

Endotoxin i svenskt kranvatten

Johan Forssblad och Heléne Annadotter



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anders Lago, ordförande	Södertälje Kommun
Olof Bergstedt	Göteborg Vatten
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Per Fåhraeus	Varbergs Kommun
Carina Färm	Mälarenergi AB
Daniel Hellström	Svenskt Vatten AB
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Marie Nordkvist Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand	Norsk Vann, adjungerad

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Endotoxin i svenskt kranvatten
Title of the report:	Endotoxins in Swedish tap water
Rapportens beteckning Nr i SVU-serien:	2008-20
Författare:	Johan Forssblad & Heléne Annadotter, Regito Research Center on Water and Health
Projekt nr:	25-113
Projektets namn:	Kartläggning av endotoxin i svenskt kranvatten
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling (fd VA-Forsk)
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	76 A4
Sökord:	kranvatten, endotoxin, lipopolysackarider, LPS, cyanobakterier, blågröna alger, microcystin, Gonyostomum, vattenverk, aerosoler, vattenburna sjukdomar, feber, frossa, toxisk pneumonit
Keywords:	tap water, endotoxins, lipopolysaccharides, LPS, cyanobacteria, blue-green algae, microcystin, Gonyostomum, water works, water-borne diseases, aerosols, fever, shiverings, toxic pneumonitis
Sammandrag:	Endotoxin från cyanobakterier och gramnegativa bakterier analyserades i 800 svenska vattenprov. Vattenverken reducerade toxinet 0– 99,9 %. Abonnenters kranvatten hade normalt upp till ca 10 ggr högre halter jämfört med vattenverkens utgående dricksvatten. Två min spolning halverade toxinhalten.
Abstract:	Endotoxins, originating from cyanobacteria and gram-negative bacteria, were analyzed in 800 Swedish tap water samples. The water works reduced the toxins by 0–99.9 %. The consumer's tap water had generally up to 10 times higher concentrations compared to the final water from the water works. Two minutes of flushing halved the concentration of endotoxins.
Målgrupper:	Vattenverkspersonal, forskare inom vatten och endotoxin, sjukvårdspersonal, miljöinspektörer
Omslagsbild:	Endotoxin i kranvatten kan orsaka influensaliknande symptom några timmar efter inandning av aerosoler. Foto: ©Roy Morsch/Age/IBL
Rapporten:	finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2009
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Vid mitten av 1970-talet uppträdde mystiska epidemier av influensaliknande karaktär i Malmö, Lund och Hässleholm. Orsaken till utbrotten kunde ej klarläggas på den tiden men en av utredarna, docent Gertrud Cronberg vid Lunds universitet, upptäckte förekomst av cyanobakterier (blågröna alger) i dricksvattenproven. Gemensamt för de tre orterna var att råvattnet i samtliga fall kom från ytvattentäkter med kraftiga blomningar av cyanobakterier. Vid senare utbrott av samma syndrom på andra platser, med forskningsinsatser från bland andra professor Ragnar Rylander vid Göteborgs universitet, upptäcktes endotoxinets roll i "badkarssjuka-syndromet".

Under 1980- och 1990-talet startades forskningsprojekt över hela världen för att studera nervtoxiner och levertoxiner producerade av cyanobakterier. Dessa toxiners förekomst i dricksvatten har fångat många forskares intresse. Relativt få undersökningar har dock gjorts på endotoxin i sjöar, råvatten och dricksvatten.

I Sverige kommer tre fjärdedelar av allt dricksvatten från ytvattentäkter och i en hel del av dessa förekommer algblomning på sommaren och hösten. Mot denna bakgrund har vi velat studera endotoxin i svenskt kranvatten. Endotoxin bildas inte bara av cyanobakterier utan även av gramnegativa bakterier. Ett stort antal organismer som förekommer i råvattentäkten och i vattenledningsnätet kan orsaka produktion av endotoxin. I denna rapport redovisar vi studier av endotoxin i olika typer av ytvatten och vid tappstället på hundratalet platser. Även relationen mellan endotoxin och det betydligt mer studerade cyanobakterietoxinet microcystin, redovisas och diskuteras i rapporten.

Under de senaste åren har ytvattnet på vissa platser blivit brunfärgat. I dessa brunvattensjöar förekommer ofta den slemproducerande algen *Gonyostomum semen*. Kopplingen mellan algen och risken för ökad halt av endotoxin i råvattnet berörs också.

Detta projekt har möjliggjorts tack vare ett gott samarbete med tolv vattenverk i Sverige. Personal vid vattenverken har samlat in vattenprov som sedan har analyserats av Regito Research Center on Water and Health. Utan vattenverkspersonalens intresse och värdefulla insatser hade detta projekt inte kunnat genomföras.

Vi har försökt skriva lättläst med många utvecklingar till näraliggande detaljer och andras praktiska erfarenheter. Vi hoppas att alla vattenintresserade kommer att hitta några godbitar!

Vittsjö december 2008

Johan Forssblad & Heléne Annadotter

Regito Research Center on Water and Health

Kontakt med författarna kan ske via www.regito.com

Innehåll

Sammanfattning.....	6
Summary.....	7
1. Introduktion	8
1.1 Endotoxin (lipopolysackarider, LPS)	8
1.2 Mätning och påvisande av endotoxin.....	9
1.3 Effekter av endotoxin på människor.....	9
1.4 Utbrott med endotoxin som misstänkt agens.....	10
1.5 Undersökningar av endotoxin i rå- och utgående dricksvatten	12
1.6 Undersökningar av endotoxin i svenskt kranvatten	12
1.7 Vad händer mellan vattenverket och tappstället hos konsumenten?	13
1.8 Endotoxinhalter i vatten på sjukhus	13
1.9 Samband mellan endotoxin, microcystin och Gonyostomum semen	14
1.10 Olika symptom vid endotoxinförgiftning och legionellainfektion.....	15
1.11 Gränsvärden saknas för endotoxin	16
2. Syfte	18
3. Material och metoder	19
3.1 Undersökningsplatser	19
3.2 Provtagningsmetodik.....	23
3.3 Analys av endotoxin.....	24
3.4 Studie av endotoxin och microcystin i 27 sjöar, åar och dammar	27
3.5 Studie av endotoxin i sjöar med dominans av Gonyostomum.....	27
4. Resultat.....	28
4.1 Endotoxinhalter i svenskt kranvatten	28
4.2 Säsongsmissig variation av endotoxin och microcystin i dricksvatten....	42
4.3 Endotoxin i vatten med förekomst av mikroalger.....	44
5. Diskussion	48
5.1 En kort resumé över resultaten	48
5.2 Endotoxinhalternas variation över tiden	48
5.3 Diskussion om endotoxinhalten vid några undersökningsplatser.....	49
5.4 Alger försämrar råvattnet	56
5.5 Bakterietillväxt i vattenledningar	58
5.6 Oklorerat vatten hade högst endotoxinhalt.....	60
5.7 Kaffebryggning kan rena vatten!	61
5.8 Temperaturer i vattenledningar och risk för Legionella	62
5.9 Riskanalys	63
6. Rekommendationer.....	64
6.1 Enkla och billiga åtgärder för bättre vattenkvalitet	64
6.2 Dyrare åtgärder för bättre vattenkvalitet.....	64
6.3 Tips till olika berörda	65
7. Referenser.....	72

Sammanfattning

Endotoxinhalten har analyserats i närmare 800 vattenprov från vattenverk, vattenabonnenter, sjukhus, simhallar, rastplatser, enskilda brunnar och ytvatten.

Endotoxin är värmestabila lipopolysackarider i cellväggen hos gramnegativa bakterier och cyanobakterier. Toxinet spelar en viktig roll i samband med svåra infektioner, trauma och chock. Inhalering av aerosoler med endotoxin kan orsaka en influensaliknande, kortvarig reaktion (toxisk pneumonit). Depression och dålig minnesfunktion har framkallats i experiment. Mätning av endotoxinhalten indikerar levande och/eller döda bakterier.

Extremt hög endotoxinhalt förekom i ytvatten med geléproducerande cyanobakterier därför att gelén utgör ett gynnsamt habitat för gramnegativa bakterier. Höga halter fanns i sjöar med den slembildande algen *Gonyostomum*.

Vattenverkens reduktion av endotoxin varierade från obefintlig till 99,9 %. Örebro visade att det går att rena ett råvatten med högt bakterieinnehåll till ett vatten med låg endotoxinhalt. Vattenverk som levererade dricksvatten med låg halt hade lägre procentuell ökning av halten ute på nätet. Den högsta endotoxinhalten från de undersökta vattenverken var 9,3 EU ml⁻¹. Enskilda brunnar hade större spridning och ofta högre halt.

Kall- och varmvatten hade ungefär lika halter. I hälften av tappställena var endotoxinhalten i området 0,4–4 EU ml⁻¹. Tre procent av proven hade över 50 EU ml⁻¹. Tolv byggnader hade över 50 EU ml⁻¹. Åtta av dessa hade oklorerat kommunalt vatten eller grävd brunn.

Tappvatten hos abonnenter hade normalt upp till ca 10 ggr högre endotoxinhalt jämfört med vattenverkets dricksvatten. Enstaka lokaler hade 10–1 000 ggr förhöjning. Uppåt 15 000 EU ml⁻¹ upptäcktes i rör med dålig omsättning på vattnet. (Sådana halter förekommer i fågeldammar.)

Det är farligast att få in endotoxin direkt i blodet eller lungorna. Den vanligaste exponeringen sker genom inhalering av aerosoler vid duschning eller vid lek och dykning i sjöar. Om aerosoler inandas i stora mängder kan ca 50 EU ml⁻¹ ge känsliga personer akuta symptom som frossa, feber och trötthet som vanligtvis uppträder inom 4 timmar och varar upp till ett dygn.

Duschar med kvarlämnat vatten i slangen/röret medför onödig risk för endotoxin men även *Legionella*. Vissa sjukhem lossar därför duschslangarna och hänger dem på tork.

Effekter av endotoxinintag oralt eller via huden är dåligt utredda men är sannolikt mindre farliga.

Stora installationer, t ex i sjukhus, kräver genomtänkt konstruktion och aktiva insatser för att bibehålla vattnets kvalitet till samtliga tappställena. Åtskilliga fastigheter hade kranvatten i det riskfyllda temperaturintervallet 18–50° C.

Bakterier utvecklas i rörsystemen och man riskerar att försämra sin hälsa eller bli akut sjuk om vatten hanteras fel. Spolning ger generellt ett hälso-sammare vatten. Två minuters spolning istället för fem sekunder halverade endotoxinhalten. Fem minuters spolning gav enbart marginell förbättring.

Summary

Endotoxins were analysed in nearly 800 water samples from water treatment plants, the consumer's tap, swimmingpools, hospitals, halting-places, lakes and ponds.

