



UPPSALA
UNIVERSITET

Patogener i svenskt dricksvatten

Reningsmetoder och framtida klimathot



Emma Hällqvist

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2010
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

Vattenburna patogener kan orsaka en rad sjukdomar hos människor och är en vanlig orsak till gastroenterit (mag och tarminflammation). I länder där vatten är en bristvara kan uttorkning till följd av diarré i många fall leda till döden. I Sverige rapporteras i snitt 4 sjukdomsutbrott per år där de vanligaste patogenerna hittills varit; *Campylobakter*, *Giardia lamblia* och *Norovirus*. Även utbrott med toxinbildande *E.coli*, *Entamoeba histolytica* och *Cryptosporidium parvum* har ägt rum. Några av de patogener som bl. a. finns i svenska vatten är starkt motståndskraftiga mot de reningstekniker som vanligtvis används vid dricksvattenproduktion och kan orsaka hälsoproblem. Framtida klimatförändringar tros även kunna leda till en ökad spridning av patogener. En ökad nederbörd kan leda till översvämningar och möjliggöra snabba transporter av mikroorganismer till både yt- och grundvatten som används som råvatten vid dricksvattenproduktion. I och med en ökad populationsväxt blir tillgången på rent vatten och vikten att bevara jordens vattentillgångar mer påtaglig. Det krävs således nya metoder för att destillera dricksvatten från motståndskraftiga patogener. Hög beredskap för infektions- och smittoförlopp, samt medvetenhet om framtida klimatförändringar och dess konsekvenser är också av stor vikt.

Inledning

Vår planets yta är täckt med ca 70,8% vatten men av detta är det bara omkring 1 % som kan användas som dricksvatten (SAMVA, 2008). Tillgången på drickbart vatten är ojämnt distribuerad världen över och har blivit en av de viktigaste begränsande faktorerna för hur många människor som kan leva på jorden. I och med en ökad folkmängd, framför allt i utvecklingsländer, är tillgången på dricksvatten i dessa områden ett akut problem. Omkring 884 miljoner människor i världen beräknas dricka ohälsosamt vatten dagligen (WHO/UNICEF). En tredjedel av jordens befolkning beräknas ha brist på vatten och många länder använder årligen mer vatten än vad som kommer tillbaka genom vattnets naturliga kretslopp.

Vatten är inte bara en livsnödvändighet, det är också en av världens främsta sjukdoms- och föroreningsspridare. Jordens vattenresurser kontamineras dagligen. Utöver utsläpp som exempelvis avgaser, tungmetaller och förbränningsprodukter från industrier, bekämpnings- och gödselmedel från jordbruk, läkemedel och andra kemiska restprodukter som alla till slut når ut i vattendrag, är också mikrobiell kontamination av dricksvatten ett stort problem i hela världen.

Många sjukdomar som exempelvis hepatit (orsakad av hepatitis-virus), tyfoidfieber (orsakad av *Salmonella typhi*), Guillain-Barré (förlamningsjukdom orsakad av *Campylobacter jejuni*), legionärsjukan (orsakad av Legionella) och flertalet diarrésjukdomar sprids via vattenburna mikroorganismer och nya alarmerande patogener såsom parasiterna *Giardia lamblia* och *Cryptosporidium* verkar motståndskraftiga mot vissa av dagens reningsmetoder (WHO, 2010). Med klimatförändringar, som en förhöjd medeltemperatur och ökad nederbörd, kan översvämningar komma att leda till en ökad spridning av patogener i Sverige (Jönsson m.fl.2008). I västvärlden är de mikrobiologiska riskerna lägre jämfört med i utvecklingsländer men sjukdomsutbrotten är fler än vad man kanske kan tro. I Sverige rapporteras det i snitt fyra vattenspridna sjukdomsutbrott per år (SMI, 2010).

Den här uppsatsen beskriver några de vanligaste patogener som finns i svenska dricksvatten, vilka reningsmetoder som används för att avlägsna dem och eventuella problem som finns då vissa patogener är motståndskraftiga till de reningsmetoder som används. Eventuella framtida problem i och med klimatförändringar behandlas även, samt vikten av att förebygga infektionsutbrott.

Grund och ytvatten

Allt dricksvatten i Sverige tas från vattentäkter som är ytvatten eller grundvatten. Grundvatten är det vatten som finns i markens hålrum, i bergssprickor eller jordlager och bildas då ytvatten långsamt tränger ned i marken och filtreras av grovkorniga berglager. När vattnet når en ogenomtränglig yta som t.ex en sprickfri berghäll magasineras det och fyller ut de hålrum som finns i de lösa jordlagren ovan. I Sverige finns de flesta stora grundvattentäkterna i isälvsavlagringar såsom i sedimentär berggrund, deltan och rullstensåsar. Ytvatten innefattar sjöar och vattendrag och vanligtvis består ett ytvatten till större delen av utströmmat grundvatten. Andra viktiga källor till ytvattnet är regn som faller direkt ned i vattendrag eller rinner ned från högre landhöjder och når dessa. Tillförsel av dagvatten, avloppsvatten och industrivatten sker också. Ytvattentäkterna är oftast färre till antal, jämfört med grundvattentäkter, men de är ofta anslutna till stora vattenanläggningar som försörjer tätbefolkade områden. Stora utsläpp av smittoämnen och föroreningar kan slå ut vattentäkter.

För grundvattentäkter kan förödelsen bli mer utdragen då omsättningen är lägre än hos ytvatten. (SAMVA, 2008)

Konstgjord grundvattenbildning är en kostnadseffektiv metod där man på artificiellt vis ökar grundvattenresurser genom infiltration eller induktion från ytvatten (Thuresson, 1994). Det konstgjorda grundvattnet uppkommer på liknande sätt som det naturliga. Vatten tas från råvatten som renas genom filtrering via ett mikrobiellt jordlager. När vattnet har blivit filtrerat kan detta förvaras i reservoarer för senare användning. Genom konstgjord grundvattenbildning kan mer vatten renas än genom den naturliga grundvattenbildningen (Kuster m.fl., 2010) och i många länder i norra Europa, USA och Australien används tekniken för att komplettera den naturliga grundvattennivån (Díaz-Cruz och Barcelo, 2008). Tekniken används även i Sverige.

Dricksvattnet i Sverige utgörs till 50% av ytvatten, 25% av grundvatten, och 25% av konstgjord grundvattenbildning (Thuresson, 1994). Man började utveckla vattenförsörjning och avloppssystem, VA, för ungefär 150 år sedan i Sverige, först för vattenförsörjning och sedan för avlopp. Innan dess var vattenburna epidemier ett problem då bakterier från avlopp orsakade stora sjukdomsutbrott (SAMVA, 2008).

Patogener

Patogener är mikroorganismer som anses skadliga för människan. Vattenburna sjukdomar är dem som smittar via intag av kontaminerat vatten där smittovägar ofta är genom fekal förorenat vatten (avlopp eller gödselpåverkat). Smittämnen är vanlig orsak till gastroenterit (mag och tarminflammation) med svåra diarréer, illamående och akut magknip som sjukdomssymptom. I länder där vatten är en bristvara och i endemiska länder, dvs. i länder där sjukdom finns och sprids, kan uttorkning i många fall leda till döden (Leclerk m.fl. 2002).

Generellt tros många av sjukdomsutbrotten vara underreporterade och därför saknas underlag för statistik (Lysén m.fl., 2009; Craun, 1992). I USA har man en gedigen bokföring ända sedan 1920-talet och trots detta tros bara en halv till en tredjedel eller t.o.m. bara en tiondel fall av sjukdomsutbrotten rapporteras (Craun, 1992). I Sverige har det under de senaste 25 åren registrerats 1-13 vattenburna sjukdomsutbrott per år och bland dessa har vid två tillfällen över 10 000 personer insjuknat (Bergstedt och Norberg, 2004). Dessa inträffade i Boden 1988 samt i sydvästra Skåne 1995. I inget av fallen kunde smittoämnet identifieras (SMI).

De vanligaste patogenerna i svenska dricksvatten under senare år har bl.a. varit *Campylobakter*, *Giardia lamblia* och *Norovirus*. Även utbrott med toxinbildande *E.coli*, *Entamoeba histolytica* och *Cryptosporidium parvum* har ägt rum. I vissa enstaka fall har det även förekommit smitta från *Salmonella* och *Shigella* spp från enskilda brunnar eller vattentäkter. Orsaken till de vattenburna utbrotten har ofta varit att förorenat ytvatten eller avloppsvatten har kunnat tränga in till dricksvattennät. Andra smittämnen som kan vara aktuella i Sverige är *Aeromonas hydrophila*, *Hepatitis A*, *Rota-*, *Coxsackie-* och *Echovirus*, samt *Yersinia enterocolitica*.(SMI)

Symptom och behandling

Symptom och inkubationstid skiljer sig åt mellan de infekterande patogenerna. Om avloppsvatten förorenar dricksvatten är det förmodligen många smittämnen inblandade och

sjukdomsförloppet blir komplext. En person som har druckit förorenat vatten kan insjukna efter något dygn med feber och kräkningar och därefter tillfriskna för att sedan efter ytterligare någon vecka insjukna igen med diarréer och kraftiga buksmärter. Ofta går dessa sjukdomssymptom över av sig självt och det finns då ingen egentlig anledning att behandla. Att behandla med antibiotika är många gånger direkt olämpligt då man kan förlänga tiden som bärare av patogenen och även selektera fram resistenta bakterier. Om patogenen är virus finns ingen riktad behandling (SMI). Utöver gastroenterit finns andra vattenburna sjukdomar som kan te sig allvarigare och för människor med nedsatt immunförsvar blir infektionerna ofta kritiska (Leclerc m.fl., 2002). WHO gav 2004 ut ett ramverk med riktlinjer för dricksvatten där man konstaterar att behovet av råvattenskydd är av yttersta vikt då mikrobiologiska risker även fortsatt kommer att vara ett problem i både utvecklingsländer och utvecklade länder. Patogenerna i svenska vatten (Tabell 1) som kommer att tas upp kan delas upp i tre grupper; bakterier, virus och parasiter.

