virus-spridning via vatten i lägre utsträckning. Om riskvärderingen tyder på ökad risk för virus måste utsläpp från avloppsvatten begränsas för att åstadkomma en effekt.

Reningskontroll/utbyggd rening

Ett ytvattenverk bör alltid ha effektiva barriärer mot parasiter, bakterier och virus, oavsett hur ren vattentäkten anses vara. Detta beror på att indikatorerna inte nödvändigtvis korrelerar mot mer långväga föroreningar, resuspenderat sediment eller annan påverkan som kan tränga igenom avskiljningen och där desinfektionen inte räcker till.

- Använd de verktyg som beskrivits tidigare (ODP/GDP, MRA) samt kapitlen "Åtgärder i vattenverket" och "Värdering av risk och koll på kvaliteten" i den här handboken för att utvärdera vattenverkets barriärer och eventuella behov av ytterligare barriärer.
- Observera att effekten av en barriär kan användas som underlag vid kostnads-nyttoanalyser (beskrivs närmare nedan).

Tidiga varningssystem

- Information från sjukvårdsupplysningen:**
 - Eftersom belastningen av patogener i vatten beror på sjukdomsläget i kommunen och uppströmsliggande kommuner kan snabb rapportering av tarmsjukdomar utgöra ett underlag för riskhantering.

Arbeta förebyggande

- Kontrollera risken (med MRA, ODP/GDP):**
 - Starta med normalvärden. Är risken acceptabel? Om inte bör man vid låg föroreningsgrad av råvattnet projektera för utbyggnad för att få en bättre barriärverkan. Vid kraftigare påverkan kan det vara mer kostnadseffektivt att minska påverkan på råvattnet. Var denna gräns bör sättas kan skilja sig från fall till fall, men någonstans kring en medelförekomst av E. coli på >100 CFU/100 ml kan vara en lämplig utgångspunkt.
 - Upprepa samma procedur med maxvärden. Är risken fortfarande acceptabel? Om inte bör man se över historiska data för att kunna göra en uppskattning av hur ofta man kan förvänta sig att råvattnet är mer påverkat och vad detta innebär i ökad risk i förhållande till normalvärdena.
 - Proceduren med maxvärden bör också utföras utifrån förväntade värden vid en framtida klimatförändring och eventuellt ökad nederbörd.
 - Om möjligt bör man ta reda på varifrån föroreningen kommer, för att i nästa skede avgöra vad som är mest effektivt: att stoppa vid källan, förbättra vattenverket eller hantera topparna när de kommer. En plan bör utformas.
- Låg fekal förorening, sällan påvisad E. coli, enterokocker eller Clostridium:**
 - Se över möjliga dagvattenutsläpp och om de kan förorena vid intag/brunnar när en händelse inträffar.
- Försämrad råvattenkvalitet efter kraftiga regn:**
 - Ta reda på varifrån föroreningen kommer. Se över vad som är mest effektivt, att stoppa vid källan, förbättra vattenverket eller hantera topparna när de kommer. En plan bör utformas.
- Försämrad råvattenkvalitet efter gödselspridning:**
 - Gör en riskvärdering. Är risken acceptabel? Om inte, gör upp en plan tillsammans med förorenaren, exempelvis baserad på jordbruksverkets riktlinjer för spridning i nitratkänsliga områden, för att undvika snabb ytavrinning av gödsel.



- Systemet för registrering av samtal till sjukvårdsupplysningen i Sverige (1177) kan ge en indikation på ökad sjukdomsfrekvens och därmed ökad sannolikhet för högre halter av patogener i råvattnet. Parasitutbrotten i Östersund 2010 och Skellefteå 2011 hade kunnat förutsägas på ett tidigt stadium med denna metod. Snabba utbrottsförlopp såsom norovirusutbrottet i Lilla Edet 2008 skulle fortfarande inte kunna förutsägas på ett tidigt stadium, men man skulle få snabb bekräftelse på en ökad incidens av magsjuka i kommunen.
- Data från samtal till sjukvårdsupplysningen kan enkelt brytas ner på kommunal nivå och daglig uppdatering av magsjukesyntom inom vattenverkens distributionsområden kan göras tillgänglig för vattenverken. Systemet är under utveckling av Smittskyddsinstitutet, i samarbete med Livsmedelsverket och Sjukvårdsupplysningen 1177.
- Provtagning uppströms:**
 - Idag finns analysmetoder som kan mäta halten koliforma bakterier och E. coli i ett vattenprov på mindre än sex timmar. Detta gör det möjligt för vissa vattenverk att hantera föroreningstoppar i råvattnet innan de har hunnit igenom vattenverket och ut till konsumenterna, förutsatt att provtagningen sker tillräckligt långt uppströms.
 - För vattenverk med två källor kan den källa som har bäst vattenkvalitet användas.
 - Sensorer som känner av föroreningar och direkt sänder en signal om någonting är fel är ett område där mycket utveckling nu sker. För specifika mikroorganismer är sensorerna i dagsläget inte tillräckligt känsliga. Däremot finns sensorer som kan mäta en förändring i vattenkvaliteten som har en tillräckligt hög känslighet för att vara användbara och erbjuda ett snabbare system än analys av koliforma bakterier och E. coli.