Endotoxins are heat-stable lipopolysaccharides from the outer cell membrane of gram-negative bacteria and cyanobacteria. The role of endotoxins are prominent during severe infection, trauma and shock. Inhalation of aerosols containing endotoxins can cause a transient, influenza-like reaction (toxic pneumonitis). Endotoxin can origin from live and/or dead bacteria.

Extremely high concentrations of endotoxins were detected in surface-water with mucilage-producing cyanobacteria. The mucilage constitute a suitable habitat for bacteria. High levels occurred in lakes with the mucilage-producing algae *Gonyostomum*.

The reduction of endotoxins in the water treatment plants varied from minute to 99.9 %. Örebro water treatment plant showed that it is possible to purify a raw water with high levels of bacteria to a final water with low concentrations of endotoxins. The water treatment plants which produced a drinking water with low levels of endotoxins had a lower percentage increase of endotoxins in the water of the consumer's tap.

The cold water and the hot water had roughly the same levels. In 50 % of the water samples in the consumer's tap, the endotoxin ranged 0.4–4 EU ml⁻¹. In 3 % of the samples, the endotoxin level was higher than 50 EU ml⁻¹. In the tap water of twelve buildings endotoxin concentrations higher than 50 EU ml⁻¹ were found. Eight out of these had non-chlorinated municipal water or dug wells.

Water from the consumer's tap had generally ca 10 times higher endotoxin concentrations compared to the final water from the water treatment plant. In some sampling sites, bacterial growth enhanced the endotoxin level 10–1,000 times. About 15,000 EU ml⁻¹ was detected in a pipe with stagnant water. (Similar levels of endotoxins were found in bird ponds.)

The most harmful exposure routes are by inhalation and intravenously. The effect of oral intake or via the skin is not clarified but is probably less toxic.

The most common method of exposure is via aerosols by showering and during recreation or diving in lakes.

Showers with water left in hoses/pipes constitute a risk for endotoxins but also for *Legionella*. Some nursing homes always disconnect the shower hoses and let them dry in order to reduce this risk.

The installation of water pipes in large buildings like e. g. hospitals require well thought-out constructions and active efforts in order to maintain a good water quality at all taps. A large number of buildings investigated in this study had tap water in the risky temperature interval 18–50° C. There is a limited knowledge about bacterial development in pipe systems and about the risk of becoming acutely ill from inhalation of endotoxins.

Flushing generally lead to a more healthy water. Two minutes of flushing halved the concentration of endotoxin compared to flushing only five seconds.

1. Introduktion

1.1 Endotoxin (lipopolysackarider, LPS)

1.1.1 Upptäckten av endotoxin

Endotoxin beskrevs första gången av Richard Pfeiffer (1892) som ett värmestabilt, cellbundet ämne från bakterien *Vibrio cholerae*. Pfeiffer upptäckte att endotoxin inducerade toxiska reaktioner hos marsvin.

1.1.2 Endotoxins verkan på människokroppen

Endotoxin har en viktig roll i samband med svåra infektioner,¹ trauma och chock. När endotoxin förekommer i blodet kan det orsaka diverse reaktioner som feber, hjärklappning, påskyndad andning, lågt blodtryck, en minskning av antalet cirkulerande vita blodkroppar (leukopeni) och disseminerad intravaskulär koagulering² (Ulmer 1997).

1.1.3 Endotoxinets struktur

Både gramnegativa³ bakterier och cyanobakterier (= blågröna alger, cyanoprokaryoter) bildar lipopolysackarider, LPS, som en del av det yttre cellhöljet. LPS-molekylen består av en lipid-del (lipid A) och en lång kovalent länkad heteropolysackarid och ett "O"-antigen. Lipid A är den viktigaste toxiska delen av LPS (Prescott et al. 2002). När LPS förekommer i naturen innehåller molekylen spår av andra naturligt förekommande ämnen. Detta komplex benämns endotoxin.

Det finns olika former av LPS. Polysackaridkedjan varierar men lipid A och kärnenheten är mycket lika för de olika endotoxinerna.⁴ Endotoxin frigörs när cellen bryts ner samt delar sig (Rietschel & Brade 1992). Endotoxin är relativt värmestabilt och tål en temperatur på 121° C i 1 h (Tortora et al. 2001).

En strukturell skillnad mellan LPS från gramnegativa bakterier och cyanobakterier är att lipopolysackarider från cyanobakterierna saknar fosfat i lipid A delen (Keleti & Sykora 1982).

Kunskapen om mängden endotoxin i bakterieceller är begränsad. Neihardt et al. (1990) uppmätte 10^{-14} g LPS i en cell av *Salmonella*. Enstaka studier finns om sambandet mellan endotoxin och bakteriemängd. Watson et al. (1977) visade på en stark korrelation ($r=0,948$) mellan endotoxin och bakterieantal i havsvatten. I vissa fall var dock bakteriernas cellvolym bättre korrelerad till endotoxin än bakterieantalet.

¹ Endotoxin stimulerar monocyter och makrofager att producera cytokiner, bland andra IL-1, TNF, IL-6 och IL-10.

² En patologisk process där blodet börjar koagulera i hela kroppen. Denna process minskar mängden blodplättar och koagulationsfaktorer. Detta resulterar i ett tillstånd med blodproppar och massiva blödningar.

³ Bakterier kan klassificeras i gramnegativa och grampositiva genom färgning. De som ej färgas har en annan cellvägg än de grampositiva. Exempel på gramnegativa bakteriesläkten är *Enterobacter*, *Pseudomonas* och *Salmonella*.

⁴ Vi har i rapporten valt att benämna toxinerna i singularis även om det handlar om något olika molekyler.



Figur 1-1

Dolksvanskrabba, *Limulus polyphemus*, blir ofrivillig blodgivare vid framställning av reagens för påvisande av endotoxin.

Foto: Johan Forssblad.

1.2 Mätning och påvisande av endotoxin

Förekomsten och koncentrationen av endotoxin kan bestämmas med extrakt från blodceller (amoebocyter) från dolksvanskrabban *Limulus polyphemus* (Figur 1-1). Denna test kallas *Limulus* amoebocyt lysat (LAL) test och beskrevs av Levin och Bang (1968). Extraktet från krabbans blodceller reagerar med lipid-delen av LPS och bildar en koagulering av *Limulus* lysatet. Den grumlighet som bildas är direkt proportionell mot koncentrationen av endotoxin i provet. Testet är ytterst specifikt och kan detektera endotoxin från en så liten bakteriemängd som 10 bakterier ml^{-1} (Novitsky 1993).

LAL testen kan mäta både fritt endotoxin och endotoxin som är associerat med intakta cellväggar på levande gramnegativa bakterier (Jorgensen et al. 1973).

Koncentrationen av endotoxin brukade tidigare, fram till 1990, uttryckas i viktenheter toxin per volym vätska, till exempel ng/ml. Numera är det vanligare att mäta endotoxinets aktivitet vilken bestäms av att reaktionen med lysatet jämförs med ett referens-endotoxin från United States Pharmacopeia (USP).

Endotoxinets aktivitet uttrycks som endotoxinenheter per milliliter, EU ml^{-1} . Det finns ingen exakt faktor för omvandling av endotoxinenheter till viktenhet och vice versa. Orsaken är att molekylstorleken varierar mellan olika bakteriearter. 10 EU anses dock motsvara ungefär 1 ng.

1.3 Effekter av endotoxin på människor

Det finns ett stort antal studier som handlar om hur endotoxin påverkar människors hälsa. Flertalet av dessa beskriver endotoxinets roll när det gäller blodförgiftning orsakad av gramnegativa bakterier eller endotoxinchock. Ett fåtal forskningsprojekt har studerat effekten av inhalering av endotoxin i aerosolform.⁵

1.3.1 Endotoxin i aerosoler ger influensaliknande symptom

I experiment där människor har exponerats för en aerosol med endotoxin har försökspersonerna drabbats av influensaliknande symptom med feber, trötthet, tryck över bröstet, muskelsmär, halsont och näsalsbesvär 1,5–5 timmar efter inhalering av aerosolen (Michel et al. 1989, 1997. Rylander et al. 1989, Sandström et al. 1992, Thorn & Rylander 1998).

1.3.2 Injicerat endotoxin försämrar hjärnans funktion

Resultaten från flera studier pekar på att cirkulerande cytokiner kan ha en negativ effekt på hjärnfunktionen och kan spela en central roll i utvecklandet av det speciella sjukdomsbeteende som hänger ihop med akuta infektioner. Pan & Kastin (2004) visade att TNF kan korsa blod-hjärnbarriären och interagera med centrala nervsystemet.



Figur 1-2

Bubbelbad och duschar skapar aerosoler och därmed risk för att inhalera endotoxin.

Foto: Johan Forssblad.

⁵ En aerosol är en fin dimma av droppar eller kristaller.

I en experimentell studie av friska, unga försökspersoner injicerades 0,8 ng endotoxin kg^{-1} kroppsvikt. Detta resulterade i en negativ påverkan på minnesfunktionen (Cohen et al. 2003) och framkallade depression (Reichenberg et al. 2001).

Experiment med friska, unga försökspersoner med en ännu lägre dos, 0,06–0,2 ng endotoxin kg^{-1} , orsakade förhöjda halter av cirkulerande TNF och interleukin (IL-6). Minnesfunktionen påverkades negativt i denna studie. Ju högre halt av IL-6 som uppmättes, desto sämre var minnesfunktionen (Krabbe et al. 2005).

1.4 Utbrott med endotoxin som misstänkt agens

1.4.1 Influensaliknande reaktioner efter badkarsbad eller dusch

En akut, kortvarig, influensaliknande reaktion hos människor har beskrivits från Sverige (Atterholm et al. 1978, Annadotter 1993, Annadotter et al. 2005), Finland (Muittari et al. 1980a), Kenya (Annadotter et al. 2000) och Zimbabwe (Annadotter et al. 2005). Samtliga personer som insjuknade hade inhalerat vattenånga i samband med bad, dusch eller sauna. Sjukdomsbilden började ofta med frossa och feber 1,5–6 timmar efter exponering (Figur 1-2). Andra vanliga symptom var trötthet, tryck över bröstet, illamående, andnöd, muskelsmärk, halsont och förkylningsliknande symptom. Symptomen försvann i regel inom 24 timmar.

På samtliga platser där syndromet observerades varade epidemierna i några veckor till några månader. I samband med epidemier i södra Sverige utfördes ett antal provokationsexperiment på känsliga försökspersoner (Atterholm et al. 1978). Om personens ansikte skyddades av en skyddsmask uteblev symptomen. Under epidemin kunde känsliga personer bada och duscha på andra orter utan att bli sjuka. När dessa fall upptäcktes i Skåne under 1970-talet kunde varken undersökningar av patogena mikroorganismer eller vattenkemiska parametrar förklara orsaken till sjukdomsutbrotten.