Tabell 1. Patogener i Svenska vatten. Tabellen baseras på en framställning av WHO som är kompletterad med bedömning för Sverige (Svenskt Vatten, 2007). Urvalet bygger på vanligt förekommande och rapporterade patogener i Sverige och tar alltså inte upp alla de patogener som förekommer.

Patogener	"Överlevnad" i råvattentäkt vid 20°C	Klortålighet	Infektionsförmåga	Viktig smittkälla är djur?	Betydelse i Sverige
Bakterier					
<i>Campylobakter jejuni</i>	Vecka-månad	Låg	Måttlig	Ja	Stor
<i>Legionella spp.</i>	Förökar sig	Låg	Måttlig	Nej	Stor
<i>Patogena E.coli</i>	Vecka-månad	Låg	Låg	Ja	Stor
<i>Salmonella typhi</i>	Vecka-månad	Låg	Låg	Nej	
<i>Shigella spp.</i>	<Vecka	Låg	Måttlig	Nej	
<i>Yersinia enterocolitica</i>	>Månad	Låg	Låg	Ja	
Virus					
<i>Adenovirus</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Nej	UV-tålig?
<i>Enterovirus</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Nej	
<i>Hepatit A</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Nej	
<i>Hepatit E</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Kanske	
<i>Norovirus och Sapovirus</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Kanske	Stor
<i>Rotavirus</i>	>Månad	Måttlig	Hög	Nej	
Protozoer					
<i>Cryptosporidium</i>	>Månad	Hög	Hög	Ja	Mycket stor
<i>Giardia lamblia</i>	Vecka-månad	Hög	Hög	Ja	Mycket stor

Bakterier

Vattenburna bakterio-patogener inkluderar enteriska och akvatiska bakterier. De akvatiska kan leva och förökas i dricksvatten och är beroende av en rad parametrar i vattnet men dess framgång beror framförallt på temperatur och tillgång på näring. Till denna grupp räknas

exempelvis *Legionella* spp. Enteriska bakterier finns i mag- och tarmkanalen och existerar framförallt i näringsfattiga miljöer men man har även sett att vissa av dessa kan tillväxa i sötvatten. Till denna grupp räknas exempelvis *E.coli*, *Salmonella* och *Shigella* (Le Clerc m.fl., 2002).

Campylobakter

Campylobakter är den vanligaste orsaken till vattenburen smitta och diarré-sjukdomsutbrott i Sverige. Släktet innefattar 16 arter varav *C. jejuni* och *C. coli* orsakar gastroenterit hos människor och symptom med blodblandad diarré förekommer också (SMI). Bakterien förekommer förutom hos människan även hos djur som t.ex. hundar, katter, fåglar, får, getter, grisar och nötkreatur. Den utsöndras via avföring (Jönsson m.fl., 2008) och finns i princip i alla ytvatten. Campylobakter är väl anpassade till tarmkanalen, och kycklingkött verkar vara den primära smittvägen till människor (Le Clerc m.fl., 2002). Bakterien tillväxer rätt så dåligt i de flesta födoämnen men infektionsdosen är låg. Barn under 5 år och äldre ungdomar verkar vara den mest utsatta gruppen (Jönsson m.fl., 2008). I utvecklingsländer är barn under 2 år de mest drabbade (Ashbolt, 2004). En infektion kan ibland leda till komplikationer som ledbesvär (reaktiv artrit) och i sällsynta fall Guillain-Barré (en förlamningssjukdom). Inkubationstiden är vanligen 1–3 dygn men kan variera mellan 1–10 dygn. I Sverige rapporteras omkring 7 000 sjukdomsfall per år, med en ökning under juni, juli och augusti. I de flesta fall kommer smittan från utlandet, Europa och Sydostasien, men 40 % smittas inom landet (SMI).

I Walkerton, Onatrio, Kanada år 2000 insjuknande närmare halva befolkningen (2 300 personer) varav 7 avled till följd av bakteriespridning via det kommunala dricksvattennätet. Smittämnen var främst campylobakter och enterohemorragisk *E. Coli* (EHEC) och kom till följd av översvämningar. Kraftig nederbörd i samband med gödselspridning medförde en avsköljning av markytan med vidare avrinning och transport ned till grundvattentäkten Detta är något som man befärrar också skulle kunna hända i Sverige vid ökad nederbörd. (Jönsson m.fl., 2008).

Legionella spp.

Släktet *Legionella* har åtminstone 42 namngivna arter, varav serotypen *L. pneumophila* är mest relaterad till sjukdom hos människor. Infektioner kan leda till 2 olika sjukdomar, dels legionärsjuka som är en svår lunginflammation (pneumonia) och pontiacfeber, som är ett influensaliknande sjukdomstillstånd med självövergående symtom. Bakterien finns i akvatiska miljöer och trivs i vattenförråd, däribland även dricksvattentäcker. Tillväxthastigheten bestäms främst av temperatur och *Legionella* spp. kan därför tänkas finnas i heta vattentankar, vattentorn och avkylningsystem, och via dessa spridas till vattenledningsnät i byggnader. Bakterien sprids till människor via aerosoler av förorenat vatten som kan finnas i duschar och bad (Le Clerc m.fl., 2002). Man måste således andas in bakterien för att bli infekterad och om man dricker den tycks den vara ofarlig. För att bli sjuk måste man i regel ha nedsatt immunförsvar. Omkring 50-80 fall rapporteras varje år i Sverige (SMI).

Patogena Esherichia Coli spp

Bakterien *E.coli* finns naturligt i mag-och tarmkanalen hos både människor och djur och är i de flesta fall ofarlig där. Det har således visat sig att det finns flera olika typer av *E. coli* varav vissa är patogener för människan. Åtminstone sex typer av patogena *E. coli* har fastställts; enterohemorragiska (EHEC), enteroinvasiva (EIEC), enteropatogena (EPEC), enterotoxinbildande (ETEC), enteroadhererande (EAEC) och enteroaggregativa (EAaggEC) *E. coli*. Bakterierna finns i tarmen och utsöndras med avföringen (SMI). I utvecklingsländer är EPEC den största orsaken till småbarnsdiarré (Ashbolt, 2004).

Salmonella spp

Det finns över 2000 olika serotyper av släktet *Salmonella*, varav omkring ett 20-tal finns i Sverige. *Salmonella* är en zoonos, dvs. den smittar mellan djur och människa. Den kan ses i bl.a nötkreatur, gris, hönsfågel, vilda fåglar, hund och katt. I Sverige rapporteras ca 4-8 utbrott per år som resulterar i 4000 sjukdomsfall per år. Av dessa är 85 % utlandsförvärvade.

Bärarskapet är omkring 5 veckor men längre tid har rapporterats. Inkubationstiden är 1-3 dygn (SMI). Bakterien smittar via fekalt förorenat vatten. Väl inne i mag- och tarmkanalen förökas den och sprids till blodomlopp och kan orsaka tyfoid- eller paratyfoidfeber (Ashbolt, 2004). Typiskt symptom för tyfoidfeber kan vara små blekröda fläckar på buken. Under första veckan kan magen vara förstoppad för att under den andra veckan övergå i diarréer. Om sjukdomen får fortlöpa obehandlad finns risk att blödande sår i mag-tarmkanalen utvecklas. Dessa kan i sin tur ge bukhinneinflammation, vilket är livshotande (SMI).

Shigella spp

Det finns fyra olika arter av släktet *Shigella* varav *S.dysnteriae* är den allvarligaste formen på grund av ett toxin som utsöndras. I Sverige är bakterien inte särskilt vanlig men *S.sonnei* är den vanligast förekommande typen och kommer i flesta fall in landet via livsmedel och kan även smittas via förorenat vatten. Under senvåren 2009 blev exempelvis ett 50-tal fall rapporterade med *Shigella dysenteriae*, typ 2 i Sverige. Utbredningen av smitta visade sig då kunna isoleras till sockerärter som importerats från Kenya (Löfdahl m.fl., 2009).

Infektionsdosen ses som låg men släktet kan ge upphov till gastroenterit och ledbesvär. I tredje världen är bakterien orsak till många dödsfall. I Sverige rapporteras 400-600 fall per år. Inkubationstiden är 2-3 dygn och bärarskap uppemot 4 veckor. Längre tid har dock rapporterats (SMI).

Yersinia enterocolitica

Yersinia enterocolitica har isolerats från dess naturliga miljöer inklusive vattenförråd av olika slag. Bakterierna kan tillväxa i sötvatten och därför utgöra en risk för dricksvattenkonsumtion (Le Clerc m.fl., 2002). Knappt 600 fall per år rapporteras i Sverige. Kunskaper om sjukdomsspridningen är begränsad. Bakterien kan dock tillväxa vid låg temperatur (4° C) och kan därför spridas även via kyllda livsmedel. Symtom kan förutom gastroenterit, med så kraftiga buksmärter att sjukdomen ibland förväxlas med blindtarmsinflammation, vara huvudvärk, ledbesvär och hudutslag (SMI).