Ledningsnätet

- Rutiner vid ledningsarbeten ska finnas och följas. Rutinerna kan exempelvis beskriva hur man undviker förorening i ledningsnätet via korskopplingar, genom att smutsiga verktyg används, genom spolning med dåligt vatten eller genom att andra föroreningar kan komma in i ett blottat rör.
- Undvik i största mån tryckfall.
- Hur man rengör ett förorenat ledningsnät beskrivs i kapitlet "Värdering av risk och koll på kvaliteten".
- Läs mer om ledningsnät i Norsk Vann rapport 161 (2008) [Helsemessig sikker drift av vannledningsnettet](#).

Ekonomiska och administrativa verktyg för beslutsfattande baserade på riskvärdering

Genom riskvärdering kan man bedöma effekten av åtgärder såsom utbyggt avlopp, förbättrad vattenrening eller råvattenskydd och vad detta skulle innebära i reduktion av risk. Mikrobiologisk riskvärdering är därför ett bra verktyg i olika beslutsprocesser.

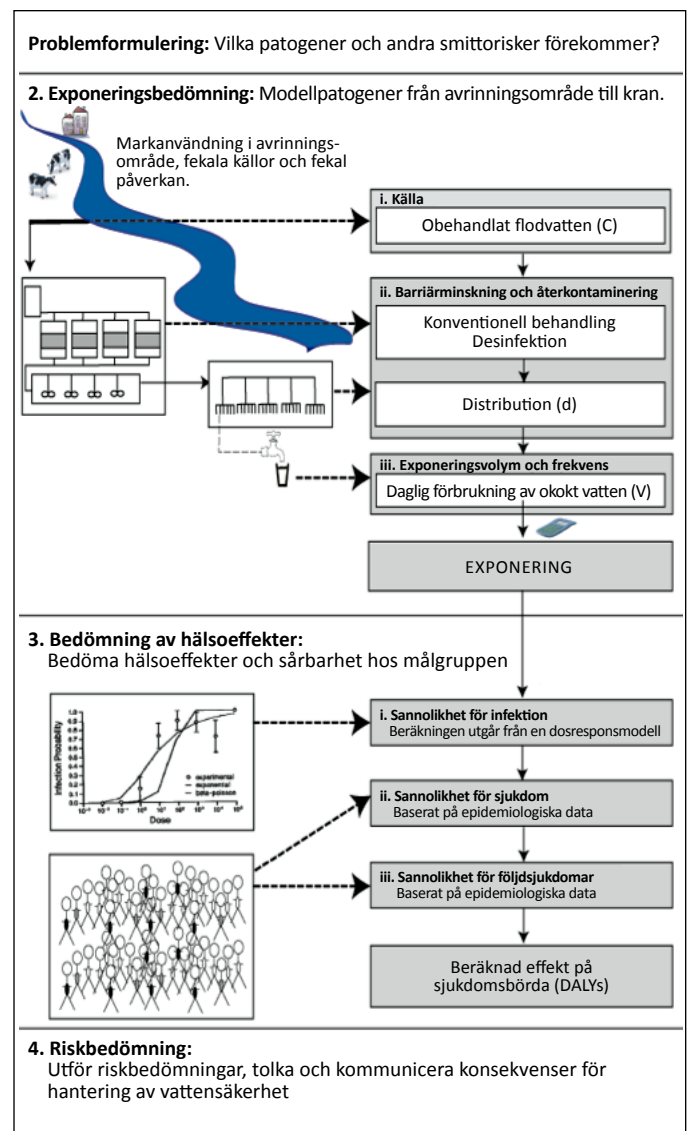
- En barriär motsvarande en (1) log reduktion i avloppsreningsverket är, om avloppsvatten är den enda källan till fekal förorening, lika mycket värd som motsvarande reduktion i vattenverket. Det är emellertid inte troligt att det endast finns en källa till fekal förorening och effekten hos konsumenten blir därför aldrig lika stor som vid utsläppet från avloppsreningsverket. Däremot minskar en åtgärd uppströms även risken för andra spridningsvägar till människor via vatten, exempelvis via bevattning, bad och rekreation.
- Kostnaden för ett sjukdomsfall (mag-/ tarmsjukdom) är ca 10 000 SEK (2013), fördelat ganska lika på direkta kostnader (läkarbesök, sjukhusvistelse och medicinering) och indirekta kostnader (arbetsbortfall/förlorad produktion). Om varannan infektion leder till sjukdom innebär detta att genomsnittskostnaden per infektion är 5 000 SEK. Med hjälp av MRA-verktyget kan man räkna ut antalet infektioner före och efter varje planerad åtgärd på årsbasis, för att sedan göra en bedömning av hur många år det tar att få tillbaka de investerade pengarna. En investering i säkrare vatten kan i många fall vara samhällsekonomiskt lönsam även på relativt kort sikt, särskilt för en större kommun med ett centralt vattenverk.