I samband med att personer beskrev en identisk symptombild (andnöd, tryck över bröstet, illamående och yrsel) efter dusch och badkarsbad i Harare, Zimbabwe, uppmättes endotoxinhalter på 60–205 EU ml^{-1} i duschvattnet (Annadotter et al. 2005). De drabbade personerna blev i regel besvärsfria inom 24 timmar efter exponering. Endotoxin mättes inte, varken under utbrotten i Sverige eller i Kenya, men i Finland uppmättes 0,2–10 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ($\sim 2\,000\text{--}100\,000$ EU ml^{-1}) (Muittari et al. 1980b).

1.4.2 Endotoxin i badsjöar

Akuta reaktioner med typiska symptom på endotoxin-förgiftning har rapporterats efter bad och vattensport (Figur 1-4) i sjöar med kraftig blomning av cyanobakterier (Figur 1-3) (Heise 1949, Annadotter 1993, Pilotto et al. 1997, Annadotter et al. 1999).



Figur 1-3

Epidemier med influensaliknande symptom förekom i flera skånska städer på 1970-talet i samband med kraftig utveckling av cyanobakterier i dricksvattentäkterna Vombsjön, Finjasjön och Ringsjön. Bilden visar siktdjupsprovtagning i Östra Ringsjön 1985. Siktdjupet är noll på grund av en massiv utveckling av cyanobakterien *Microcystis*. Halten av endotoxin i denna typ av blomning är ofta extremt hög.

Foto: Gertrud Cronberg.



Figur 1-4

Ett roligt nöje på Cabana Lake i Sydafrika: Åka i badring efter motorbåt. Utövaren kan dock få i sig endotoxin genom inandning av aerosoler. Endotoxinhalten i vattnet var 76 EU ml^{-1} .

Foto: Johan Forssblad.

1.4.3 Endotoxin i bassänger

Endotoxin ansågs vara orsaken till luftvägsbesvär hos badvakter vid ett upplevelsebad i Westminster, Colorado (McGregor et al. 1993 i Anderson et al. 2002). Badvakterna drabbades av andnöd, tryck över bröstet, torrhosta, trötthet och låg koncentrationsförmåga. Badanläggningen hade tre bassänger. Problemet var värst vid en pool som var utrustad med olika slags sprut- och spraymunstycken. Dessa skapade mycket aerosoler. När problemet först uppmärksammades var koncentrationen av endotoxin i poolen mellan 95–120 ng ml⁻¹ (~950–1 200 EU ml⁻¹).

Utredaren av hälsoproblemen ansåg att badvakterna hade exponerats för endotoxin enbart genom inhalering. Rekreationscentrat stängdes ner temporärt och ventilationen i lokalerna förbättrades. Anläggningen öppnades igen men fick stänga efter några månader då badvakterna insjuknade igen. Endotoxinhalten i poolen med hög grad av aerosolbildning var då 20–30 ng ml⁻¹ (ca 200–300 EU ml⁻¹). Endotoxinhalten i de poolvatten där badvakterna inte fick akuta symptom var ännu högre, upp till 120 ng ml⁻¹ (~1 200 EU ml⁻¹) men där var aerosolbildningen lägre.

1.4.4 Endotoxin i dialysvätskor

Ett utbrott med feber inträffade på ett dialyscenter i Washington D. C., 1975 (Hindman et al. 1975). 23 av 79 patienter drabbades av en mild till måttlig feberreaktion som bröt ut mellan 80 min och 4 timmar efter dialys. En 34-årig kvinna dog emellertid av chock och hjärtstillestånd. Det fanns ett mycket lågt antal gramnegativa bakterier i dialysvätskan och dessa ansågs inte ha kunnat orsaka hög endotoxinhalt. Dialysvätskan hade emellertid preparerats från kranvatten i vilket hög halt endotoxin detekterades. Föroreningen av endotoxin orsakades av en algblomning i råvattentäkten Potomac-floden. En senare studie av Annadotter et al. (2005) har visat att mycket höga halter av endotoxin, 5 000–16 000 EU ml⁻¹, kan förekomma i samband med massutveckling av cyanobakterier.

1.4.5 Endotoxin i häststallar

Högtrycksspolning av stallbyggnader utgör en risk för att exponeras för endotoxin via aerosoler. Endotoxin spelar en viktig roll vid utvecklandet av hästkolik (Moore & Barton, 2003). Intravenös injicering av endotoxin i hästar orsakade att tarmmusklernas aktivitet starkt minskade (King & Gerring, 1991). Oikawa et al. (2007) visade att hästars centrala och autonoma nervsystem, tarmarnas nervsystem och tarmmusklerna skadas av endotoxin.

1.4.6 Endotoxin från luftfuktare

Personer som hade vistats i en lokal med en luftfuktare drabbades av andningssvårigheter, hosta och feber (Rylander et al. 1978). Luftfuktaren var förorenad med den gramnegativa bakterien *Flavobacterium*. Symptomen var typiska för exponering av endotoxin.

I en annan studie av Rylander och Haglind (1984) drabbades 20 av 50 tryckeriarbetare av feber, frossa och tryck över bröstet i samband

med att en luftfuktare var kontaminerad med den gramnegativa bakterien *Pseudomonas*.

1.4.7 Endotoxin i reningsverk

Personal vid avloppsreningsverk kan utsättas för förhöjda halter endotoxin i samband med rengöring av bassänger eller pumpar. Tillräckligt höga halter för att ge upphov till besvär i luftvägarna har uppmätts vid svenska avloppsreningsverk. Hälsorisker till följd av exponering för mikroorganismer vid arbete i reningsverk har belysts bl.a. i Va-Forsk rapport av Thorn et al. (2005), nummer 2005-06 och 2005-07.

1.5 Undersökningar av endotoxin i rå- och utgående dricksvatten

Det finns ett relativt litet antal studier av endotoxin i vattenverk.

Beck och Mikkelsen (2002) visade i en studie från Danmark att endotoxinhalterna generellt ökade från grundvatten ($0,4\text{--}1,2\text{ EU ml}^{-1}$) till utgående dricksvatten ($0,7\text{--}1,4\text{ EU ml}^{-1}$). Halterna var generellt högre under sommarmånaderna.

Vi fick dock ett annorlunda resultat när vi tidigare undersökte endotoxin i råvatten och dricksvatten vid två svenska vattenverk som använde ytvatten. Provtagningen skedde veckovis under en säsong (Annadotter & Cronberg, opublicerat). Råvattnet togs från en sjö med kraftiga blomningar av cyanobakterier under provtagningsperioden. I det ena vattenverket varierade endotoxinhalterna i råvattnet mellan 560 och $2\,600\text{ EU ml}^{-1}$ medan halterna i dricksvattnet låg mellan $1,3$ och 40 EU ml^{-1} . I det andra vattenverket låg råvattnets endotoxinhalter på $40\text{--}950\text{ EU ml}^{-1}$ medan halterna i dricksvattnet varierade mellan $1,5$ och 5 EU ml^{-1} .

1.6 Undersökningar av endotoxin i svenskt kranvatten

Tidigare undersökningar av endotoxin i nordiska dricksvatten har visat på genomgående låga halter, $<50\text{ EU ml}^{-1}$ (Hedenberg 1997, Rapala et al. 2002, Beck & Mikkelsen 2002). I en begränsad förstudie uppmätte vi betydligt högre halter i tappvattnet hos konsumenterna i fyra svenska samhällen, Vittsjö, Bjärnum, Hågnarp och Emmaljunga. Alla orterna använder grundvatten som ej kloreras.

Endotoxinhalterna var tämligen låga i varmvattnet⁶ ($0,16\text{--}5,8\text{ EU ml}^{-1}$) medan halterna i kallvattnet⁷ varierade mellan $0,26$ och 116 EU ml^{-1} . Den högsta halten fanns i en fastighet i Vittsjö. I Vittsjö tas dricksvattnet upp som grundvatten intill en sjö med förekomst av slemalgen *Gonyostomum* och cyanobakterier.

⁶ Med varmvattnet avser vi i hela rapporten tappvarmvattnet; det vatten som finns i fastigheter kopplat till kranar för varmvatten till t ex dusch. Detta vatten bör aldrig användas till varken matlagning eller dryck.

⁷ Med kallvattnet avser vi i hela rapporten tappkallvattnet; det vatten som i fastigheter är kopplat till kranar för uttag av kallvatten, t ex för dryck, matlagning och dusch.

1.7 Vad händer mellan vattenverket och tappstället hos konsumenten?

En finsk studie har visat att den mikrobiella tillväxten i kallvatten framför allt utgörs av gramnegativa bakterier och därmed organismer som producerar endotoxin (Keinänen et al. 2002). Vi antog att det kan ske en omfattande bakterietillväxt i ledningar inomhus då diametern på vattenrör inne i fastigheter är liten. Detta innebär en stor yta med biofilm i förhållande till vattenvolymen jämfört med matarledningarna från vattenverket.

Exempel: Diametern på ett rör inomhus är omkring 20 mm medan en vattenledning som försörjer ett litet samhälle kan vara 200 mm, d.v.s. 10 ggr större. Biofilmen sitter längs omkretsen på insidan av röret och det större röret har således 10 ggr mer yta på en viss längd. Men det större röret har 100 ggr större area som transporterar vatten. Det klenare röret har då tio gånger så mycket rörvägg (med biofilm) per vattenmolekyl jämfört med det mindre röret.

Bakterier utvecklas över tiden. Ju längre tid bakterierna har på sig att utvecklas desto högre borde endotoxinhalten bli.

Då frågar man sig: Hur länge finns vattnet i vattenverkets ledning från reningen tills vattnet når en fastighet jämfört med tiden inomhus i fastigheten? Är vattnet inte mycket längre tid i de långa ledningarna under markytan?

Ett exempel är Bjärnum som får sitt vatten genom en 15 km lång rörledning från Hässleholms vattenverk. Vattnet tar sig emellertid genom rörledningen på ungefär 10 timmar.

Ovanstående ska då jämföras med ledningar inomhus där vattnet står stilla i ledningen under t ex natten eller helgen. Upphållstiden kan bli lång inom fastigheten om man är bortrest, vid tappställen som ej används så ofta etc.

Men det finns även ändledningar med låga genomströmningshastigheter som försörjer områden med färre fastigheter. Rörledningarna kan då vara "onödigt" grova då de dimensionerats efter brandsläckningsbehov istället för normal förbrukning eller dimensionerats upp för framtida expansion.