Virus

Eftersom virus inte kan föröka sig utanför levande celler är infektionsrisken relativt låg (Leclerk m.fl., 2002). Trots det är infektionsdosen låg och få viruspartiklar räcker för en infektion. Viral gastroenterit har två olika epidemiologiska uttryck. Sjukdomsförloppet kan vara endemiskt bland barn eller smitta alla åldersgrupper. Viral diarré hos barn orsakas främst av rotavirus (Grupp A), enteriska adenovirus (i stort sett typ 40, 41 och undergruppen F), och av calicivirus (främst norovirus) (Glass m.fl., 2001).

Viruskoncentrationer i ytvatten kan öka under kraftiga skyfall då regnet kan föra med sig stallgödsel och avfall. Då rening av avloppsvatten inte alltid effektivt avlägsnar virus och då det behandlade vattnet förs ut till ytvatten igen kan viruskoncentrationen i ytvattnet nedströms avloppsreningsverk därmed också bli förhöjd (Lodder och Husman, 2005).

Hepatit A och Hepatit E

Hepatit A orsakas av ett virus som tillhör familjen Picornaviridae. Viruset orsakar inflammation i levern, varvid patienten kan bli gul i huden (SMI). Både hepatit A och E smittar via kontaminerat vatten och utsöndras via avföring. Hepatit A-virus (HAV) kan även spridas sexuellt. Sjukdomsförloppen ter sig lika hos de två och dödligheten är relativt låg, däremot anses dödligheten hos hepatit E-patienter vara högre hos gravida kvinnor om smittan sker under graviditet (mellan 10-25%) (Toole m.fl., 2006). Hepatit E-virus (HEV) har isolerats från framför allt gris och det har spekulerats om gris kan spela roll för smittspridningen i endemiska områden (SMI).

De flesta rapporterade infektionsfall i Sverige tycks vara importerade från Asien (Norder m.fl., 2009). Hepatit E utgör en stor del av den epidemiska spridningen av hepatit i södra central-Asien (Toole m.fl., 2006) och i endemiska länder är HEV associerat till över 50% av akuta hepatitfall (Balayan, 1997). Epidemierna uppkommer i intervall om 7-10 år i endemiska länder under regnperioder (Toole m.fl., 2006). Flera fall av hepatit har dock rapporterats i Europa och studier visar att HEV är mer allmänt förekommande än man tidigare trott (Clemente-Casares m.fl., 2003). Clement m.fl. visade bl.a förekomsten av HEV-stammar i flera Europeiska länder (Italien, Grekland, Spanien, Storbritannien, Sverige) och även USA där även nya stammar av HEV upptäcktes.

I Sverige är det ett fåtal fall som rapporteras och i nästan samtliga fall härrör smittan från utlandet men det finns en hög närvaro av antikroppar mot hepatit E i den svenska befolkningen (6-9%) vilket troligtvis tyder på en endemisk smitta (SMI). Norder m.fl. gjorde en studie för att se vilka stammar av hepatit E som förts in i Danmark och Sverige mellan 1993-2007 och undersöka om de kom från endemiska länder. Det har tidigare visat sig att renodlade stammar av HEV genetiskt skiljer sig från stammar i endemiska länder (Clement-Casares m.fl., 2003; Norder m.fl., 2009). De flesta patienter hade smittats i Asien men det fanns även de som smittats i Europa. Studien visade också genetiska samband mellan människo-HEV och gris-HEV från geografiskt isolerade områden, något som tidigare uppmärksammats. Då smitta även förekommer i icke endemiska länder borde man således diagnostisera patienter med akut hepatit oavsett tidigare resesmål.

Norovirus

Inom gruppen calsiusvirus ingår sapo- och norovirus. Andra benämningar på infektion i dagligt tal är vinterkräksjukan och Norwalkieinfektion (SMI). Norovirus (NoV) tycks vara den mest vanliga orsaken till gastroenterit. Viruset har stor genetisk diversitet och klassas in i fem stammar (GI-GV), varav tre har hittats hos människan (GI, GII och GIV). Inom dessa grupper finns även fler klassificerade genotyper som alla har hög genetisk drift (Lysén m.fl., 2009). Exponering ökar därmed sannolikheten att viruset muterar till en ny variant. NoV kan inte kultiverats *in vitro* och för att detektera viruset görs elektronmikroskopi och RT-PCR (reverse transcription-polymerase chain reaction).

NoV smittar från människa till människa men också genom intag av mat och vatten. Viruset finns i hela världen och utsöndras i stor mängd i avföring. Viruset är väldigt smittsamt och smittade personer kan vanligen sprida smitta upp till två dygn, ibland längre efter symtomfrihet. Inkubationstiden är 12–48 timmar. Även långtidsbärare av norovirus har rapporterats (SMI). Smittskyddsinstitutet för statistik över antal smittor och utbrott. Mellan 2002-2006 var över 4100 människor smittade av NoV i Sverige. Lysén m.fl. (2009) gjorde en studie som visade att 52% av dessa var relaterade till matintag och 18% från vatten, då från både råvatten och dricksvatten. Proven visade en hög diversitet med majoritet hos stam GII, och då framförallt hos en speciell genotyp: GII.4. Detta stämmer med andra rapporter från

övriga Europa där just denna variant har stor genetisk drift och verkar stå för stor del av det ökade antalet utbrott. NoV's höga diversitet och genetiska drift höjer vikten av att detektera virusutbrott redan i ett tidigt skede för att minska risk till rekombination.

Enterovirus

Enterovirus tillhör familjen Picornaviridae. Viruset delas in i tre underarter; poliovirus, coxsackievirus (grupp A och B), echovirus och en ytterligare grupp enterovirus som klassificeras efter dess serotyp. Replikation sker i cytoplasman hos vertebraters celler och vid oralt intag sker replikation i tarmen. Echovirus orsakar ofta en vanlig förkylning men alla underarterna av enterovirus kan ge allvarliga skador om de sprids via blodomlopp och når organ som hjärtat, huden och nervsystem. Poliovirus, om det når ryggmärgen, kan orsaka polio (barnförlamning). Då man började vaccinera mot polio 1957 utrotades sjukdomen som kliniskt begrepp i Sverige (SMI). Infekterade människor och djur exkreerar stora mängder av virus vid infektion som då kan föras vidare till råvatten och kontaminera detta. I varmare länder med dåliga sanitära förhållanden, och framförallt i länder med risk för översvämning ses spridning som ett stort problem (Rajtar m.fl., 2008). Studier gjorda i delar av Indonesien och södra delar av Afrika visar att över 90% av barn på 5 år har antikroppar som tyder på närbkontakt av i alla fall ett av enterovirusen (Ehlers m.fl., 2005). Viruset är motståndskraftigt mot höga temperaturer och koncentrationer av natriumklorid (NaCl) (Rajtar m.fl., 2008) och tål därmed klorering i reningsprocesser relativt bra vilket är ett problem.

Rotavirus

Rotavirus (RV) tillhör familjen Reoviridae och är det vanligast diagnostiserade diarréviruset hos barn i Sverige. Inkubationstiden är 1–3 dygn (SMI). Det finns 7 olika undergrupper av viruset: A-G varav A och C förekommer i Sverige (SMI). RV-infektioner är i ledning när det kommer till allvarlig hypertonisk gastroenterit med 352 000 -592 000 dödsfall per år i världen. De flesta barn i utvecklingsländer får sin första infektion innan 5 års ålder och viruset tros stå för omkring 80 % av dödsfall hos barn (Parashar m.fl., 2003). Sjukdomen är självläkande (om uttorkning förhindras) men återinsjuknande förekommer dock ibland. Någon specifik behandling används i nuläget inte i Sverige (SMI). Däremot har två nyutvecklade vaccin testats och är nu licensierade i Europa (Johansen m.fl., 2008). Johansen m.fl. gjorde en studie vid S:t Görans sjukhus mellan 1987-1997 för att undersöka sjukdomsförloppet av RV. Studien innefattade 984 barn och av dessa var det bara 2 st under den 11-åriga perioden som fick återfall av gastroenterit till följd av viruset. Detta tyder på en immunförsvars-respons från ett första infektionsförlopp, något som stödjer att vaccin kan komma att minska RV-infektioner i utvecklingsländer.

Parasiter

Vattenöverförbara parasiter är motståndskraftiga till de flesta desinficerande och antispetiska behandlingar som ofta används i vattenreningsprocesser. De kan precis som virus inte föröka sig i vattnet utan livnär sig på sitt värdjur och förökar sig där. (Leclerk m.fl., 2005). *Giardia lamblia* och *Cryptosporidium* är två encelliga parasiter (protozoer) som karakteriseras av låga infektionsdoser och har hög motståndskraft mot reningsmetoder i vattenverk. De har också hög överlevnad i kalla vattenmiljöer (Craun m.fl., 2006), vilket kan förklara dess spridning i svenska vatten. Båda orsakar gastroenterit och symptom har visat sig kunna vara långvariga (Bergstedt och Norberg, 2004).

Giardia lamblia

Sjukdomstillståndet vid en *Giardia*-infektion kan vara kroniskt, verka under akuta infektioner eller ligga latent hos bärare (Wensaas m.fl., 2010). Parasitens livscykel består av två faser.