- Värdet av ett DALY (funktionsjusterat levnadsår/"disability-adjusted life year") anges ofta som cirka en miljon SEK (2013), vilket innebär ungefär en svensk krona per mikro-DALY. Ser man på återbetalningstiden i en fallstudie i Göteborg, som presenteras i faktaruta, är denna lång när det gäller norovirus, men man måste också värdera att ultrafilter även utgör en effektiv barriär mot fler agens, exempelvis klortåliga parasiter. Samtidigt skapar man också en marginal för att undvika vattenburna utbrott i samband med händelser i vattenverket eller vid kraftig förorening av råvattnet.

Samhällsekonomisk analys till grund för investering i ultrafilteranläggning i Göteborg

I Göteborg genomfördes en samhällsekonomisk analys som underlag för beslut om huruvida installation av ultrafilter vid Lackarebäcks och Alelyckans vattenverk skulle genomföras. I denna analys ingår beräkningar av vad ett eventuellt vattenburet mikrobiologiskt utbrott skulle kosta samhället och detta ställs mot den riskreduktion en installation av ultrafilter skulle innebära i ekonomiska termer. Analysens resultat visar tydligt att det är mer ekonomiskt fördelaktigt att installera ultrafilter än att inte göra det. Läs mer om analysen i rapporten "Samhällsekonomisk analys av installation av ultrafilter vid Lackarebäcks och Alelyckans vattenverk".



Flödesschema för riskvärdering. Riskvärdering kan användas som underlag till en samhällsekonomisk kostnads-nyttanalyt för investeringar som görs för att förbättra vattenkvaliteten.



Riskhantering och VA-planering

VA-planering inom kommunen är nyckeln till en trygg dricksvattenförsörjning även i framtiden, med ett förändrat klimat. Den största källan till virus i råvatten och dricksvattenproduktionen är avloppsvatten, både renat från avloppsreningsverk och orenat från bräddningar. Inom en kommun sker utsläppen av renat avloppsvatten alltid nedströms råvattenintaget och påverkar därför inte den egna råvattenkvaliteten. Däremot påverkar utsläpp av renat avloppsvatten de kommuner som befinner sig nedströms. Därför är det viktigt att man på regional nivå kan komma överens om hur man bör förvalta den gemensamma resursen som vattnet utgör.

- Regional samverkan är en nyckel till framgång när det gäller att säkra en framtida god tillgång till säkert råvatten. Enligt Baltic Sea Action Plan (BSAP) bör investeringen göras av den som har möjlighet, för att främja ett gemensamt intresse.

Det har konstaterats inom VISK-projektet att virus är vanligt förekommande i nordiska råvattentäkter. Det står också klart att antalet viruspartiklar i råvattnet direkt påverkar risken för vattenburen smitta, någonting som man idag inte tar hänsyn till vid politiska beslut. Hygien ingår inte bland beslutskriterierna. Ett exempel på detta är att värderingar av utsläpp från ett avloppsreningsverk vanligen görs utifrån ekonomiska och miljömässiga hänsyn och inte beaktar vilken hygienisk effekt utsläppet har. Detta är en viktig brist som leder till en avsaknad av helhetssyn vid beslutsfattande.

- Det rekommenderas att hygien tas med som ett tungt vägande beslutskriterium när offentliga myndigheter gör värderingar som gäller utsläpp från reningsverk, samt att dessa beslut tas i samråd med vattenförsörjningsanläggningar och med hänsyn till andra användningsområden (till exempel fritidsaktiviteter och bad).
- Det är också viktigt att lära sig mer om hur det egna råvattnet ser ut och vilka de viktigaste källorna till virus är, vilka virus som finns i vattnet, hur detta varierar över året med mera. Med mer kunskap är det enklare att fatta de rätta och mest effektiva besluten.
- Inom en kommun är det viktigt att den här frågan finns med i stadsplaneringsprocessen i ett tidigt skede, vid beslut om var nya områden ska byggas och hur vatten och avlopp ska hanteras i dessa. I regionen finns många så

kallade omvandlingsområden, det vill säga sammanhängande fritidshusområden där allt fler människor bosätter sig permanent, någonting som ställer högre krav på vatten och avlopp än befintliga lösningar. Beroende på förutsättningarna kan det finnas ett antal möjliga VA-lösningar. Riskvärdering är ett verktyg som kan användas för att ta fram ett underlag för beslut om vilket system som är bäst ur smittskyddssynpunkt.