Bakterietillväxten påverkas i hög grad av temperaturen. Temperaturerna är högre i fastigheter än i marken. I stora byggnader kan avsevärda längder av vattenledningar ligga oisolerade inomhus vilket skulle kunna ge höga bakteriehalter och endotoxinkoncentrationer när vattnet stått stilla i ledningarna. Ett av motiven till denna studie var att få ett utökat undersökningsmaterial över förekommande endotoxinhalter hos svenska vattenkonsumenter.

1.8 Endotoxinhalter i vatten på sjukhus

Vi var extra intresserade av att mäta på sjukhus av flera anledningar:

- På sjukhusen kan patienter förekomma som har nedsatt immunförsvar och som är extra känsliga för bakterier och endotoxin (Tracey et al. 1987). Därför borde kraven på låg endotoxinhalt vara strängare där än ute i samhället.

- Sjukhusen utgör samhällets största byggnader. De kan ha mycket långa ledningar inomhus. Vi ville ta prov så långt ut på ledningsnätet som möjligt för att om möjligt hitta det sämsta stället.
- Kallvattnet kan bli osedvanligt varmt då det värms upp i byggnaden på väg till avlägsna tappställen, särskilt om röret ligger nära varma rör. Detta kan gynna utvecklingen av bakterier.
- Varmvattnet kan bli för svalt på sin väg ut till avlägsna tappställen. Även detta kan gynna bakterietillväxt.
- På sjukhusen är vattenförsörjningen oerhört viktig. Vid exempelvis Akademiska sjukhuset i Uppsala finns ca 8 000 anställda och ett stort men varierande antal patienter. Sjukhus kan fungera delvis utan ström men havererar vattenförsörjningen⁸ så stannar verksamheten för nästan inga av arbetsuppgifterna går att utföra utan vatten! Därför måste man på sjukhusen ha god kontroll på vattenförsörjningen och framförhållning så att eventuella problem hinner identifieras och åtgärdas på ett tidigt stadium.

1.9 Samband mellan endotoxin, microcystin och *Gonyostomum semen*

När detta projekt om endotoxin påbörjades besökte vi inledningsvis samtliga vattenverk som deltog i studien. Vid dessa möten ställde vattenverkspersonalen vissa återkommande frågor:

- Sedan tjugo år tillbaka har det utförts undersökningar av levergiftet microcystin, en heptapeptid som produceras av vanliga, blombildande cyanobakterier. Finns det något samband mellan halterna av microcystin och endotoxin i råvatten och dricksvatten?
- Under de senaste decennierna har det, i vissa råvattentäkter, observerats en ökning av färgtalet. Samtidigt har den slembildande algen gubbslem, *Gonyostomum semen*, förekommit i allt större utsträckning. Påverkar *Gonyostomum semen* endotoxinhalten i råvattnet?

Vi hade från början av projektet inte planerat att belysa dessa frågor men eftersom det fanns ett starkt intresse från vattenverkens sida, vilket vi också delade, utökades undersökningen för att om möjligt kunna besvara frågorna.

1.9.1 Något om *Gonyostomum semen*

Slemalgen *Gonyostomum semen* (Figur 1-6) upptäcktes i Sverige 1948 vid en massutveckling av algen i Helgasjön, Växjö (Sörensen 1954). Badande människor hade drabbats av klåda som sattes i samband med badvattnet. Denna upptäckt följdes av studier av Sven Björk (1961) samt Gertrud Cronberg och Gunilla Lindmark (Cronberg et al. 1988).

⁸ Sjukhusen har ofta försökt att gardera sig genom att ha dubblerade vattenförsörjningsmöjligheter. Akademiska sjukhuset i Uppsala kan skicka in vattnet två olika vägar. Normalt används egen borrhälsbrunn för försörjningen.

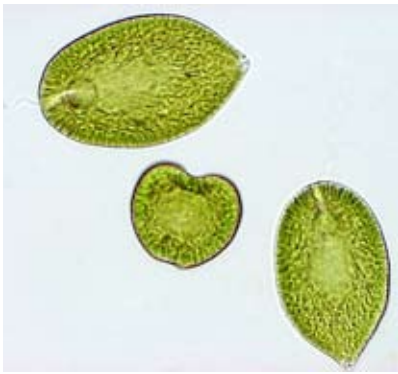
Länssjukhuset i Halmstad använder normalt kommunalt vatten men har en egen borrhälsbrunn på sjukhusområdet som reservvattentäkt. Denna levererar även i vanliga fall "hälsofrämjande" källvatten från Galberget till en fin dricksvattenfontän inne i byggnaden! Väl värt ett besök!



Figur 1-5

En flicka badar i Sparrsjön i Hässleholms kommun. Sikt djupet var endast 0,5 m. Brunifiering kallas den process där vattnet i sjöarna gradvis blir brunare. Orsaken till denna miljöförändring utforskas och diskuteras för närvarande. Det finns en stark koppling mellan brunifieringen och slemalgen *Gonyostomum semen*.

Foto: Heléne Annadotter.



Figur 1-6

Celler av *Gonyostom semen* (ca 0,1 mm långa) med synliga slemkapslar. Rening av råvatten försvåras vid höga halter av *Gonyostomum* då algens slem kan sätta igen sandfilter.

Foto: Gertrud Cronberg.

Deras undersökningar visade att *Gonyostomum* ökade i förekomst under 1900-talet. I en studie av 81 sjöar i Hässleholms kommun 1995, dominerade *Gonyostomum* i 46 % av dessa (Cronberg och Annadotter 1997). I vissa sjöar förekommer *Gonyostomum* samtidigt med cyanobakterier.

Gonyostomum är försedd med slemkapslar (trichocyster) som exploderar vid fysisk kontakt (Cronberg 2005). *Gonyostomum* är en dygnsvandrande organism som brukar röra sig upp till ytan på morgonen och dyka ner till djupare vattenskikt under eftermiddagen. Algen förekommer ofta i sjöar med brunt vatten (Figur 1-5). I badsjöar med *Gonyostomum* kan man bli besvärad av algen vid simturer på morgonen medan bad på eftermiddagen kan ske utan problem. *Gonyostomum* massutvecklas i allmänhet under den varmaste perioden på året och förekommer i flera svenska råvattentäkter. Denna slembildande alg kleggar igen gälar på fiskar och kräftor och kan även sätta igen sandfilter i vattenverk.

1.10 Olika symptom vid endotoxin-förgiftning och legionellainfektion

Duschar, bubbelbad, luftfuktare, prydnadsfontäner, högttryckstvättar och badpools kan exponera personer för endotoxin men kan även medföra risk för infektion av *Legionella*.

Feber, huvudvärk, muskelvärk, allmän sjukdomskänsla, hosta och luftvägsproblem är symptom som kan förekomma vid båda sjukdomarna.

Skillnaden i tid mellan exponering för endotoxin respektive *Legionella*-bakterier och symptom är dock olika. Efter att ha andats in **endotoxin** dröjer det bara mellan **en till sex timmar** innan man reagerar med frossa, feber, hosta, huvudvärk, andnöd, trötthet och/eller muskelvärk. Denna förgiftning kallas toxisk pneumonit. Den drabbade kan reagera med ett eller flera av ovanstående symptom. De akuta symptomen upphör i allmänhet inom 24 timmar.

Bakterier av släktet *Legionella* kan orsaka en infektion kallad legionärssjuka. Tiden mellan smittotillfället och insjuknandet varierar mellan **två till tio dygn**. Infektionen utmärks av att insjuknandet kommer smygande med huvudvärk, muskelvärk, allmän sjukdomskänsla och tilltagande feber (Cronberg, 1997). Samtidigt uppträder smärtor i bröst och buk, hosta samt diarré och illamående. Om läkaren lyssnar på patientens lungor med stetoskop är det inte säkert att han hör någonting anmärkningsvärt. Patienten kan ha en mindre mängd vätska i lungsäckarna. Enzymet S-laktatdehydrogenas (S-LD) är förhöjt och leverenzym kan vara lätt förhöjda. I början av sjukdomen uppfattas många patienter som om de vore drabbade av influensa. Symptomen ökar dock under en veckas tid då andningssvårigheter och multipel organsvikt kan utvecklas.

Risken för att infekteras av *Legionella* ökar med hög ålder och ned-satt immunförsvar, t ex vid behandling med cortison, cellgifter och immunhämmande medel. Personer med diabetes, reumatiska sjukdomar, alkoholism, tumörsjukdomar och arterioskleros kan infekteras lättare.

Det anses inte vara farligt att dricka vatten som innehåller *Legionella*-bakterier. Sjukdomen smittar inte mellan personer och man kan inte bli kronisk bärare av bakterien. Det finns inte något vaccin mot *Legionella*. Sjukdomen behandlas med antibiotika.

Av de 50 till 80 fall av *Legionella* som rapporteras årligen i Sverige anses ungefär hälften vara smittade utomlands. Dödsfall i *Legionella* kan inträffa trots modern intensivvård.

Besök Smittskyddsinstitutets hemsida för mer information om *Legionella*: <http://www.smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/legionellainfektion-och-pontiacfeber/>

1.11 Gränsvärden saknas för endotoxin

Det finns ännu inget gränsvärde för högsta tillåtna endotoxinhalt i tappvatten. Frågan om vilka halter som är hälsofarliga bör utredas. I några publicerade studier där folk reagerat med symptom efter bad och dusch eller andats in aerosoler med endotoxin varierade halterna mellan 60 och 100 000 EU ml⁻¹. Människor är olika känsliga för endotoxin men personer med defekt immunförsvar (t ex AIDS-patienter) är särskilt känsliga.

I studien från en badanläggning i USA blev badvakterna akut sjuka nära en pool med mycket aerosoler och endotoxinhalt på 200–300 EU ml⁻¹.

I en sjö i norra Skåne blev några barn akut sjuka med feber efter bad i brunvattensjön Pickelsjön (Annadotter och Cronberg, opubl.). Ett av barnen fördes till sjukhus där läkarna konstaterade påverkan av ett toxin. Några barn blev också akut magsjuka några timmar efter badet. De barn som drabbades av feber var framför allt simkunniga barn i 8–12 års åldern. De hade tillbringat flera timmar i vattnet genom att hoppa från bryggan, dyka och simma under vattnet. De yngre barnen som ej kunde simma hade lekt mer stillsamt vid strandkanten. Tonåringarna och de vuxna hade inte badat lika länge och inte med samma frenesi som de simkunniga barnen. Vid det tillfället, augusti 2001, var endotoxinhalten 57 EU ml⁻¹ i sjön. (De barn som blev magsjuka hade svält sjövattnet under det aktiva badandet. Eftersom endotoxin inte orsakar magproblem var det sannolikt bakteriella enterotoxiner som orsakade de akuta magproblemen.)

Frågan om vilka endotoxinhalter som är hälsofarliga är dels individuellt och dels beroende på hur man exponeras för vattnet och hur länge. Att duscha med en högt monterad dusch där vattnet träffar huvudet skapar mer aerosoler som dras in i lungorna jämfört med att använda en handdusch.