Först infekteras värden genom intag av cystor som finns i kontaminerat vatten, mat eller genom fekal-oral kontakt. När cystorna når magsäcken och det låga pH-värdet påbörjas den andra fasen och dess vegetativa form. Cystorna utvecklas då till trofositer. I tunntarmen replikerar parasiten och orsakar symptom såsom magkramper och diarré. Efter kontakt med vätska i tolvfingertarmen bildar trofositerna återigen cystor som kommer ut med avföringen och kan infektera en ny värd (Adam, 2001). Parasiten är endemisk i många delar av världen och påträffas vanligtvis i tropiska och subtropiska områden. I Europa och Nordamerika påträffas den också, då i enstaka fall eller i samband med sjukdomsutbrott (Wensaas m.fl., 2010). Parasiten är vanligt förekommande hos djur, såsom hundar, katter, boskap och vilda djur som kan vara smittbärare utan att själva vara sjuka och sprida stora mängder cystor av parasiten i sin avföring (>1000 cystor/gram faeces). Det har tidigare diskuterats huruvida *Giardia* är en zoonos, dvs. kan smitta mellan djur och människa men senare studier tyder på det är så (Bergstedt och Norberg, 2004).

Parasiten har associerats till en rad olika vattenburna sjukdomsutbrott, förmodligen på grund av dess höga närvaro i ytvatten och vattentäkter men även det faktum att cystorna är motståndskraftiga mot reningsmetoder både i vattenverk och reningsverk. Enstaka vattenprov behöver inte alltid säga så mycket om parasitens närvaro då cystorna är ojämnt fördelade i vattnet och ofta förekommer i sammansatta kluster. Sjukdomsfall behöver således inte te sig likadant hos patienter som druckit från samma vattenkälla då någon kan ha fått i sig större mängd av parasiten än en annan. I Sverige är humana *Giardiainfektioner* anmälnings skyldiga och ca 1500 fall per år anmäls till Smittskyddsinstitutet. Av dessa är ca 2/3 utlandsförvärvade. Generellt sett tros få fall rapporteras och att det i verkligheten rör sig om fler. (Bergstedt och Norberg, 2004).

I en undersökning som gjordes i Sverige efter ett sjukdomsutbrott i Sälen 1986 ville man se vad immunförsvarets systematiska antikroppsrespons var till *Giardia* (Ljungström och Castor, 1992). Sjukdomsutbrottet orsakades av ett läckage av avloppsvatten till dricksvatten. Omkring 3000 människor exponerades för det kontaminerade vattnet och över 1400 *Giardia*-fall blev diagnostiserade. Avföringsprover och blodprov togs några veckor efter infektion. Specifika antikroppar IgG och IgA till *Giardia* kunde ses från blodproven och jämfördes sedan med den mikroskopiska undersökningen av avföring. Då *Giardia* inte är en endemisk parasit i Sverige tyder närvaro av specifika anti-*Giardia* antikroppar på att man har varit i kontakt med parasiten. Resultaten visade att en person som enligt mikroskopisk undersökning inte var infekterad i själva verket kunde vara det då vissa blodprov visade antikroppar. Farthing m.fl. (1987) har också visat att även efter tre mikroskopiska undersökningar av patienter med diagnostiserad *Giardiasis* hade ändå 15 % av examinerade patienter negativa avföringsprov. Detta tyder på att mikroskopiska undersökningar bör göras flera gånger för att kunna säkerställa en *Giardia*-infektion. I länder vars populationer (som i Sverige) inte är utsatta för parasiten i hög grad indikerar ett positivt antikroppstest en kontakt med parasiten och behandling bör övervägas även om avföringsprov visar negativt (Ljungström och Castor, 1992).

I Norge, under hösten 2004, drabbades Bergens invånare av en *Giardia*-epidemi (Bergstedt och Norberg, 2004). Uppskattningsvis insjuknade ca 5000 människor. I en studie som Wensaas m.fl. (2010) gjorde strax efter sjukdomsutbrottet i Bergen så hade patienterna generellt milda symptom under infektion och behandling. Symptomen fanns dock kvar hos en stor del av patienterna i upp till 1 år efter den akuta infektionen, vilket visar på att sjukdomsförloppet kan vara utdraget.

Cryptosporidium

Liksom *Giardia* förekommer *Cryptosporidium* i mag- och tarmkanalen men bildar oocyter som kommer ut med avföringen. Oocyterna utvecklas sedan och blir infektiösa (LeClerc m.fl., 2002). Oocytfasen gör att parasiten kan överleva längre i miljön och är motståndskraftig för klorbehandling (Bergstedt och Norberg, 2004). Trots att *Cryptosporidium*-infektion är vanligt förekommande vid vattenburna utbrott i många länder verkar Norden vara ett undantag. Det finns bara ett känt sjukdomsutbrott som sprids via dricksvatten i Sverige och då hade avloppspåverkat vatten från en å används till det kommunala dricksvattennätet (SMI). I Milwaukee, USA insjuknade däremot omkring 400 000 människor 1993 vid ett *cryptosporidium*-utbrott, varav 4 400 lades in på sjukhus och omkring 100 personer avled till följd av spridning via det kommunala vattennätet (SMI)

Rening

Vattnet vi dricker måste renas innan distribution, dels ur mikrobiologisk synpunkt men också för att inte medföra korrosion på ledningsnät. Rent vatten i betydelse av fritt från andra kemiska föreningar existerar inte i naturen då det är ett bra lösningsmedel och löser upp både naturliga ämnen och ämnen till följd av mänskliga aktiviteter. Vattnet måste också renas från humusämnen som utgörs främst av nedbrytningsprodukter från växtriket. Humussyror ger vattnet färg och försvårar det sista steget i reningsprocessen. Alger och även många mikroorganismer (ex. aktinomyketer) ger upphov till färg, lukt och smak på vattnet, något som inte är farligt men i allmänhet inte uppskattas av konsumenten (Svenskt Vatten, 2007).

Vattenrening är ingen ny teknik och användes redan av grekerna för 6 000 år sedan då träkol, kokning och exponering av solljus förbättrade dricksvattenkvaliteten. Trots detta så var det inte förrän 1892, då ett stort utbrott av kolera i Tyskland ägde rum som vikten av modern vattenrening uppmärksammades. Det visade sig att invånarna i staden Hamburg insjuknade och dog i större utsträckning jämfört med invånarna i den närliggande staden Altona, trots att städerna använde sig av samma råvatten. Befolkningen i Altona visade sig skyddas av ett naturligt sandfilter som gjorde att de lyckades undkomma de största hoten (Ashbolt, 2004).

Kvalitetskrav och ansvarsområden i Sverige

För att räknas som drickbart vatten måste vattnet uppfylla vissa kvalitetskrav som ser olika ut i olika delar av världen. I Sverige hanteras dricksvatten i egenskap av livsmedel lagstiftningsmässigt i Livsmedelslagen, Livsmedelsförordningen och i Livsmedelsverkets föreskrifter. Även ny lagstiftning i EU:s nya dricksvattendirektiv har införlivats. I sin egenskap som samhällsfunktion behandlas dricksvattenfrågor även i Miljöbalken och i VAV-lagen. Svenskt vatten (före detta VAV) är vattenproducenternas branschorganisation som sammanställer statistik om större allmänna vattenverk (Lindberg och Lindqvist, 2005). WHO, världshälsoorganisationen är ett FN-organ som bland annat berör dricksvattenfrågor och för statistik över vattenresurser och vattenkvalité över hela världen.

Dricksvattenkungörelsen är den lagstiftning som innehåller regler om hantering och kontroll av dricksvatten och trädde i kraft 1994. I Sverige ansvarar olika myndigheter både på lokal, regional och nationell nivå för att uppnå den vattenförsörjningskvalitet som krävs (Svenskt Vatten, 2007).

Nationell nivå

Naturvårdsverket ansvarar för frågor för skydd av vattentäkter. SGU (Sveriges geologiska undersökning) har ansvar för grundvatten som naturresurs och är miljömålsansvarig.

Vattenmyndigheter tar fram förvaltningsplaner och åtgärdsprogram för svenska vatten. Livsmedelsverket ansvarar för säkerhetsfrågor och beredning för krissituationer och ställer krav på vattenverk. Boverket har hand om fysisk planering gällande hushållning av mark och vatten och har rekommendationer om tryck i vattenkranar för att motverka återströmning av förorenat vatten till ledningsnät.

Lokal/Regional nivå

Länsstyrelser och miljökontor ansvarar för skyddsfrågor gällande vattentäkter. Sistnämnda har även tillsyn för vattenkvalitet från vattenverk och konsument (Svenskt Vatten, 2007).

Vattenhantering är således komplext och kan vara svåröverskådligt då det är många parter som är inblandade och måste samarbeta.

Reningsmetoder

I vattenverk renas dricksvatten till skillnad från avloppsvatten som renas i reningsverk. Vattnet i vattenverk genomgår olika reningssteg beroende på om det tas från grund- eller ytvattentäkter och beroende av vilken vattenkvalitet vattnet har från början. Många svenska vattenverk är konstruerade för att klara av smittoämnen och har en så kallad säkerhetsbarriär. Som säkerhetsbarriär räknas vanligen:

- Konstgjord infiltrering (kortare tid än 14 dygn),
- Desinfektion (kan ske i två skilda steg och ses då som två barriärer)
- Kemisk fällning
- Långsam filtrering

I ytvattenverk använder man sig av kemisk fällning och filtrering som avskiljningsbarriär och vanligast klor som desinfektion (inaktiveringsbarriär). I grundvattenverk används ofta klor men även UV-ljus som desinfektion (Svenskt vatten, 2007). Det var dock bara hälften av all dricksvattensproduktion (både grund- och ytvatten) som använde sig av inaktiveringsbarriärer i Sverige 1996 (VAV enligt Lindberg och Lindqvist, 2005).