Att använda sig av tidiga varningssystem i VA-planeringen

- För att förebygga utbrott av sjukdom orsakade av virus i vatten kan de tidiga varningssystem som har diskuterats ovan användas.
- Huvudmannen måste välja vilket slags system som användas och därefter sätta upp tydliga rutiner för hur det ska användas.
- Rutiner kan exempelvis beskriva hur uppströms liggande avloppsverk varnar vid olyckor eller incidenter och att vattenverkets huvudman är involverad i beslut om åtgärder som kan påverka vattenhygien.

Vilka investeringar kan krävas?

Vilka och hur stora investeringar som krävs för att minska risken att smitta överförs via dricksvattnet varierar från kommun till kommun. Bidragande faktorer är bland annat vilka risker som föreligger i kommunen, vilken råvattenkälla man har, samt vilka reningssteg som dricksvattenverket har.

- Grundläggande insatser:
 - Optimera dagens reningsprocess efter fackmässiga riktlinjer.
 - Lär känna råvattnet genom att analysera det med avseende på virus.
 - Inventera föroreningskällor vid vattentäkten.
 - Arbeta med vattenskyddsområden.
 - Genomför en riskvärdering.
 - Utvärdera om det krävs ytterligare åtgärder för att minska risken.
- Större investeringar kan krävas där det finns behov av ytterligare reningssteg i dricksvattenprocessen, såsom UV-ljus eller kemisk fällning.

- En annan fråga som bör beaktas är huruvida avloppsvatten från avloppsreningsverken ska behandlas ytterligare innan det släpps ut i recipienter som fungerar som råvattentäkt, då det har visat sig att de vanligast använda processerna (kemisk fällning och aktiv slambehandling) tillsammans inte reducerar virus i någon större omfattning.

Andra samverkansformer

Vattenförsörjningen är den mest betydelsefulla och viktiga av alla de aktiviteter som rör användningen av vattenkällor. Hänsyn till vattenförsörjningen bör därmed vara den viktigaste faktorn när man arbetar med vattendirektivet och andra åtgärder som rör förorening av vattenkällor. Regional samverkan är ett av de övergripande syftena med Ramdirektivet för vatten (2000/60/EC). I direktivet finns däremot inget krav på "god mikrobiologisk status". Trots att krav på god kemisk och ekologisk status på vatten är ett styrmedel som har påverkat den mikrobiologiska kvaliteten positivt vore det önskvärt att man från nordiskt håll arbetade för att även införa en mikrobiologisk parameter.

- Ett förslag är att [badvattendirektivet \(2006/7/EC\)](#) skulle vara ledande. Där finns nivåer för "excellent", "bra", "tillfredsställande" samt "dålig" badvattenkvalitet (se även svenska "[Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd](#)", HVMFS 2012:14). Vid dålig vattenkvalitet skulle det därmed finnas styrmedel för åtgärder uppströms, medan det vid tillfredsställande kvalitet kan rekommenderas att riskvärdering används som verktyg för att avgöra om åtgärder behöver vidtas för att förbättra rå- respektive dricksvattenkvaliteten. En fördel med denna ansats är att den skulle medföra ett ökat antal råvattenprovtagningar i vattentäkten och därmed bättre underlag till riskvärderingsprocessen.

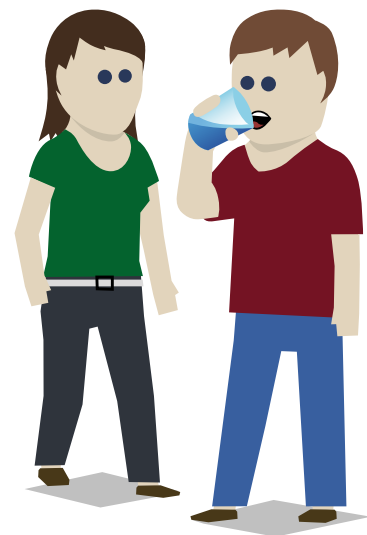
Beredskap för att hantera vattenburna sjukdomsutbrott

En viktig del i riskhanteringsarbetet är att ha beredskap för de riskhändelser man inte kan bygga bort.

- Vid indikation på försämrade dricksvattenkvalitet bör en handlingsplan med lämpliga åtgärder följas, för att kontrollera dricksvattenkvaliteten, stoppa spridningen från att nå konsumenten och utreda källan till föroreningen.
- Utifrån genomförd riskvärdering bör både en beredskapsplan och en krishanteringsplan för dricksvattenrelaterade

händelser upprättas. Beredskapsplanen ska till exempel innehålla uppdaterad information om tillgång till vattentankar och aktuella listor med kontaktinformation såväl inom som utanför kommunen. Krishanteringsplan ska innehålla rutiner för att effektivt hantera och bemästra en krishändelse.