En endotoxinhalt på >20 EU ml⁻¹ indikerar att det skett en viss bakterietillväxt. Även om en endotoxinhalt omkring 20 EU ml⁻¹ inte ger akuta symptom hos friska personer kan de bakterier som endotoxinet indikerar dels orsaka en infektion och dels producera andra toxiner som kan ge problem vid konsumtion av vattnet. Misstankar finns att mycket känsliga patienter blivit påverkade av ca 20 EU ml⁻¹.

Frågan om vilket gränsvärde som bör gälla för vatten som man duschar i bör utredas av en arbetsgrupp som representerar medicinsk, toxikologisk och teknisk kompetens.

Baserat på den samlade kunskapen hittills rekommenderas att man åtminstone bör vara vaksam om endotoxinhalt som överskrider 50 EU ml⁻¹ i tappvatten som används till dusch och andra aerosolskapande anordningar.

På vårdinrättningar där det vistas extra känsliga patienter bör man sträva efter lägre endotoxinhalt.

Vid medicinsk behandling där vatten renas för beredning av dialysvätska eller läkemedel för injicering i blodet finns ett fastställt gränsvärde på högsta tillåtna endotoxinhalt, 0,25 EU ml⁻¹.⁹

⁹ Vattnet renas ofta med vattenfilter baserade på omvänd osmos (RO) för att framställa sterilt vatten med låg endotoxinhalt. Flera filter brukar seriekopplas.

2. Syfte

Studierna i denna rapport har syftat till att besvara följande frågeställningar:

- Hur varierar endotoxinhalten i råvatten och utgående dricksvatten mellan olika vattenverk?
- Hur varierar endotoxinhalten hos vattenkonsumenter jämfört med dricksvattnet som lämnar vattenverket?
- Finns det något samband mellan halten av endotoxin och cyanobakterietoxinet microcystin?
- Påverkar slemalgen *Gonyostomum semen* halten av endotoxin i råvattnet?

3. Material och metoder

Närmare 800 vattenprov har tagits under 2006–2007 för undersökning beträffande endotoxinhalt. Tyngdpunkten i rapporten ligger på att rapportera, diskutera och jämföra endotoxinhalter vid olika vattenverk, sjukhus, rastplatser, simhallar och fastigheter med enskild vattenförsörjning.

3.1 Undersökningsplatser

Provtagning har skett på ett brett spektrum av olika platser och sedan har proven indelats såsom tillhörande någon av följande lokaltyp: Bensinstation, Bibliotek, Bäck, Camping, Daghem, Damm, Enskild fastighet med egen brunn, Flerfamiljsfastighet, Flygplats, Försäljningslokal, Hotell, Industri, Idrottsanläggning, Kommunhus, Konferensanläggning, Kontor, Lägenhet, Mässa, Obebyggd tomt, Rastplats, Reningsverk, Restaurang, Servicehus, Simhall – bassäng, Simhall – kranvatten, Sjukhem, Sjukhus, Sjö, Skola, Tryckstation, Underjordisk anläggning, VA-laboratorium, Vattenverk, Villa, Vårdcentral eller Äldreboende.

3.1.1 Vattenverk med beskrivningar

Ett dussintal¹⁰ svenska vattenverk/orter medverkade i undersökningen. Vattenverkens råvatten togs från olika källor; näringsrika, måttligt näringsrika och näringsfattiga sjöar eller åar samt grundvatten från olika slags berggrund. Information om de olika vattenverken och om vattnets kemiska och fysikaliska egenskaper presenteras nedan (Tabell 3-1).

Endotoxinhalten undersöktes i råvatten, utgående dricksvatten och i konsumenters tappställen. De större vattenverken har i huvudsak själva utfört provtagningen och vi har kompletterat med provtagning på mindre orter. Normalt togs råvattenprovet vid ett tappställe inne i vattenverket och inte i själva vattentäkten. Detta gav en bättre bild av vattenverkets reningsförmåga än om man t ex skulle tagit vattenprovet direkt i en sjö.

Göteborg

Göteborgs 500 000 invånare får sitt råvatten från Delsjöarna och Göta älv. Vattnet renas i Lackarebäcksverket samt i Alelyckans vattenverk. Lackarebäcksverket tar råvattnet från Delsjöarna. Alelyckan tar sitt vatten från Göta älv under 70 % av tiden och från Delsjöarna 30 % av tiden. Delsjöarnas vatten kommer till 90 % från uppumpat vatten från Göta älv, till 5 % från Rådasjön och resterande 5 % från naturlig tillrinning.

Runt Lackarebäcksverket finns en geografisk zon som enbart får vatten från Lackarebäcksverket och samma sak gäller området runt Alelyckans vattenverk. Resten av Göteborg får vatten från båda verken.

¹⁰ Vissa större orter har flera vattenverk medan andra vattenverk kan leverera till flera mindre orter.

Tabell 3-1 Vattenkvalitetsparametrar på dricksvatten som produceras av vattenverken i undersökningen.

Vattenverk	Källa	Desinficering	pH	Totalhårdhet (°dH)	Kalcium (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Järn (mg/l)	Fluorid (mg/l)
Göteborg, Lackarebäckverket	Ytvatten	Ja	7,8	2,8	16	1,5	<0,01	<0,1
Hässleholm	Grundv.	Nej	8,2	9,6	61	4,3	0,01	0,1
Hässleholm-Bjärnum ^a	Grundv.	Nej	8,3	9,2	61	4,3	0,01	0,2
Hörby	Grundv.	Nej	7,8	10,0	65	4,1	< 0,02	0,63
Karlskrona	Ytvatten	Ja	8,0	4,6	30	1,6	<0,01	0,1
Kristianstad	Grundv.	Nej	8	12,5	80	6,5	< 0,01	0,35
Malmö, Vombverket	Ytvatten	Ja	8,3	5,6	32	5,8	< 0,02	< 0,23
Ringsjöverket ^b	Ytvatten	Ja	8,3	3,5	22	1,5	< 0,02	< 0,2
Stockholm, Lovöverket	Ytvatten	Ja	8,6	5,6	36	5,1	< 0,02	< 0,2
Stockholm, Norsborgs vattenverk	Ytvatten	Ja	8,5	4,4	24	4,1	< 0,02	< 0,2
Vittsjö	Grundv.	Nej	8,1	2,0	11	2,5	0,05	0,0
Örebro, Jungfru Annas vattenverk	Infilt.	Periodvis	7,8	8,4	52	4,8	< 0,01	0,5
Örebro, Skräms vattenverk	Ytvatten	Ja	8,2	3,8	24	2,3	0,02	0,2

^a Vattnet produceras av Hässleholms vattenverk men transporteras i en cirka 15 km lång rörledning till Bjärnum.

^b Ringsjöverket levererar vatten till många orter i Skåne, däribland Helsingborg, Lund och Landskrona. Provtagnings har dock endast skett på vattenverkets utgående dricksvatten.

Även 200 000 invånare i kranskommuner försörjs mer eller mindre frekvent.

Vattenreningsprocessen är likartad vid de två verken. Råvattnet behandlas med kemisk fällning med aluminiumsulfat. pH-justering sker för att få ett optimalt fällnings-pH. Därefter behandlas vattnet i snabbfilter med granulerat aktivt kol. Det renade vattnet pH-justeras och desinficeras med en blandning av klor och klordioxid.

Hässleholm och Bjärnum

Hässleholms vattenverk hämtar sitt råvatten i borrhunnar vid Ignaberga på Kristianstadsslätten samt vid Tyringe. Verket försörjer närmare 29 000 invånare i Hässleholm och några omgivande samhällen. Vattnet från Ignaberga är kalkrikt och innehåller nitrat medan vattnet från Tyringe är surt, mjukt och ibland rikt på järn och mangan. Vattnet återinfiltreras under cirka tre månader under en grusformation vid vattenverket. Ingen desinficering sker. Vattnet pumpas cirka 15 km till 2 500 invånare i Bjärnum som ingår i studien.

Hörby

Hörby tar sitt vatten från 95 m djupa borrhunnar som försörjer 7 000 invånare. Mellan jordytan och 40 m djup finns ett lager av tät, finkornig morän. Nedanför detta finns sandsten. När vattnet pumpas upp luftas det för att oxidera järn och mangan vilka sedan avskiljs i ett snabbsandfilter med cirka 20 minuters filtreringstid. Ingen desinficering sker.

Karlskrona

Karlskrona vattenverk försörjer Karlskrona samt tio närliggande mindre samhällen. Cirka 40 800 personer är anslutna till vattenverket. Råvattnet hämtas från Lyckebyån vars vatten innehåller stora mängder humus, järn och mangan. Karlskrona har därför en av Sveriges mest avancerade beredningsprocesser för dricksvatten. I början av processen

justeras råvattnets pH, alkalinitet och hårdhet genom tillsats av krita och kolsyra. Därefter sker kemisk fällning med polyaluminiumklorid och vattnet filtreras genom DynaSandfilter och kolfilter. Slutligen sker pH-justering och desinficering genom tillsats med natriumhydroxid, kolsyra och kloramin.

Kristianstad

Kristianstad vattenverk tar sitt råvatten från djupborrhållade brunnar i sandsten på Kristianstadslätten som rymmer ett av norra Europas största grundvattenmagasin. Det centrala vattenverket försörjer cirka 40 000 personer i Kristianstad och nio samhällen i närområdet. Vattnet renas genom luftning och filtrering. Ingen desinficering sker. Kranvattnet är hårt (totalhårdhet 12,5° dH) på grund av den kalkrika berggrunden. Många vattenabonnenter avhärdar därför vattnet för att inte förkorta livslängden på hushållsmaskiner o. dyl.

Malmö-Vombverket

Dricksvatten till Malmös 270 000 invånare tas till 80 % från Vombsjön och till 20 % från grundvatten (Alnarpströmmen). Vombsjöns vatten renas vid Sydsvatten¹¹ AB:s anläggning Vombverket.

Råvattnet tas in från Vombsjön på 3–5 m djup, silas genom en 500 µm mikrosil och pumpas till infiltrationsdammar. Råvattnet renas sedan genom konstgjord grundvattenbildning genom ett sandlager som är 20–25 m tjockt. Infiltrationstiden är cirka tre månader. Efter infiltrationen avhärdas vattnet till en hårdhet på 6° dH. Desinficering sker genom klorering innan vattnet levereras till ca 361 000 personer i Malmö, delar av Lund och samhällen omkring Vombsjön.

Sedan 1970-talet har massutvecklingar av cyanobakterier förekommit i Vombsjön. Stora mängder cyanobakterier har tidvis satt igen infiltrationsdammarna och microcystin, ett levergift som produceras av cyanobakterier, har tidigare detekterats i det utgående dricksvattnet (Cronberg et al., 2007).