Normalt uppfyller det dricksvatten som lämnar våra vattenverk och finns i huvudledningarna de kvalitetskrav som ställts ur ett mikroorganistiskt perspektiv. Däremot är halten av organiskt material (humusämnen) hög (Seger och Rothman, 1996). Tillväxt av mikroorganismer kan dock uppstå då det är låg omsättning i ledningarna och vattnet blir stillastående en längre tid (Thuresson, 1994). Ämnen som skapar utfällningar i ledningsverk och även ämnen som skapar lukt, smak och bakterietillväxt i ledningsnäten måste också avskiljas (SAMVA, 2008).

Indikatororganismer

De flesta mikroorganismerna som finns i tarmen hos människor är ofarliga. I tarmen finns över 300 arter bakterier, även bakteriofager, jästsvampar och protozoer. Artsammansättningen kan variera men vissa bakterier och andra mikroorganismer är frekvent förekommande och också allmänt förekommande i avföring hos människor och djur. Om dessa därför återfinns i ett vattenprov indikerar de att vattnet blivit förorenat eller kommit i kontakt med avföring eller avlopp. Dessa grupper av mikroorganismer kallas för indikatororganismer och exempel på sådana är *E. coli*, koliforma bakterier, fekala streptokocker och sulfitreducerande klostridier. Dessa organismer bör ingå som kontrollunderlag när råvatten för dricksvatten undersöks (Thuresson, 1994).

Vid särskilda problem som exempelvis hudirritation efter bad och dusch, om vattnet har dålig smak eller lukt kan den mikrobiologiska undersökningen behöva utökas och man ser då vanligen efter exempelvis mikrosvamp och aktinomyceter som indikatororganismer. Vid ett misstänkt sjukdomsutbrott utreds en rad av de olika vanligt förekommande patogener i Sverige som exempelvis; *Campylobakter*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Cryptosporidium* och *Giardia Lamblia* (Thuresson, 1994).

Filtrering och kemisk fällning

Ytvatten måste först filtreras från alger och görs så i speciella mikrosilar. De flesta ytvatten är även brunfärgade av humusämnen. Dessa avlägsnas genom kemisk fällning där särskilda kemikalier tillsätts för att koagulera och skapa flockbildningar där humusämnen absorberas in i flockar för att sedan genom sedimentering eller flotation avlägsnas från vattnet så att filtren i slutskedet inte blir överbelastade. I en sedimentbassäng avskiljs huvudparten (90%) av det slam som bildats vid flockningen. Detta måste regelbundet tas bort. Vid flotation, till skillnad mot sedimentation, gör man partiklarna lättare än vattnet genom att låta mikroluftbubblor fästa vid dem som då för dem upp till ytan där de sedan avskummas (Thuresson, 1992). Vid koagulering tillsätts ofta hydrolyserande metallsalter såsom aluminium, järnsulfat och positivt laddade syntetiska organiska föreningar, d.v.s. katjoniska polyelektrolyter (Letterman, 1987).

Kvar att avlägsna efter denna process är ofta små ämnen från alger som frambringar dålig lukt och smak. Dessa tas bort med hjälp av aktivt kol eller bryts ned genom speciella mikrobiologiska sandfilter. Aktivt kol har förmågan att binda till sig ämnen som då kan avlägsnas (Svenskt vatten, 2007). Det finns i huvudsak två typer av filter; ett snabbfilter (öppetfilter eller tryckfilter), samt ett långsamt filter (Thuresson, 1992).

pH-justering

Om grundvattnet har godtagbar kvalitet behövs ingen egentlig beredning. Däremot brukar pH-värdet behöva justeras precis som hos ytvatten för att minska korrosion i ledningar. I vissa fall krävs även desinfektering. Om vattnet är rikt på kolsyra (CO_2) krävs det hög halt av alkaliska ämnen (kalk, lut eller soda) för att pH-justera. Det kan då vara lämpligt att först reducera kolsyran genom luftning. Även andra gaser såsom svavelväte (H_2S), metan (CH_4) och radon (Rn) kan avdrivas med luftning av vattnet. Ofta behöver även järn (Fe) och mangan (Mg) avlägsnas och görs så genom oxidation eller alternativt en pH-höjning som gör att ämnena blir till olösta föreningar som faller ut som flockar som sedan kan avskiljas via filter. Vatten med förhöjd hårdhet kan sänkas genom jonbytesfilter eller genom fällning med kalk, lut eller soda. (Thuresson, 1994)

Klor

Klorbehandling är den vanligaste desinfektionsmetoden i Sverige. Klor avdödar patogener genom att inaktivera livsnödvändiga enzym hos mikroorganismen. Klor förekommer således i en rad olika föreningar i vattnet då oxiderbara föreningar bryts ned till mindre beståndsdelar så som exempelvis klorider och nitrater. Organiska kväveföreningar reagerar med klor och bildar kloraminer där exempelvis ammoniak bildar monokloramin, dikloramin och trikloramin. Generellt gäller att klorföreningarna bildar i vatten underklorosyrighet (HOCl) och dess jon; hypokloritjon (OCl^-). Dessa två komponenter ger tillsammans ett fritt kloröverskott som fungerar desinficerande vid låga pH. Surt vatten ger dessvärre ökad korrosion i ledningsnät varför pH-värden hålls högre i dricksvattensnät. Det är främst den fria kloren som ger den desinficerande effekten men även bundet klor ger en viss effekt (1/50 effekt av det fria kloröverskottet). (Zätterquist, 1992).

Allt sedan det rapporterades under 70-talet att kloroform (CHCl₃), en misstänkt carcinogen, bildas under kloreringsprocessen i vattenverk har man försökt att minska trihalometanhalten (THM) vid klorering (Arai m.fl., 1986). THM är kemiska föreningar av metan där tre av väteatomerna har bytts ut mot halogener. Kloroform, även kallad triklormetan tillhör denna grupp. Debatten kring förvaring och hantering av klogas har också emellertid tvingat fram användningen av andra klorpreparat som substitut vid desinfektion som exempelvis; klorindioxid och kloraminer samt ozon och UV-desinficering. Som tidigare nämnts räcker inte alltid accepterade standardvärden för klorhalter till vid desinficering av patogener. Sålunda krävs vidare desinficeringsmetoder.

Ozon

På många håll i världen används ozon istället för klor som desinfektionsmedel. Ozon är ett starkt oxidationsmedel och oxiderar patogenernas cellmembran. Ozon oxiderar även järn och mangan i vatten till svårslösliga oxider som relativt lätt kan filtreras bort. Ozon påverkar också organiskt material och bryter ned dessa till kolföreningar som kan fungera som näring för mikroorganismer (Borek och Mehlman, 1983). I kommunal vattenförsörjning avlägsnas som regel kolföreningarna genom filtrering (Lindberg, muntligen). Ozon skadar arvsmassan hos såväl mikroorganismer som djur och växter. Skador uppkommer både genom ozonmolekylen själv men även genom väteperoxid som bildas när gasen bubblats genom vattnet (Borek och Mehlman, 1983).

Inandning av ozon kan leda till nedsatt lungfunktion. Effekter har visats redan vid 0,08ppm. Inom kommunal vattenförsörjning förstörs luftens överskottsozon på ett kontrollerat sätt (Lindberg, muntligen) men pga. av ozonets oxidativa förmåga är det viktigt att man har riktlinjer vid vattenrening. Användning av ozon i vattenverk har i Sverige hittills inte varit så vanligt, det är emellertid för närvarande en markant trend till ökat användande.

UV

UV-behandling är en kostnadseffektiv metod för att avlägsna bakterier och parasiter från vatten och på så sätt desinfektera dricksvatten (Choi och Choi, 2009). UV-strålningen påverkar organismernas nukleidsyror då strålningen absorberas direkt i DNA/RNA-molekylen och ger upphov till dimerbildningar. Sådana förändringar kan motverka cell-replikation. Vissa förändringar såsom pyrimidin-dimerer utefter DNA/RNA-strängen kan repareras med hjälp av bakteriers restriktionsenzym. Dessa enzym hinner dock inte med att reparera DNA-skador om de är för många och den genetiska informationen skadas då. UV-desinfektion ses som effektiv då det bara krävs små strålningsdoser för att inaktivera mikroorganismer. Den mest effektiva våglängden anses vara kring 260 nm (Sonntag och Schuchmann, 1992).

Mikroorganismer har olika tolerans för UV-ljus där parasiter och virus är mer motståndskraftiga (Fig 1.). *Giardia* kräver exempelvis 100 000 gånger högre dos UV jämfört med bakterier och virus för att inaktiveras (AWWA, 1995). Bakteriesporer ses som mer toleranta på grund av den tjocka ytan som skyddar sporinnehållet. Virus saknar det komplexa enzymsystem som bakterier har vilket kan förklara dess lägre tolerans (Sommer m.fl., 2001)

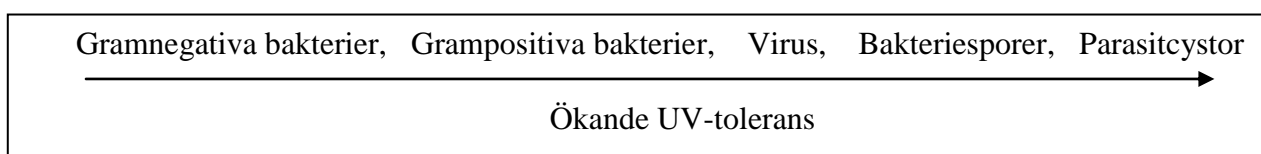


Fig.1. Olika mikroorganismgrupper UV-tolerans (Folkhelsa 1997 från Enskog, 1999)

Alla bakterier som tidigare finns med i tabell 1. är gramnegativa bakterier. Det har diskuterats en hel del huruvida UV-desinfektering har negativa effekter. Många forskare har rapporterat att UV-strålning modifierar organiska kol-strukturer, och ger en förhöjd AOC-halt (AOC = amount of carbon used, d.v.s den mängd kol som används som energi eller omvandlas till biomassa av bakterier). På så sätt kan bionedbrytningen komma att öka (Choi och Choi, 2009). Andra biprodukter till följd av UV-bestrålning kan vara nitrit, trihalometaner, aldehyder, ketoner, och bromid (Enskog, 1999). Åsikter skiljer sig åt. American water works association visade i en rapport (AWWA, 1995) att UV-ljus inte bildar trihalometaner och att biprodukterna är färre jämfört med vid klordesinfektion.