- Exempel på rutiner för vattenburen smitta bör minst omfatta:
 - Tydlig ansvarsfördelning, kontaktpersoner/nyckelpersoner och viktiga telefonnummer.
 - Vilka informationskanaler som kan användas och hur de ska hållas uppdaterade.
 - En färdig mediestrategi för att kunna hantera pressfrågor.
 - När kokningsrekommendation ska utfärdas.
 - Vilka arbetsgrupper som behöver bildas och hur bemanning ska upprätthållas.
 - Hur intern dokumentation hanteras och hur händelsen dokumenteras.
 - Hur nödvattenförsörjning ordnas.
 - Särskilda insatser för sårbara användare.





Exempel på tidiga varningssystem i Göteborg

I Göteborg finns det sedan lång tid tillbaka ett flertal mätstationer längs med Göta älv för att kontrollera råvattenkvaliteten. Dessutom finns det rutiner för hur uppströms kommuner ska larma när de bräddar och om de upptäcker ett större utsläpp av avloppsvatten eller andra föroreningar.

Handböcker för säker dricksvattenhantering

- Beredningsplanering för dricksvatten (2008), Livsmedelsverket.
- Krishantering för dricksvatten (2008), Livsmedelsverket.
- Förslag på checklistor för situationer då nödvattenförsörjning krävs, www.slv.se.
- Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen, Rapport 2006, Mattilsynet.
- Stöd till kommuner som drabbats av problem med dricksvattenförsörjningen ges av VAKA - Nationell vattenkatastrofgrupp. Instruktioner om hur VAKA kan hjälpa finns på www.slv.se



Erfarenheter från utbrott

Lilla Edet 2008

I september 2008 inträffade ett utbrott av vinterkräk-sjuka i Lilla Edets kommun, som ligger mellan Göteborg och Trollhättan och har Göta älv som dricksvattentäkt. Minst 2 400 av 13 000 invånare insjuknade, och den troligaste orsaken var vattenburen smitta. En epidemiledningsgrupp skapades, med representanter från kommunen, vårdcentralen och Smittskyddsenheten i Västra Götalandsregionen. Även VAKA, SMI, Livsmedelsverket och Länsveterinären kontaktades. Åtgärder såsom kokningsrekommendationer, urspolning av ledningsnätet, extra klorering och omfattande provtagning utfördes från första dagen. På grundval av resultaten av laboratorieprover och vidtagna åtgärder kunde kokningsrekommendationen hävas efter 16 dagar, och epidemiledningsgruppen upplösas tre dagar senare. Efterarbete om hur smittämnet hamnat i Göta älv, hur liknande händelser kan hanteras ännu bättre i framtiden och hur framtida risker kan minimeras pågick dock i flera år efter utbrottet. Ett exempel på en ny rutin som införts i Lilla Edet är att när man får meddelande om magsjuka som misstänks bero på vattenkvalitet genast kontaktar skolor och förskolor i det berörda området för att tillsammans med Smittskyddsenheten utvärdera frånvarorapporteringen. Fler lärdomar från händelserna i Lilla Edet beskrivs i SVU rapport nr 2010-13, "Utbrott av calicivirus i Lilla Edet – händelseförlopp och lärdomar".

Östersund 2010

I november 2010 inträffade ett vattenburet utbrott av *Cryptosporidium* i Östersund. Över 20 000 personer smittades, vilket gjorde detta till det största vattenburna utbrottet någonsin i Sverige. Den troliga orsaken till utbrottet var att avloppsvatten kommit ut i vattentäkten, dels på grund av felkopplingar av avlopp vilket medförde att avloppsvatten leddes direkt ut till vattentäkten, och dels på grund av ett kraftigt skyfall som ledde till omfattande bräddningar av avloppsvatten. I vattenverket saknades tillräckliga barriärer för att avlägsna och avdöda parasiterna i råvattnet. Kokningspåbud utfärdades så snart dricksvattnet inte kunde avfärdas som smittkälla och för att säkerställa ett säkert vatten installerades en UV-anläggning i Minnesgårdets vattenverk och en genomspolning av hela distributionssystemet i Östersund genomfördes. Kokningspåbudet upphörde efter tolv veckor, efter ett omfattande arbete med att ta fram kriterier för friklassning från Östersunds kommun. Kommunen fick god hjälp av VAKA, Landstingets smittskyddsenhet och SMI. Den samhällsekonomiska kostnaden för utbrottet beräknas till ca 220 miljoner kronor. Ytterligare information om händelserna i Östersund beskrivs dels i rapporten "Vattenburet utbrott av *Cryptosporidium* i Östersund november-december 2010", som finns på Österunds kommuns hemsida, och dels i SMIs rapport "Cryptosporidium i Östersund".