Ringsjöverket

Sydsvatten AB:s anläggning Ringsjöverket i Stehag i Skåne levererar vatten till 390 000 personer i många orter, däribland Helsingborg, Lund och Landskrona. Råvatten från sjön Bolmen i Småland pumpas ca 100 km via Bolmentunneln till Ringsjöverket som mottar ca 1 300 liter råvatten per sekund. 1 100 liter av dessa kommer från sjön medan resten utgörs av grundvatten som läcker in i tunneln. (Själva Ringsjön lider av omfattande cyanobakterieblomningar och används numera enbart som reservvattentäkt.) Råvattnet renas med kemisk fällning med järnklorid, snabbfiltrering och långsamfiltrering. Vattnet desinficeras genom klorering med natriumhypoklorit.

Tidigare studier vid Ringsjöverket (Annadotter & Cronberg, 2007) har visat att växtplankton kan passera reningsprocessen i vattenverket och påträffas i dricksvattnet. Celler av små cyanobakterier (*Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Microcystis* och *Woronichinia*) förekom då i halter som varierade mellan ca 3 000 och 12 000 celler ml⁻¹.

¹¹ Den momentana vattenproduktionen kan följas på Sydsvattens hemsida, www.sydsvatten.se

Stockholm

Stockholm Vatten AB levererar vatten till en miljon människor i Stockholm, Huddinge samt åtta grannkommuner. Råvatten tas från sjön Mälaren och renas vid Lovö och Norsborgs vattenverk. Reningsprocessen är densamma vid de två verken. I ett första behandlingssteg sker kemisk fällning med aluminiumsulfat. Därefter filtreras vattnet först genom snabbfilter och sedan genom långsamfilter. Därefter desinficeras vattnet. Vid Lovöverket sker desinficering med UV-ljus och färdigberedd monokloramin och vid Norsborg produceras monokloramin genom att natriumhypoklorit blandas med ammoniumsulfat.

Vittsjö

Vittsjö vattenverk hämtar vatten från borrhunnar i närheten av Vittsjön, en brunvattensjö. Vattenverket levererar vatten till 1 750 personer. Vattnet, som är mjukt och kalkfattigt, genomgår järn-manganfiltrering och pH-justeras med natriumhydroxid. Ingen desinficering sker.

Örebro

Örebro har Svartån som råvattentäkt. Vattnet från ån pumpas till Skråmsta vattenverk. Rening sker med kemisk fällning och med infiltration genom grusåsar under 45 dagar. Efter infiltration desinficeras vattnet med klor och pH-justeras med kalk.

Ytvatten hämtades dessutom från sjön Hjälmarens och renades i Jungfru Annas vattenverk. Sjövattnet infiltrerades genom en grusås under cirka en månads tid. Det pumpades sedan ut som artificiellt grundvatten till Odensbacken, Stora Mellösa, Asker, Hampetorp och Notboda. Periodvis användes klorering då det fanns risk för bakterietillväxt på ledningsnätet. Sedan början av 2008 används inte Jungfru Annas vattenverk längre. De orter som tidigare fick vatten därifrån får numera dricksvattnet från Skråmsta.

3.1.2 Undersökta sjukhus

Nedanstående sjukhus besöktes för provtagning i undersökningen.¹²

- Akademiska Sjukhuset i Uppsala
- Blekingesjukhuset Karlshamn
- Blekingesjukhuset Karlskrona
(med begränsade prov genom vattenverkets försorg)
- Bromma sjukhus
- Centrallasarettet i Västerås
- Centralsjukhuset i Kristianstad
- Centralsjukhuset i Karlstad
- Falu lasarett
- Gävle sjukhus
- Lasarettet i Enköping
- Länssjukhuset i Halmstad
- Mora lasarett
- Mälarsjukhuset (i Eskilstuna)
- Norrtulls f.d. sjukhus (i Stockholm, med
begränsade prov genom vattenverkets försorg)

¹² För att underlätta för läsaren anges sjukhusen med den ort de tillhör i rapportens diagram och ej med sjukhusets namn.

- Sjukhuset i Säffle
- Sjukhuset i Torsby
- Sjukhuset i Varberg
- Sundsvalls sjukhus (med egen provtagning)
- Universitetssjukhuset i Örebro (med begränsade prov genom vattenverkets försorg)
- Vrinnevisjukhuset (i Norrköping)

3.2 Provtagningsmetodik

3.2.1 Provtagning för endotoxin

Vattenprov för endotoxin insamlades i 10 ml endotoxinfria provrör. Vi försökte oftast ta proven vid ett tappställe som inte hade använts nyligen, helst inte samma dag, för att om möjligt hitta dåligt omsatt vatten med tillväxt av bakterier. Detta var inte alltid möjligt och vi hade ej kontroll över de prov som vattenverk och andra tog ut.

Kallvatten

Prov på kallvatten togs ut efter fem sekunders spolning för att uppskatta endotoxinhalten om man bara spolar lite och sen tar ett glas vatten eller börjar duscha. Detta var för att få mätvärden på eventuell endotoxin som fanns i stillastående vatten i rörledningen på väg upp till tappstället. Vi valde att spola fem sekunder för att avlägsna blandat varm- och kallvatten i armaturen samt minska påverkan från eventuell bakterietillväxt i munstycket (perlatorn). Dessa prov redovisas i undersökningen som ”ospolat” eller ”spolat 0–5 s”.¹³

Därefter spolade vi tills vattnets temperatur stabiliserades och nytt ouppvärmat vatten kommit fram från vattenledningen utanför fastigheten. Vi spolade oftast i två minuter men även en, tre och fem minuters spolning tillämpades beroende på rörledningens längd inomhus. Vid en del tillfällen tog vi prov vid flera olika spolningstider för att undersöka i vilken grad halten av endotoxin och vattnets temperatur förändras under spolning. Vi ville ha svar på frågan om man bör spola och i så fall hur länge, innan man tar ut vatten för användning. Dessa prov redovisas som ”spolat” eller ”spolat 1–5 min” om inte aktuell tid redovisas.¹⁴

Varmvatten

Prov togs på liknande sätt som för kallvatten. I en del av undersökningen valde vi att ta ut prov efter en minut för att kontrollera varmvattentemperaturen. I samråd med något vattenverk beslöt vi även att ta ut varmvattenprov efter fem minuter för att se vad endotoxinhalten kan vara under en längre varm dusch. I några enstaka fall var varmvattnet över 60° C vilket var maxtemperaturen för vårt instrument. I så fall angavs 60° C. Enligt Boverkets byggregler (BBR) ska varmvattentemperaturen vara lägst 50° C och högst 60° C vid varje tappställe i en byggnad (Boverket BFS 2006:12).

¹³ Då andra provtagare tog ut prov hade vi ibland ingen uppgift om proven verkligen var helt ospolade eller spolade några sekunder.

¹⁴ Då vattenverk och andra skötte provtagningen saknades ibland uppgift om hur länge de hade spolat eller så hade de spolat tills temperaturen stabiliserats.

3.2.2 Provtagning för jämförelse av endotoxin och microcystin

Vid två vattenverk, Vombverket och Ringsjöverket, togs månadsvisa vattenprov under närmare ett års tid för att se hur endotoxin och microcystin kan variera under året. Proven förvarades frysta tills de tinades och analyserades.

3.3 Analys av endotoxin

Proven transporterades i kylväska och förvarades frysta. Proven tinades innan analys skedde. Endotoxin analyserades turbidimetriskt med Limulus Amoebocyte lysat (LAL) metoden (Levin and Bang, 1968).

3.3.1 Instrumentuppställning

- Proven analyserades med en Tecan Sunrise spektrofotometer "MODEL SUNRISE-RC/ST TC CRE" från Tecan Austria GmbH i Österrike.
- Spektrofotometern styrdes med mjukvaran ENDOSAFE® EndoScan-V version 3.1.4 från Charles River Laboratories i USA.
- Mätvärdesinsamlingen skedde via RS-232 till datorn, en Mac Pro 2x2,66 Mhz med OS X 10.4.11 från Apple i USA.
- Datorn var försedd med Parallels Desktop 3.0 for Mac, build 5582 uppdaterad till 5584 under arbetets gång.
- Windows XP Professional version 5.1.2600 med Service pack 2.0 var installerad under Parallels för att kunna köra ovanstående mjukvara.
- En USB till RS-232 adapter, UC232A, från ATEN International CO., Ltd. i Taiwan, användes för att kommunicera mellan datorns USB och instrumentets RS-232 port.

3.3.2 Analysmetod

Provrören vändes upp och ned cirka fem gånger för att blanda om provet innan vatten sögs upp med pipett för analys. Analysmetoden bygger på att lysat tillsätts till brunnar (provkoppar) innehållande 0,1 ml vattenprov (som har okänt endotoxininnehåll) samt till brunnar med standarder (med känt innehåll av endotoxin) jämte kontrollbrunnar med särskilt endotoxinfritt LAL-vatten. Varje vattenprov, standard och kontroll fördelades på två brunnar för jämförelse, medelvärdesbildning och kontroll av analysen. Vi använde normalt fyra standarder, 0,05; 0,5; 5 och 50 EU ml⁻¹.

Då alla brunnar preparerats sätts plattan (innehållande 96 brunnar) in i en spektrofotometer och uppvärms till 37° C varvid reaktioner startar i brunnarna. Instrumentet detekterar grumligheten i varje brunn var 30:e sekund under upp till ca en timmes tid. Grumlingen sker snabbare ju högre endotoxinhalten är.

Reaktionstiderna på standarderna plottas sedan mot de kända endotoxinhalten i ett log-log diagram. En kurva approximeras till dessa standardpunkter. Här kan man välja att använda linjär approximation med en rak kurva som dras så nära punkterna som möjligt eller genom

att approximera med ett polynom så att man får en kurva som går igenom samtliga kända standardpunkter men då blir kurvan i allmänhet något krokig¹⁵ vilket den idealt sett inte bör vara.

Vi valde approximation med tredjegradspolynom som gick genom alla fyra standardpunkterna. Som extra kontroll beräknade vi också en linjär approximation och kontrollerade att R-värdet låg nära -1, dock med maximal avvikelse till -0,98.¹⁶

Kurvan används sedan för att beräkna vad endotoxinhalten är för prov vars reaktionstid ligger i intervallet mellan olika standarders reaktionstider. Provens endotoxinhalt beräknas genom att utrustningen mäter provens reaktionstid och går in ”baklänges” på kurvan för att bestämma provens endotoxinhalt.

Mätningar godkändes endast om reaktionstiderna på provet och replikatet hamnade inom samma intervall som standardernas reaktionstider täckte.¹⁷ Proven måste således spädas så att reaktionstiderna blev längre än reaktionstiden för den starkaste standardlösningen men kortare än reaktionstiden för den svagaste standardlösningen för att ge ett exakt mätvärde.