Trots att UV inaktiverar de flesta mikroorganismer finns det en del undantag. Det finns inte heller någon försäkring om att kranvatten är fritt från dessa då UV-strålningen inte kan bibehållas under hela processen i vattendistributionen (Choi och Choi, 2009). UV-metoden som desinfektionsmedel är inte heller särskilt beprövad på vatten med hög humushalt som så ofta är fallet i Sverige. Mer information om effektivitet och eventuella biprodukter bör således undersökas (Lindberg och Lindqvist, 2005).

Problem vid vattenrening

Detektering av patogener

Två olika angreppssätt har använts för att uppskatta exponering av patogener i dricksvattenkonsumtion; dels att mäta förekomsten i dricksvatten, samt att förutsäga förekomsten genom att utgå från råvattenkoncentrationer. Ett problem med detektering av patogener är att dess koncentrationer ofta är låga. Provsvar kan följaktligen visa negativt även under utbrottssituationer (Lindberg och Lindqvist, 2005). Vattenprovtagning ger heller inte en uppdaterad status över hur vattenkvaliteten ser ut i nuläget eller i framtiden utan ger bara information över hur det har varit (Bergmark m.fl., 2008). En förklaring till kunskapsbristen gällande lämpliga reningsmetoder är att en del av dem, exempelvis norovirus inte kan odlas *in vitro* (Lindberg och Lindqvist, 2005).

Biprodukter

Det viktigaste när det kommer till vattenrening är att producera ett drickbart vatten utan patogener som kan orsaka sjukdom hos människor. En andra viktig ståndpunkt är att försöka minimera användandet av klor vid desinfektion då man vill undvika otäcka restprodukter, som exempelvis THM. Desinfekteringsmetoderna som används i stor skala har alla biprodukter som kan verka direkt skadliga och många av dessa är muterande och cancerogena. Osäkerheter i var man drar gränsen för halten av skadliga ämnen har ibland resulterat i att gränsvärden för cancerogena ämnen helt uteblivit. WHO gav 1984 för första gången ut riktlinjer ("Guidelines for Drinking Water") för hur maxgränser för substanser bör sättas, riktlinjer som många länder anpassat sig efter. THM är dock bara en av många giftiga substanser som bildas under klorering. Andra ämnen såsom halogenerade metaner, etaner, etener, klorinerade fenoler, aldehyder är också biprodukter från kloreringsprocessen (Strobel och Dieter, 1990). Som tidigare nämnts kan nitrit, trihalometaner, aldehyder, ketoner, och bromid bli biprodukter vid UV-strålning.

Tillvägagångssätt för att detektera biprodukter är ofta genom olika extraktionsmetoder som exempelvis gas-kromatografi (GC) och masspektrometri (MS) (Weinberg, 2009). MS separerar molekyler från varandra utifrån deras förhållande mellan molekylvikt och laddning.

GC är en typ av kromatografi där den rörliga fasen är gas och ämnets hastighet beror av kokpunkt, ångtryck och polaritet. Även pH-justering och/eller omvandling av polära funktionella grupper kan göras för att lättare kunna isolera biprodukterna. Men många av de ämnen som ska identifieras är inte anpassade till dessa metoder, då de antingen kan vara för polära, otillräckligt flyktiga eller har en molekylärvikt utöver detektionsgränser (Weinberg, 2009).

Patogens mottaglighet för desinfektering

Säkerhetsbarriärers olika reningssteg är alla viktiga då olika slags patogener har olika mottaglighet för olika metoder. Långsam sandfiltrering har visat sig effektivt kunna avlägsna virus medan de är mer resistenta till UV och koagulering tillsammans med sedimentation (Schijven och Hassanizadeh, 2000). Att kombinera flera desinfektionsmetoder verkar ge ett bättre slutresultat. Studier visar exempelvis att det är mer effektivt att kombinera ozon och strålning än att använda metoderna separat vid avdödning av patogener (Arai m.fl., 1986).

Det är således känt att vissa patogener är mer resistenta mot desinfektionsmetoder. Till dessa tillhör parasiterna *Giardia lamblia* och framförallt *Cryptosporidium* som kan ge långvariga sjukdomssymtom. Med hjälp av fysisk borttagning eller kemisk inaktivering kan *Giardia*-cystor likväl avlägsnas. Det samma gäller för *Cryptosporidium* men då dess oocyter är mindre blir resultatet inte lika bra. Oocyterna är däremot helt resistenta mot klorering och därför är det viktigt att utveckla filtreringsmetoder (Clancy och Fricker, 1998). En rad olika filtreringstekniker har presenterats världen över för att kunna avlägsna *Cryptosporidium*. Många av dessa tas upp av Clancy och Fricker (1998). Samtidigt finns andra studier som visar att låga UV-doser kan inaktivera *Giardia*-cystor (Campbell och Wallis, 2002) och att mängden UV faktiskt är lägre om man jämför med behandling av andra vattenburna patogener.

King m.fl. (1988) har tidigare gjort studier som indikerar att bakterier kan överleva och bli mer resistenta mot klor då de blivit prederade av andra protozoer. Bakterier kultiverades inifrån protozoer efter den tid som behövs för att inaktivera 99% av frilevande celler. Detta visade på att bakterier kan överleva predation och få den näring de behövde från sin värd genom att finnas inom den prederande protozoen och på så sätt stå emot klorering. Bakterier visades också kunna överleva efter att de släppts ut ifrån den. King m.fl. föreslår att det som från början varit en evolutionär patogenisk härkomst för bakterierna nu istället kan fungera som en mekanism för överlevnad i akvatiska miljöer.

Organiskt material och korrosion i ledningsnät

Biofilmbildning av bakterier är även ett problem då det kan påskynda korrosion i vattenledningar och plugga igen vattenanslutningar. Biofilmer kan också förbruka desinfektionsmedel och skydda sjukdomsframkallande mikroorganismer från desinfektion och spolning. (Lindberg och Lindqvist, 2005)

Ett annat problem i Svenska vatten är den höga humushalten som måste avlägsnas. De lösta organiska kolföreningarna kan fungera som energikälla för vissa bakterier och försvårar även filtreringsprocesser, samt ger färg och lukt av dricksvatten. Borttagande av kolföreningar har bland annat undersökts vid Norsborgs vattenverk i Stockholm (Seeger och Rothman, 1996). Man ville då se ett samband mellan temperatur och hur mycket organiskt material som kunde avlägsnas genom långsam filtrering. Man ville också se om det var någon skillnad i resultat om man använde sig av ozon innan filtrering. Resultaten visade att mest organiskt material avlägsnades med höga ozon-halter och då med högre resultat i kalla vatten (<8C°).

Klimatförändringar

Oförutsägbara klimatförändringar och en förhöjd medeltemperatur tros leda till en ökad spridning av patogener och kan komma att spela roll när det gäller patogener i dricksvatten. Man kan inte veta i exakt vilken omfattning men klimatexperter förvarnar om översvämningar på grund av ökad nederbörd (Jönsson m.fl., 2008). Det generella mönstret man ser är att nederbörden kommer att öka med 1-2% per årtionde i nordliga delar av Europa samtidigt som den årliga nederbörden i södra Europa kommer att minska (Marrachi m.fl., 2005).

Enligt klimatscenarier som tagits fram av SMHI för perioden 2010-2100, beräknas nederbörden i Sverige (framförallt i västra delar av landet) successivt öka under höst, vinter och vår. Det är under dessa perioder som vattenupptag av växter och avdunstning till luft är som lägst vilket medför ökad tillrinning till vattentäkter (Svenskt vatten, 2007). Även under sommarhalvåret tros skyfall och skurnederbörd öka i hela landet och risken för översvämning bli stor. Under 2000-talet har Sverige redan drabbats ett flertal gånger med klara effekter på dricksvatten kvalitén (Jönsson m.fl., 2008) där vattnet bland annat haft högre en humuskoncentration. Enligt SMHI har de kraftiga regnskurarna också ökat under de senare åren.

Temperaturen i Sverige förväntas även öka successivt och de flesta klimatmodeller har likartad utveckling. Modeller från SMHI visar i stora drag att temperaturökningen kommer att vara som störst i norra Sverige, på våren i mellersta Sverige och under sommaren i södra Sverige (Svenskt Vatten, 2007). Jordbruk i norra Europa kan komma att gynnas av en temperaturhöjning då nya sädeslag kan introduceras som kan överleva i ett varmare klimat (Marrachi m.fl., 2005). Med en högre jordbruksproduktivitet i kombination med kraftigare nederbörd förväntas en försämrad vattenkvalitet i vattentäkter. Översvämmade åkermarker, jordbruksmarker och industriområden kan möjliggöra snabba transporter av mikroorganismer, till både yt- och grundvatten (Jönsson m.fl., 2008).