6. Tillit och förtroende

De nordiska länderna har under 2000-talet drabbats av ett flertal utbrott av vattenburen smitta som lett till tusentals sjukdomsfall. Till några av de mer kända utbrotten hör Giardia-smittan i Bergen 2004, Nokia-incidenten 2008, samt utbrotten av Cryptosporidium i Östersund och Skellefteå 2010 och 2011. Varje utbrott av vattenburen smitta leder med största sannolikhet till en ökning av den upplevda risken med att dricka vatten och en minskad acceptans hos konsumenterna. Dessutom undermineras troligen förtroendet för vattenleverantören. Efter ett utbrott måste därför organisationer och enheter berörda av krisen arbeta för att återupprätta acceptansen och förtroendet och samtidigt minska den upplevda risken.

Tillit och förtroende är av stor betydelse när man vill skapa goda samarbeten, både mellan människor och mellan allmänhet och beslutsfattare. Tillit till och förtroende för beslutsfattare påverkar hur allmänheten bedömer och upplever risken kopplad till en potentiell fara. De människor som litar på en beslutsfattare anser i högre grad att de riskbedömningar som görs av beslutsfattaren är trovärdiga. Dessa människor har också högre acceptans för införda förändringar och riskåtgärder. Det är en viss skillnad mellan tillit och förtroende:

- Tillit bygger på en samstämmighet vad gäller värden och avsikter, där egenskaper som öppenhet, ärlighet och integritet är av betydelse.

- Förtroende grundar sig i tidigare erfarenheter av att händelser inträffar som förväntat. Att ha förtroende för att något kommer att ske innebär inte nödvändigtvis att man litar på avsikterna eller har samma värderingar som berörda personer, myndigheter eller beslutsfattare.
- Tillit innefattar risk och sårbarhet medan förtroende inte bygger på dessa aspekter.
- Tillit baseras på sociala relationer medan förtroende baseras på förtrogenhet, kännedom och tidigare erfarenheter.
- Föremål för tillit är personer, eller enheter som kan uppfattas som personer, medan man kan ha förtroende för vad som helst, exempelvis att vatten kommer att rinna ur kranen när man vrider på den.

Man kan öka tilliten samtidigt som man minskar förtroendet. Om vattenverket exempelvis säger att i morgon kommer det inte komma vatten ur kranen minskar förtroendet för att vattenverket ska leverera vatten, men tilliten ökar då konsumenten får en förvarning och en bra förklaring; vattenverket visar att man tar ansvar när det är problem på gång. I det omvända fallet, när konsumenten har stort förtroende att det ska komma vatten, men det inte gör det, då minskar tilliten till den som är ansvarig.

Utbrott	År	Infektion	Kommentarer om tillit och förtroende
Bergen	2004	Giardia	Kan ha bidragit till att minska norrmännens förtroende för och upplevda kompetens hos statliga organ på kort sikt. Konsumenterna är numera lika nöjda med vattendistributörerna som de var innan utbrottet
Nokia	2007	Virus och parasiter	Spekulationer om möjliga dödsfall orsakade av parasitutbrottet och att VA-personalen känt till inflödet av tekniskt vatten under längre tid än vad som angavs. Hur utbrottet har påverkat konsumenternas förtroende för dricksvattnet är inte undersökt.
Lilla Edet	2008	Norovirus	2005 vann Lilla Edet priset Sveriges godaste vatten. Trots att myndigheterna agerade snabbt och informationen till invånarna under utbrottet var av hög kvalitet ifrågasattes kompetensen hos berörda kommunala instanser. Anledningen till detta var att det inom kommunen fanns olika uppfattningar om den verkliga orsaken till utbrottet. Kommuninvånarna kände sig inte säkra på att man hittat källan till problemet eller att man satt in relevanta åtgärder för att undvika liknande händelser i framtiden.
Östersund	2010	Cryptosporidium	Nyheten om utbrottet fick ett mycket stort genomslag, såväl lokalt som nationellt, med en mycket intensiv bevakning under de två första veckorna av utbrottet. Man hanterade på ett utomordentligt sätt de olika roller som finns i kommunen, skaffade sig snabbt kunskap och vidtog åtgärder, samt hade en tydlig och tät kommunikation.
Skellefteå	2011	Cryptosporidium	Orsaken till den begränsade negativa publiciteten tros vara den intensiva informationskampanj som kommunen och samarbetspartnerna genomförde. Från dag ett var det tydliga budskapet att beredskapen är hög, att man misstänker dricksvattnet och att åtgärder redan är på gång.

Exempel från olika utbrott i Norden.