3.3.3 Detektionsgränser

Den svagaste standarden var ibland svår att analysera tillräckligt exakt, särskilt innan metoderna och lab-tekniken hade förfinats. Om avvikelsen mellan replikaten överskred ett CV¹⁸ värde på ≥ 10 % maskerades standarden bort och vi höjde detektionsgränsen till nästa starkare standard för att hålla en hög kvalitet och kunna presentera två värdesiffror på endotoxinhalten. Analyserna på replikaten av standarderna överensstämde mycket väl och CV-värdet låg efter ett tag i allmänhet inom några få procent vilket är bra för en biologisk metod som denna.

Då flera prov översteg 50 EU ml⁻¹ provade vi att dubblera koncentrationen på alla standarder för att få ett mätområde 0,1–100 EU ml⁻¹ i stället för 0,05–50. Detta upphörde vi emellertid med efter några analysomgångar efter konsultation med tillverkaren av standarderna då noggrannheten minskade eftersom reaktionen skedde mycket snabbt vid så hög halt. Dessutom förekom det flera prov som även överskred 100 EU ml⁻¹ så ny analys krävdes i alla fall. Därför beslöt vi sedan att först analysera proven i mätområdet 0,05–50 EU ml⁻¹. Om de överskred 50 EU ml⁻¹ spädde vi en återstående del av materialet 1:10, 1:100 eller 1:1 000 med endotoxinfritt LAL-vatten och analyserade om. För proven accepterade vi en CV avvikelse på upp till 20 % för replikaten. Denna gräns överskreds endast vid några enstaka tillfällen, och då nästan alltid pga observerat stänk vid pipetteringen, varvid provet analyserades om. I allmänhet låg CV-värdet inom 0–5 % med enstaka avvikelser runt 10 %. Vid någon analys blev det strömavbrott (!) och

¹⁵ Variationer i standardernas koncentration, inexact uppmätning, mätfel och andra variationer orsakar att kurvan oftast inte blir helt rak.

¹⁶ R-värdet på samtliga godkända analyser kom att bli -0,9977 i genomsnitt.

¹⁷ Även utanför detektionsgränserna ger reaktionshastigheten en fingervisning om endotoxinhalten genom approximation till en förlängning av den erhållna kurvan. Detta har ibland utnyttjats i kommentarer.

¹⁸ ”Coefficient of Variation”, variationskoefficient, benämns även ”relativ standardavvikelse”.

vid några analyser blev det kommunikationsfel¹⁹ i RS232 kommunikationen mellan datorn och instrumentet. Om endast den svagaste standarden inte hade reagerat färdigt vid tillfället beslöt vi att maskera den och höja detektionsgränsen till närmast högre standard samt approximera med ett andragradspolynom istället.

Ovanstående medför att den undre detektionsgränsen varierar mellan 0,05; 0,1; 0,5 och 1 EU ml⁻¹. Värden som understiger detektionsgränsen anges av analysutrustningen till t ex "<0,1". Vi har då av praktiska skäl vid databearbetningen angivit endotoxinhalten som detektionsgränsen (t ex 0,1) i alla diagram och beräkningar. De få proven vid den undre detektionsgränsen är alltså lägre i verkligheten än angivet och medelvärdena kan ha blivit obetydligt överskattade i sådana fall. Det rör sig främst om ett antal prov som understeg 0,1 EU ml⁻¹ i Örebro.

Om det analyserade provet hade snabbare reaktionstid än den starkaste standardlösningen, t ex 50 EU ml⁻¹, angav instrumentet bara ">50 EU ml⁻¹". Men den uppmätta reaktionstiden kunde ändå avläsas och jämföras med standardernas reaktionstid. Härigenom har vi ibland uttalat oss om i vilket härad som resultatet troligtvis låg. Detta har även utgort en grund för eventuell spädning och omanalys.

Upprepad frysning och tining av proven kan reducera endotoxinhalten. Vattenprov frystes ned igen efter uttag av vatten till analys. Om provet visade sig behöva analyseras om tinades det senare, späddes, och analyserades igen men kunde då ofta uppvisa lägre halt, i några fall mycket lägre halt.

Om provet har analyserats flera gånger presenteras analysen med det högsta mätvärdet såvida ingen orimlighet förelåg eller CV översteg 20 % mellan replikaten. Eftersom bakterier kan vara samlade i aggregat är det troligt att halterna varierar ganska kraftigt mellan analyser. Vattenmängden som analyseras är endast 0,1 ml per replikat. Detta gör att metoden blir ganska känslig för variation av endotoxinkoncentrationen i en större vattenmängd. Sammantaget med att det är en ganska känslig biologisk analys bör man inte fästa alltför stort avseende vid den andra värdesiffran i analyserna.

Jämförelse av resultat

Det har på en del ställen förekommit enstaka prov med höga endotoxinhalter. Dessa skulle då slå igenom på medelvärdet i hög grad och skapa en skev bild av ortens normala värden.

Ibland höjs medelvärdena något av att (enstaka) prov under detektionsgränsen har tilldelats värdet på detektionsgränsen. Eftersom detektionsgränsen har varierat mellan 0,05 och 1,0 kan det bli lite orättvist vid direkt jämförelse av medelvärden mellan olika orter.

Därför rekommenderar vi att medianvärdena²⁰ används istället för medelvärdena vid jämförelser av endotoxinhalterna i t ex olika orter så att de förhållandevis få extremvärdena ej förskjuter resultatet.

¹⁹ Efter ett tag fick vi bukt med kommunikationsfelen genom uppdateringar av programvaror.

²⁰ Medianen är det tal som ligger i mitten om man sorterar alla värden i storleksordning.

3.4 Studie av endotoxin och microcystin i 27 sjöar, åar och dammar

Vattenprov från 27 olika ytvatten i sex länder samlades in för att jämföra endotoxinhalten med microcystinhalten. Dessutom bestämdes dominerande alggrupp och dominerande släkte eller art. Flertalet av proven var från svenska vattendrag men några enskilda prov från Kenya, Zanzibar, Uganda, Sydafrika och Mozambique togs med som jämförelse.

3.4.1 Analys av microcystin med ELISA

Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA) för detektion av microcystin är en immunologisk test som använder antikroppar specifika för microcystiner (Chu et al., 1990). Antikropparna har bildats i möss eller kaniner efter toxinpåverkan. Det ELISA-kit för microcystin som är kommersiellt tillgängligt är speciellt avsett för undersökning av dricksvatten. Detektionsgräns för analysen var 0,1 µg microcystin l⁻¹. De frysta vattenproven preparerades genom att de frystes och tinades tre gånger för att spränga cellerna. Därefter behandlades proven i ultraljudsbad tre gånger i en minut för att få ut microcystinet ur cellerna. Proven centrifugerades i mikrocentrifug med 10 000 g under 20 minuter innan ELISA-analys utfördes.

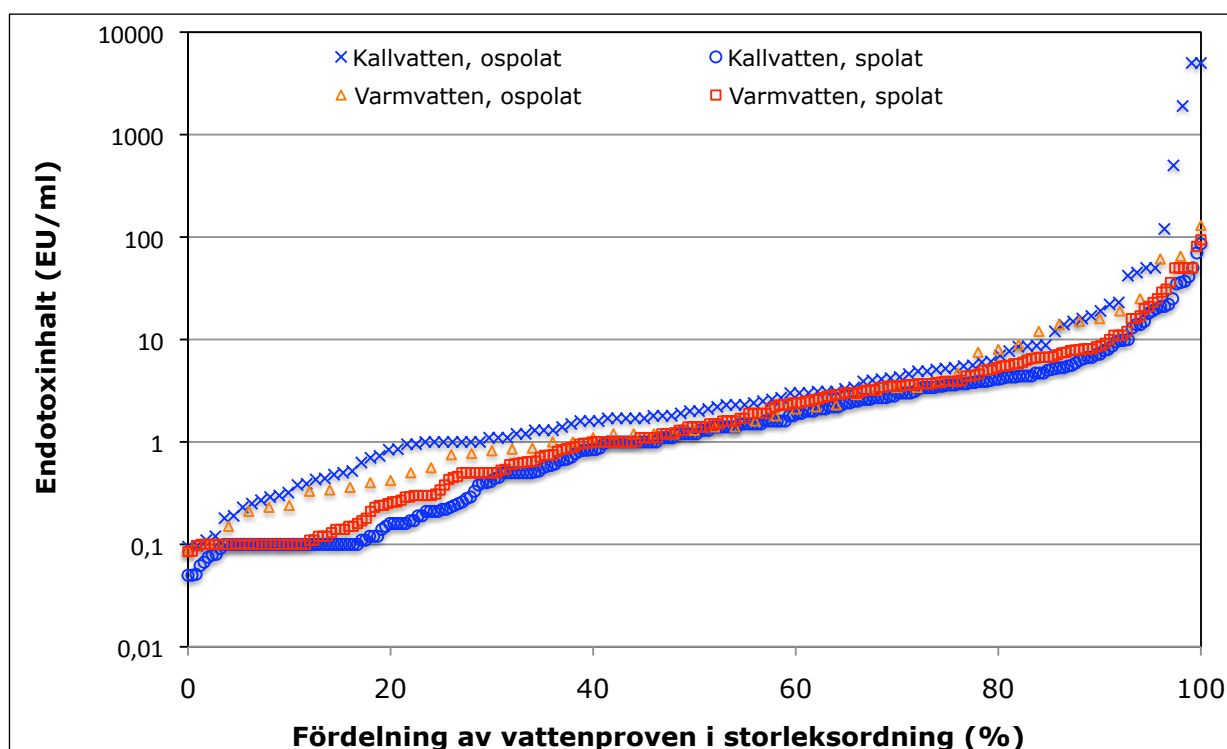
3.5 Studie av endotoxin i sjöar med dominans av *Gonyostomum*

Sjövatten för kvalitativ algalanalys samlades in från sjöar där växtplanktonsamhället dominerades av *Gonyostomum semen*. Dessa var Helgasjön i Växjö, Lilla Torkelsjön och Tranegylet i Karlshamns kommun, sjön Fräjen i Sanders, Lammhults kommun och sjön Bjärlången i Bjärnum, Hässleholms kommun. Algproven konserverades med Lugols lösning. Proven fick sedimentera i sedimentationskammare i minst 12 timmar innan de analyserades med omvänt Nikon Diaphot faskontrastmikroskop med 200x och 400x förstoring. Prov för endotoxin togs ut genom att sjövatten hölldes i 10 ml endotoxinfria provrör och sedan hanterades som övriga endotoxinprov.