Vid smittoförloppet i Walkerton år 2000 (som tidigare nämns på s. 5) berodde smittohärden främst av den kraftiga nederbörden i samband med gödselpåverkan. Detta sjukdomsförlopp visar på sårbarheten av vattentäkter och vikten av att minska de fekala föroreningsrisker som finns i närheten av en vattentäkt. Liknande förutsättningar som i Walkerton, med aktiv jordbruksmark i anslutning till råvatten, finns även i Sverige (Jönsson m.fl., 2008).

Humushalten i svenska vatten är relativt hög. Kraftiga regn tar med sig organiskt material från omkringliggande landmassor till sjöar och floder. Med en ökad nederbörd ökar också humushalter i råvatten, vilket kan leda till en snabbare tillväxt av bakterier.

Även en långsiktig ökning av medeltemperaturen kan komma att påverka temperaturen i råvattentäkterna och påverkar bakterietillväxthastigheten (Jönsson m.fl., 2008). Ett varmare klimat och ökad tillrinning av humusämnen och gödselmedel till råvatten gynnar även tillväxten av fytoplankton, däribland cyanobakterier varav vissa är toxinbildande och kan orsaka hälsoproblem. Den ökade produktiviteten i sjöar och hav kan följdaktligen leda till syrgasfria bottenar och syrgasbristen kan i sin tur orsaka utlösning av järn, mangan och fosfor.

En försämrad vattenkvalitet med bl.a. ökad färg, grumlighet och närsalter kan redan ses i södra delarna av Sverige idag (Svenskt Vatten, 2007). Ett annat problem kan vara att dagens

vattenreningsmetoder inte är anpassade till den förändrade vattenkvaliteten till följd av den ökade humushalten (Jönsson m.fl., 2008).

Åtgärder vid smittoförlopp

Vattenburen smitta kan orsaka allvarliga skador för ett helt samhälle. Det är därför viktigt att man har förbyggande åtgärdsplaner då olyckan är framme och att samarbeten mellan aktörer både nationellt och internationellt fungerar. Många kommuner arbetar med beredskapsplanering och handlingsplaner och tillhandahållandet av dricksvatten är ett kommunalt ansvar (Livsmedelsverket, 2009).

I Sverige finns SAMVA (samverkansgruppen för vattenförsörjning och vattenkvalitet) som är ett samarbete berörande frågor om säkerhet, beredskap och krishantering inom dricksvattenområdet för centrala och regionala myndigheter, kommuner, dricksvattenproducenter och organisationer. Medlemmar i SAMVA är; Naturvårdsverket, Försvarmakten, Livsmedelsverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sveriges kommuner och landsting (SKL), Socialstyrelsen, Vägverket, Säkerhetspolisen, Länsstyrelserna, Sydvatten, Svenskt Vatten, Totalförsvarets Forskningsanstalt, SMHI, Mittsverige Vatten AB, Banverket, Vattenmyndigheterna, Uppsala Vatten och Avfall AB och Smittskyddsinstitutet (SAMVA, 2008)

VAKA (vattenkatastrofgruppen) är en annan nationell grupp initierad av livsmedelsverket som fungerar som stöd till svenska dricksvattenproducenter med flera under allvarliga dricksvattenkriser. (Bergstedt m.fl., 2008).

Då ett utbrott har upptäckts utfärdas vanligen kokningsrekommendationer för konsumenter av dricksvatten och man försöker att spåra ursprungskällan för att minska spridning (Lindberg och Lindqvist, 2005). De kommunala nämnderna som är inblandade ska enligt livsmedelslagen i samarbete med smittskyddsläkare, länsstyrelse och smittskyddsinstitutet genomföra epidemiologiska undersökningar för att kartlägga smittans spridning. Socialstyrelsen sköter samordning av smittskydd på nationell nivå och smittskyddsinstitutet bör kunna bistå smittskyddsläkare och kommuner med kunskapsunderlag gällande patogener (Livsmedelsverket, 2009).

För att säkerställa försörjningen av ett drickbart vatten fritt från patogener behövs såväl skydd av råvattentäkter och en effektivisering av mikrobiologiska säkerhetsbarriärer hos vattenverk. Översvämningdirektivet (2007/60/EG) är ett nytt direktiv som trädde i kraft 2009. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är den myndighet som ansvarar för föreskrifter och rapportering från EU och i Sverige. Målet hos myndigheten är bland andra att ha åtgärder för att minska översvämningsskador som ses som ett framtida klimathot för spridning av patogener.

Sammanfattande diskussion

Det finns en rad vattenburna patogener i svenska vatten. En del av dessa är motståndskraftiga mot de reningsmetoder som i nuläget används vid vattenverk. Exempel på sådana motståndskraftiga organismer är bl.a *Enterovirus* som är klortåliga och kan stå emot

kloreringsprocesser relativt bra. *Giardia lamblia* och *Cryptosporidium* är två parasiter som tycks kunna klara av UV-behandling utan större skador då de finns i vatten som cystor och oocyter som bättre kan stå emot strålning. Bakteriesporer är också mer toleranta för UV-strålning på grund av dess tjocka yta som skyddar sporinnehållet. Trots säkerhetsbarriärer i vattenverk kan vissa patogener överleva. Dessutom använder inte alla vattenverk säkerhetsbarriärer.

Under 1994 bereddes 63% av grundvattnet vid de allmänna vattenverken till dricksvatten utan någon form av mikrobiologisk säkerhetsbarriär (varken avskiljnings eller inaktivering). Allt sedan dess har det blivit vanligare med UV-strålning som desinfektionsmetod i Sverige. Dessvärre är denna metod inte särskilt beprövad på humusvatten som är vanligt hos svenska ytvatten och det skulle behövas mer information om biprodukter som kan bildas samt hur effektiv metoden är. (Lindberg och Lindqvist, 2005)

En förklaring till kunskapsbristen gällande lämpliga reningsmetoder är att många patogener är svåra att detektera och görs så ofta försent. Koncentrationerna av dem är låga och en del virus, ex norovirus kan inte odlas *in vitro* (Lindberg och Lindqvist, 2005), vilket gör det svårt att utveckla bättre metoder. Detekteringsmetoder som används idag är ofta olika PCR-metoder.

Det saknas även analytiska metoder för att upptäcka biprodukter till följd av desinfektering. Mindre än hälften av de halogena biprodukterna från klorering har identifierats och produkter som bildas vid ozon, kloraminer eller klorindioxid är ännu mindre kända. För de biprodukter som har identifierats finns begränsad information som beskriver kemikalierna, hur ofta de bildas och i vilken utsträckning. (Weinberg, 2009)

Metoder som vanligen används för att detektera biprodukter är mass-spektrofotometri (MS) och gaskromatografi (GC). Men många av de ämnen som ska identifieras är inte anpassade till dessa metoder, då de antingen kan vara för polära, otillräckligt flyktiga eller har en molekylärvikt utöver detektionsgränser. Weinberg (2009) tar upp en rad olika metoder som utvecklats för att förbättra detektionsgränser eller för att förenkla provhantering. Dessa nya metoder måste dock kunna användas i stor skala och därför borde nya metoder utvecklas på ett kostnadseffektivt sätt hos vattenverk och tillhörande laboratorier så att de snabbt kan börja användas utan fördröjande kunskapsluckor.

Med framtida klimatförändringar (ökad temperatur och högre nederbörd) förväntas en ökad spridning av patogener, framförallt genom att översvämmade åkermarker, jordbruksmarker och industriområden kan möjliggöra snabba transporter av mikroorganismer till både yt- och grundvatten. En ökad medeltemperatur i råvatten resulterar även i att bakterier kan komma att tillväxa snabbare. En ökad humushalt i råvatten till följd av en högre tillrinning från omgivningen kan också komma att öka bakteriebiomassan.

Det är således viktigt med en god riskhantering gällande: 1) krisplan - vem gör vad och vem ansvarar för de olika komponenterna som berör dricksvattenproduktion 2) bra underhåll hos vattenverk med förebyggande åtgärder och moderna anläggningar 3) tillgång till specialkompetenser såsom mikrobiologi, krisberedskap och informationsberedskap 4) tidig detektering som förminskar risk för spridning och resulterar i snabbare diagnoser för infekterade patienter.

Slutsatser

För att minska eventuella sjukdomsutbrott av vattenburna patogener är det av stor vikt att ha en bra handlingsplan för att förebygga infektionsutbrott, samt krishantering efter ett utbrott. Det är viktigt att vara medveten om framtida klimatförändringar och vad för sorts konsekvenser detta får för patogeners förmåga till spridning. Det behöver således utvecklas fler och effektivare metoder för detektering av patogener i tidigt skede och kunskap i att förbättra de reningsmetoder som redan finns.

Tack

Ett stort tack till Mats Eriksson-Uur och Torbjörn Lindberg vid livsmedelsverket som har hjälpt mig med kontakter och material berörande ämnet. Ni har verkligen varit till stor hjälp!