Öka tilliten

- Var ärlig:**
 - Att ta ansvar för ett fel som ni är ansvariga för visar på ärlighet och moral.
 - Om det senare framkommer att information avsiktligt har undanhållits, kan förtroendet från allmänheten få sig en rejäl törn.
- Visa uppriktighet:**
 - Berätta hela sanningen, även om du själv och andra i närheten inte hamnar i bästa dager.
 - Svara inte på frågor du inte kan svaret på eller som är utanför ditt arbetsområde. Erkänn att du inte kan svaret, men att du eller andra jobbar på det.
- Visa medkänsla:**
 - Visa medkänsla för allmänhetens problem.
 - Var beredd att lyssna på andras problem och visa sympati, även om det är tidskrävande.
- Ta ansvar:**
 - Undvik att skylla på andra. Även om det faktiskt är någon annans fel, visar beskyllningar att man undviker att ta ansvar.
- Var tillgänglig och tydlig:**
 - Var tillgänglig och tillmötesgående för att utfrågas och ifrågasättas av allmänheten och media, på tider som passar dem.
 - Använd en enda synlig talesperson. Människor är mer benägna att lita på en känd individ än en ansiktslös institution.
- Ge stöd:**
 - Hjälp andra att hjälpa sig själva. Att erbjuda användbara, praktiska råd tyder på goda intentioner och på en viss kompetensnivå.
- Arbeta förbyggande:**
 - Bygg upp goda relationer med kunder under en längre tid så att folk förstår era motiv innan incidenter och kriser inträffar.
 - Bygg upp relationer med media så att de vet att era intentioner är goda.

Öka förtroendet

- Håll er till fakta:**
 - Håll er till riktiga fakta och informera om dessa endast då ni är säkra på att de är sanna.
 - Att behöva dementera en uppgift i efterhand kan få allvarliga konsekvenser för organisationens trovärdighet.
- Lyft fram goda exempel:**
 - Framhäv verkligt lyckade insatser (exempelvis "vi hade ställt ut vattentankar inom 24 timmar").
- Arbeta förebyggande och tala om det:**
 - Planera i förväg och låt folk veta vilken beredskap att hantera incidenter som finns.
 - Hävda inte att beredskapen är 100-procentig. En sådan beredskapsplan finns inte och när man misslyckas att leva upp till förväntningarna finns risk att man betraktas som inkompetent.
- Var tillgängliga:**
 - Ha tillräckliga resurser tillgängliga för att allmänheten ska kunna kontakta er.
- Samarbeta med andra och var konsekventa:**
 - Håll kontakt med andra ansvariga instanser för att undvika att presentera motstridiga budskap. Olika budskap från olika inblandade aktörer kan verka förvirrande och påverkar allmänhetens förtroende, och därmed också deras benägenhet att följa eventuella anvisningar som rör krissituationen.
 - Samarbeta öppet med andra betrodda informationskällor. Om flera trovärdiga organisationer kan stödja samma budskap är det en bekräftelse på att den information som kommuniceras är rimlig och det är mindre sannolikt att allmänheten inte litar på de andra inblandade grupperna.

Modell I



Modell II



Genom att studera Lilla Edet-utbrottet 2008 har man kommit fram till att konsumenten agerar baserat på förtroende snarare än utifrån affekt. Figuren visar två modeller för samspel mellan förtroende, upplevd risk och acceptans. Konsumenter som är informerade om att deras dricksvatten tillverkas direkt från avloppsvatten (som sker i exempelvis Singapore) reagerar enligt modell II, vilket innebär att de har en affektpåverkad reaktion baserat på att avloppsvatten upplevs som en risk och förtroende blir därmed inte lika viktigt. När det gäller dricksvatten i Lilla Edet så är förtroendet mest viktigt och det som ger de ansvariga möjlighet att förklara riskerna och därmed få en acceptans för exempelvis kokningspåbud (modell I). Detta medför att god kommunikation är viktig både före, under och efter ett vattenburet utbrott

Värdet av bra kommunikation

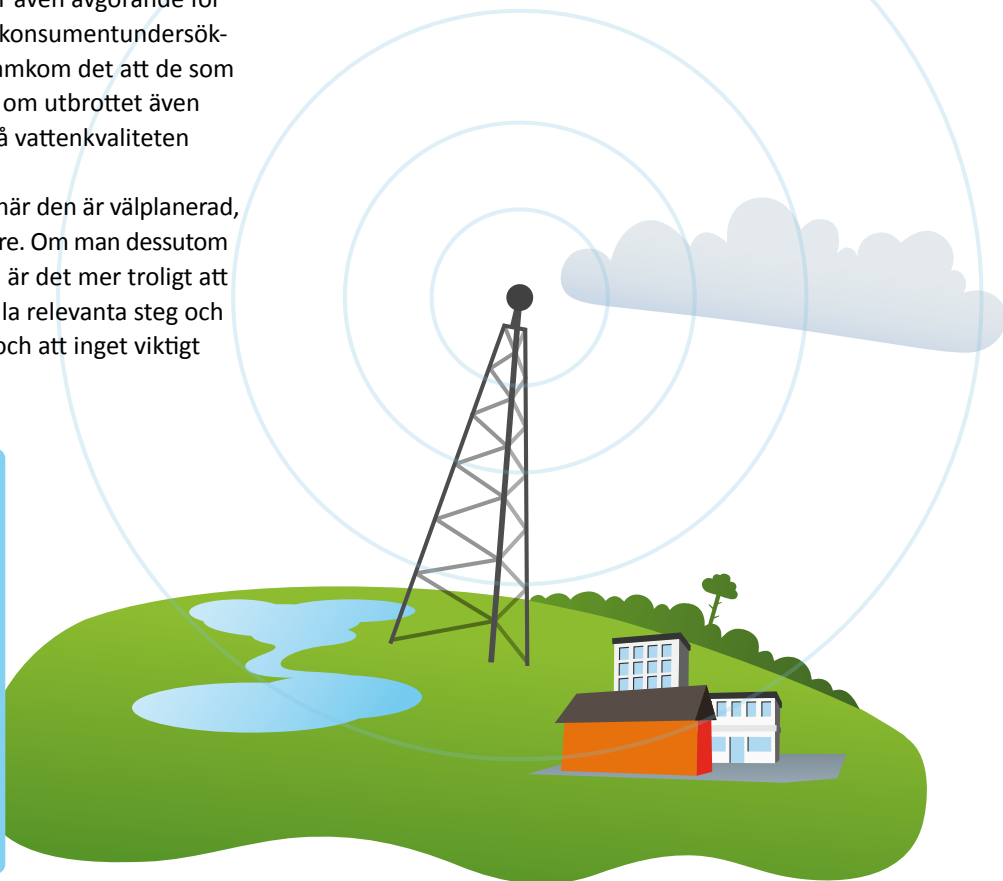
Att effektivt och tydligt kunna kommunicera om risker är avgörande för att människor ska kunna agera på ett sätt som gynnar deras egen och andras hälsa och säkerhet. Kvaliteten på informationen som kommuniceras är även avgörande för konsumenternas tillit och förtroende. I konsumentundersökningen från Lilla Edet-utbrottet 2008 framkom det att de som kritiserade kvaliteten på informationen om utbrottet även tenderade att känna sig mindre säkra på vattenkvaliteten efter incidenten.

Kommunikation är ofta mer effektiv när den är välplanerad, har ett tydligt syfte och en tydlig mottagare. Om man dessutom har en genomarbetad plan eller metod, är det mer troligt att kommunikationsprocessen innefattar alla relevanta steg och strategier före, under och efter en kris och att inget viktigt lämnas åt slumpen.

- Man bör i förhand identifiera möjliga risker och krissituationer, planera kommunikationsstrategier vid en eventuell incident, samt informera och förbereda allmänheten om risker.
- Efter en kris kan det vara viktigt att kommunicera vad man lärt sig av krisen samt att återbygga tillit och förtroende mellan allmänhet och beslutsfattare.

Tillit och förtronde i Ale

Studien Ale H₂O (som beskrivs i faktaruta på sida 12) har också tittat på medborgarnas tillit och förtroende när det gäller dricksvattnet. Läs mer om resultaten på visk.nu.



**Författare Handbok:**

Bergstedt, Olof	Göteborgs stad Kretslopp och vatten
Blom, Lena	Göteborgs stad Kretslopp och vatten
Friberg, Joanna	Göteborgsregionens kommunalförbund
Furuberg, Kjetil	Norsk Vann BA
Gjerstad, Karl Olav	IVAR IKS
Grönvall, Pontus	Stormen kommunikation
Håkonsen, Tor	VA-Support AS
Kjellberg, Inger	Göteborgs stad Kretslopp och vatten
Lindgren, Per-Eric	Länssjukhuset Ryhov
L. Kvitsand, Hanne	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Asplan Viak AS
Malmroth, Sara	Göteborgs stad Kretslopp och vatten
Morrison, Greg	Chalmers tekniska universitet
Myrmel, Mette	Norges Veterinærhøgskole
Nyström, Fredrik	Linköpings universitet
Ottoson, Jakob	Statens veterinärmedicinska anstalt
Petterson, Susan	Universitetet for miljø- og biovitenskap
Pettersson, Thomas	Chalmers tekniska högskola
Rosado, Ricardo	Norges Veterinærhøgskole
Sal, Lena Solli	Nedre Romerike vannverk IKS
Schultz, Anna Charlotte	Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet
Simonsson, Magnus	Sveriges Livsmedelsverk
Sokolova, Ekaterina	Chalmers tekniska högskola

Referensgrupp Handbok:

Hem, Lars	Oslo kommune Vann- og avløpsetaten
Nygård, Karin	Folkehelseinstituttet
Nyström, Per-Erik	Sveriges Livsmedelsverk
Pott, Britt-Marie	Sydvatten AB

Titel: Handbok – hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virusmitta trots förändrat klimat. Utgivningsdatum: 2013-03. Bearbetning och grafisk form: Stormen kommunikation, www.stormen.nu. ISBN 978-82-414-0341-5.



VIRUS I VATTEN - SKANDINAVISK KUNSKAPSBANK