Referenser

- Adam, RD. 2001. Biology of *Giardia lamblia*. *Clin Microbiol. Rev* **14**: 447-475
- Arai, H. Arai, M. och Sakumoto, A. 1986. Exhaustive degradation of humic acid in water by simultaneous application of radiation and ozone. *Wat. Res* **20**: 885-891.
- Ashbolt, N.J. 2004. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology* **198**: 229-238
- AWWA. 1995. Evaluation of by-products produced by treatment of groundwaters with ultraviolet irradiation. *American waterworks association, USA*
- Balayan, M.S. 1997. Epidemiology of hepatitis E virus infection. *J Viral Hepat* **4**: 155-165.
- Bergmark, M. Jonsson, Å. Nordensten, C. Nyström, P-E, Midlöv, E. 2008. Översvämningarna i England sommaren 2007 med konsekvenser för dricksvattenförsörjningen. Observatörsstudie januari 2008. *Rapport från Livsmedelsverkets VAKA-grupp*.
- Bergstedt, O och Norberg, P. 2004. Må leve med *Giardia* en stund. Observationer från Bergen 2004. *Rapport från Livsmedelsverkets VAKA-grupp*.
- Borek, C och Mehlman, M.A. 1983. Evaluation of health effects, toxicity and biochemical mechanism of ozone. *Adv. Mod Environ. Tox* **5**: 325-361
- Campbell, A.T och Wallis, P. 2002. The effect of UV irradiation on human-derived *Giardia lamblia* cysts. *Water Res*, **36**: 963-969.
- Choi, Y. och Choi, Y-J. 2009. The effects of UV disinfection on drinking water quality in distribution systems. *Elsevier*, doi:10.1016/j.watres.2009.09.011.
- Clancy, J. och Fricker, C. 1998. Control of *Cryptosporidium*. –How effective is drinking water treatment? Från tidningen: *Water quality international* July/August, 37-41.
- Clemente-Casares, P. Pina, S. Buti, M. Jardi, R. Martin, M. Bofill-Mas, S, Girones, R. 2003. Hepatitis E virus epidemiology in industrialized countries. *Emerging Infectious Diseases* **9**: No. 4, April
- Craun, G.F. 1992. Waterborne disease outbreaks in the United States of America: cause and prevention. *World Health Stat Q* **45**: 192-9.
- Craun, M.F. Craun, G.F, Calderon, R.L, Beach, M.J. 2006. Waterborne outbreaks reported in the United States. *Journal of Water and Health* **4**: 19-30
- Díaz-Cruz, M.S och Barceló, D. 2008. Trace organic chemicals contamination in ground water recharge. *Chemosphere* **72**: 333-342
- Ehlers, M.M. Grabow, W.O. och Pavlov, D.N. 2005. Detection of enteroviruses in untreated and treated drinking water supplies in South Africa. *Water Res* **39**: 2253-2258.
- Enskog, L. 1999. UV-desinfektion- en litteraturstudie. *Stockholm vatten*. R nr 6 jan 1999.
- Glass, R.I. Bresee, J. Jiang, B. Gentsch, J., Ando, T. Fankhauser, R. Noel, J. Parashar, U. Rosen, B., Monroe, S.S. 2001. Gastroenteritis viruses: an overview. I: John Wiley och Sons Ltd. Novartis Found. 2001. Gastroenteritis viruses
- Farthing, M.J.G. Goka, A.K.J. Butcher, P.D, Arvind A.S. Serodiagnosis in giardiasis. 1987. *Serodiagnosis and immunotherapy* **1**: 233-238.
- Johansen, K. Hedlund, K-O, Zweyberg-Wirgart, B. Bennet, R. 2008. Complications attributable to rotavirus-induced diarrhoea in a Swedish paediatric population: Report from an 11-year surveillance. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases* **40**: 958-964
- Jönsson, R. Kvibacke, C. Mäki, A. Wikström, A-S. 2008. Vattenburen smitta i Walkerton år 2000-en internetstudie. *En rapport gjord av Vatten och Miljöbyrån på uppdrag av Livsmedelsverket*.
- King, C.H. Shotts, E.B. Wooley, R.E. Porter, K.G. 1988. Survival of coliforms and bacterial pathogens within protozoa during chlorination. *Applied and environmental microbiology*, **54**: 3023-3033
- Kuster, M. Díaz-Cruz, S. Rosell, M. López de Alda, M. Barceló, D. 2010. Fate of selected pesticides, estrogens, progestogens and volatile organic compounds during artificial aquifer recharge using surface waters. *Elsevier*, doi:10.1016/j.chemosphere.2010.02.026.
- Leclerk, H. Schwartzbrod, L och Dei-Cas, E. 2002. Microbial agents associated with waterborne diseases. *Critical reviews in Microbiology* **28**: 371-409.
- Letterman, R.D. 1987. An overview of Filtration. *Journal AWWA*, **Dec-87**: 26-32

- Lindberg, T och Lindqvist, R.2005. Riskprofil- Dricksvatten och mikrobiologiska risker. *Livsmedelsverkets rapport*, nr 28/2005.
- Lindberg, T. Muntligen 2010.
- Livsmedelsverket.2009. Dricksvatten. En överblick av den rättsliga regleringen av myndigheternas ansvar I vardag vid kris.*Tillsynsavdelningen. Enheten för inspektion.*
- Ljungström, I. och Castor, B.1992. Immune response to Giardia lamblia in water-borne outbreak of Giardiasis in Sweden. *J.Med.Microbiol* **36**: 347-352.
- Lodder, W.J. och de Roda Husman, A.M.2005. Presence of Noroviruses and other enteric Viruses in Sewage and Surface Waters in The Netherlands. *Applied and Environmental microbiology* **71**: 1453-1461.
- Lysén, M. Thorhagen, M. Brytting, M. Hjertqvist, M. Andersson, Y. Hedlund, K-O. 2009. Genetic diversity among food-borne and waterborne Norovirus strains causing outbreaks in Sweden. *Journal of Clinical Microbiology*,**47**: 2411-2418.
- Löfdahl,M. Ivarsson, S, Andersson, S. Långmark, J. Plym-Forsberg, L. 2009. An outbreak of Shigella dysenteriae in Sweden, May-June, with sugarsnaps as the suspected source. *Eurosurveillance* **14**: Issue28,16Jul2009.
- Maracchi, G. Sirotenko, O. och Bindi, M. 2005. Impacts of present and future climate variability on agricultural and forestry in temperate regions: Europé. *Climatic Change* **70**:117–135
- Norder, H. Sundqvist, L. Magnusson, L, Østergaard Breum, S. Löfdahl, M. Larsen, L.E. Hjulsager, C.K. 2009. Endemic hepatitis E in two Nordic countries. *Eurosurveillance* **14**, Issue19, 14May2009.
- Parashar, U. Hummelman, E. Bresee, J.2003. Global illness and deaths caused by rotavirus disease in children. *Emerging Infectious Disease* **9**:565-72.
- Rajtar, B. Majek, M. Polański, Ł. Polz-Dacewicz, M.2008. Enteroviruses in water environment. -A potential threat to public health. *Ann Agric Environ Med* **15**:199–203.
- SAMVA.(2008). Dricksvatten från tåkt till kran, ett kunskapsunderlag med krishanteringsperspektiv. *Underlag från livsmedelsverket,version september 2008.*
- Schijven, J. F. och S. M. Hassanizadeh.2000. Removal of viruses by soil passage: overview of modeling, processes, and parameters. *Crit. Rev. Environ.Sci. Technol.* **30**:49–127.
- SMI. Smittskyddsinstitutet. <http://www.smittskyddsinstitutet.se> Hämtad 2010-05-10.
- Strobel, K. och Dieter, H.H.1990. Toxicological Risk/benefit-aspects of Drinking water chlorination and of alternative disinfection procedures. *Z Wasser-Abwasser-Forsch* **23**:152-162.
- Seger, A. och Rothman, M.1996. Slow sandfiltration with and without ozonation in Nordic climate. *Stockholm water Co, Environment and Development, Process and Engineering*
- Sommer, R. Pribil, W. Appelt, S. Gehringer, P. Helmuteschweiller. Leth, H. Alexeander. 2001. Inactivation of bacteriophages in water by means of non-ionizing (UV-253,7nm) and ionizing (Gamma) radiation: a comparative approach. *Wat. Res* **25**, 3109-3116.
- Sonntag, C och Schuchmann, H-P.1992. UV disinfection of drinking water and by-product formation- some basic considerations. *J water* **41**: 67-74.
- Svenskt Vatten AB.2007. Dricksvattenförsörjningen i förändrat klimat. Underlagsrapport till klimat- och sårbarhetsutredningen. *Elanders, Östervåla. ISSN nr: 1651-6893.*
- Thuresson, L., 1994. Dricksvattenteknik. Grundvatten. *Bok utgiven av: VAV. Svenska vatten-och avloppsföreningen (D.v.s före detta Svenskt Vatten).*
- Thuresson, L., 1992. Dricksvattenteknik. Ytvatten. *Bok utgiven av: VAV. Svenska vatten-och avloppsföreningen. (D.v.s före detta Svenskt Vatten).*
- Toole, M.J. Claridge, F. Andersson, D.A. Huizhuang. Morgan, C. Otto, B. Stewart, T.2006. Hepatitis E virus infection as a marker for contaminated community drinking water sources in tibetan villages. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **74**: 250–254.
- Weinberg, H.S.2009. Modern approaches to the analysis of disinfection by-products in drinking water. *Phil. Trans. R. Soc. A* **367**, 4097–4118
- Wensaas, K-A. Langeland, N. och Rortveit, G.2010. Post-infectious gastrointestinal symptoms after acute Giardiasis. A 1-year follow-up in general practice. *Family Practice* **0**:1-5.
- WHO.2010. Progress and challenges on water and health: the role of the Protocolon Water and Health
- WHO/UNICEF.2010. Progresse on sanitation and drinking-water. 2010 update.
- WHO.2004. Guidelines for drinking water quality. Vol 1, 3rd ed. ISBN 92 4 154638 7

Zätterquist, I.1992. Bakteriefritt vatten -En översikt över desinfektionsmetoder. Nordmiljö AB, handen. Tidningen Cirkulation i nummer 1/-92