4. Resultat

4.1 Endotoxinhalt i svenskt kranvatten

649 st prov²¹ från svenskt kranvatten uppdelades i fyra kategorier; kall- och varmvatten, vardera "ospolat"²² eller "spolat"²³. Dessa prov kom så gott som enbart från vanliga tappställen med vatten för konsumenter i många olika typer av fastigheter. Både kommunalt vatten och vatten från enskilda brunnar finns representerat. Halten av endotoxin analyserades i proven och resultatet sorterades med avseende på stigande endotoxinhalt inom varje kategori (Figur 4-1).



Figur 4-1 Endotoxinhalt i 649 vattenprov från tappvatten runt om i Sverige. Proven är sorterade efter stigande endotoxinhalt inom respektive kategori (ospolat eller spolat kall- resp. varmvatten). Ur figuren kan man t ex utläsa att drygt 80 % av alla prov hade en endotoxinhalt understigande 10 EU ml⁻¹. Observera logaritmisk skala på y-axeln.

Ospolat kallvatten hade högst endotoxinhalter men halterna sjönk vid spolning. Varmvattnet hade i allmänhet något mindre endotoxin men värdena förbättrades inte lika mycket av spolning²⁴ (Tabell 4-1).

²¹ Urvalet är ej helt slumpmässigt eftersom man i en del fall valt ut tappställen där man kunde förvänta sig högre endotoxinhalt pga dåligt omsatt vatten eller klagomål på vattnet.

²² De "ospolade" proven är mestadels uttagna efter ca 5 sekunders spoltid.

²³ De "spolade" proven är uttagna efter 1–5 minuters spolning eller spolning till stabil temperatur.

²⁴ Den horisontella delen på kurvorna vid 0,1 EU/ml ligger i verkligheten under aktuell detektionsgräns men har höjts till detektionsgränsen under databearbetningen.

Tabell 4-1 Endotoxinprov från undersökningens alla provtagningsplatser med kranvatten.
(Råvatten och dricksvatten från vattenverk ingår ej här.)

Alla kranvatten i Sverige i undersökningen	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Kallvatten, spolat 0–5 s	2,0	3,5 ^a	>5 000	0,095	112
Kallvatten, spolat 1–5 min eller till jämn temp	1,2	3,2 ^b	86	<0,05	252
Varmvatten, spolat 5 s	1,3	3,7 ^c	130	0,087	51
Varmvatten, spolat 1–5 min eller till jämn temp	1,4	3,2 ^d	94	<0,085	234
Summerat hos konsument	1,4	3,3 ^e	>5 000	<0,050	649

^a Nio prov med förhöjda endotoxinhalter i området >42 – >5 000 EU ml⁻¹ har ignorerats i medelvärdet.

^b Tre prov med förhöjda endotoxinhalter i området 50–86 EU ml⁻¹ har ignorerats i medelvärdet.

^c Tre prov med förhöjda endotoxinhalter i området 61–130 EU ml⁻¹ har ignorerats i medelvärdet.

^d Sju prov med förhöjda endotoxinhalter i området >50 – 94 EU ml⁻¹ har ignorerats i medelvärdet.

^e 22 prov med förhöjda endotoxinhalter i området >42 – >5 000 EU ml⁻¹ har ignorerats i medelvärdet

Beräknat på de 649 proven med kranvatten fann vi att:

- 12 % hade endotoxinhalt ≤ 0,1 EU ml⁻¹
- 29 % hade endotoxinhalt ≤ 0,50 EU ml⁻¹
- 42 % hade endotoxinhalt ≤ 1,0 EU ml⁻¹
- 25 % hade endotoxinhalt ≥ 3,9 EU ml⁻¹
- 10 % hade endotoxinhalt ≥ 10 EU ml⁻¹
- 5 % hade endotoxinhalt ≥ 25 EU ml⁻¹
- 3 % hade endotoxinhalt ≥ 50 EU ml⁻¹
- 1 % hade endotoxinhalt ≥ 100 EU ml⁻¹
- 0,5 % hade endotoxinhalt ≥ 1 900 EU ml⁻¹

Hälften av tappställena (spolade och ospolade, kallvatten och varmvatten) *hade endotoxinhalt mellan ca 0,43–3,9 EU ml⁻¹*. Om vi väljer att se på enbart kallvatten som har spolats så uppvisar hälften av tappställena en endotoxinhalt i området 0,22–3,6 EU ml⁻¹.

4.1.1 Vattenverk

40 prov på utgående dricksvatten togs i 13 vattenverk (Tabell 4-2).

Hur effektivt fungerar nuvarande vattenverk för att sänka endotoxinhalterna från råvatten, t ex från sjöar, åar och älvar? Hur förändras halterna i ledningsnäten och rörinstallationerna? Resultaten från ett antal orter redovisas nedan.

Tabell 4-2 Endotoxinprov från vattenverkens dricksvatten.

Samtliga 13 vattenverk	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Utgående dricksvatten	2,2	2,6	9,3	0,099	40

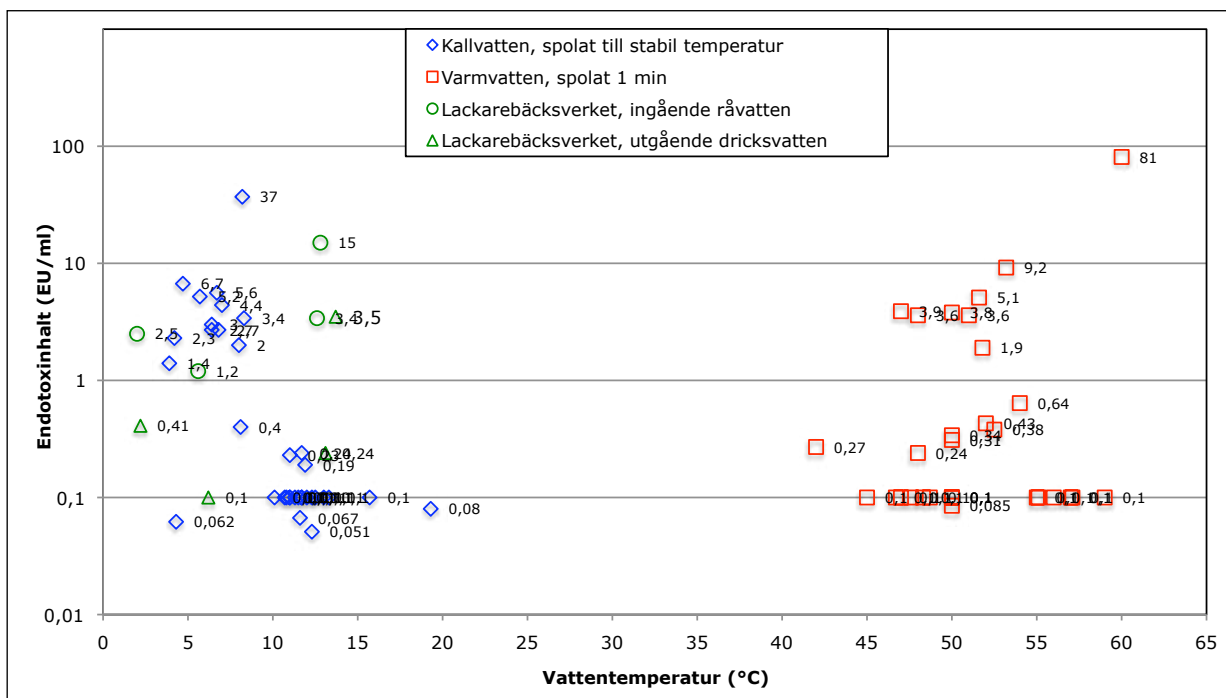
Tabell 4-3 Endotoxinprov från Göteborg.

Göteborg	Endotoxin Medianvärde (EU ml⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml⁻¹)	Antal prov N (st)
Råvatten till Lackarebäckverket	3,0	5,5	15	1,2	4
Dricksvatten från Lackarebäckverket	0,32	1,1	3,4	<0,1	4
Kallvatten, spolat 5 s	1,5	1,5	1,5	1,5	1
Kallvatten, spolat till jämn temp.	<0,10	2,2	37	0,051	36
Varmvatten, spolat 1 min	0,17	3,8	81	1,0	32
Summerat hos konsument	<0,10	2,9	81	0,051	69

Göteborg

Lackarebäckverket lyckades reducera endotoxinhalten från i genomsnitt 5,5 EU ml⁻¹ till 1,1 EU ml⁻¹, dvs. ca 80 % av endotoxinet togs bort i reningsprocessen²⁵ (Tabell 4-3).

Det högsta värdet, 81 EU ml⁻¹, fanns i spolat varmvatten från ett daghem. Tyvärr hade temperaturen ej mätts vid just det tillfället och ytterligare ett. Det näst högsta värdet, 37 EU ml⁻¹, förekom i spolat kallvatten i en villa. Alla andra prov, förutom ett ingående råvattenprov, understeg 10 EU ml⁻¹ (Figur 4-2).



Figur 4-2 Endotoxinhalt som funktion av vattentemperaturen i Göteborg. Provet med högst endotoxinhalt, 81 EU ml⁻¹ har placerats vid 60° C men saknar temperaturuppgift. Åtskilliga prov låg under detektionsgränsen. Flera varmvattenprov hade för låg temperatur.

Hässleholm/Bjärnum

Från Hässleholms vattenverk analyserades 29 vattenprov där 27 var tagna hos konsumenter i Hässleholm och Bjärnum. Endast två av proven var från vattenverkets råvatten resp. dricksvatten. Båda låg under

²⁵ Detta är en uppskattning baserad på endast 8 prov under oktober–maj.

detektionsgränsen 0,5 EU ml⁻¹ och var troligtvis närmare en tiopotens lägre varför det inte går att säga något om reningen av endotoxin.

Högst endotoxinhalt, >5 000 EU ml⁻¹, uppmättes i pastorsexpedition i Bjärnum. Ett äldreboende 300 m därifrån uppvisade förhöjd endotoxinhalt i kallvattnet, 35 EU ml⁻¹, trots fem minuters spolning. Dessa prov jämte förhöjda halter i en simhall kommenteras i diskussionen.

Resterande prov från andra ställen med Hässleholmsvatten låg som högst på 1,1 men de flesta understeg 0,5 EU ml⁻¹.

Hörby

Hörby redovisar 24 vattenprov från 2007-11-01. Den högsta endotoxinhalten, 2,2 EU ml⁻¹, fanns i kallvattnet på en obebyggd tomt som utvalts eftersom förhöjda bakteriehalter tidigare rapporterats därifrån. Vårdcentralen hade varmvatten med 1,4 EU ml⁻¹ som sjönk till 1,1 efter spolning. Det var fem gånger högre jämfört med kallvattnet och indikerar bakterietillväxt lokalt i fastighetens varmvattensystem.

Alla övriga prov låg i området 0,095–0,36. Vattenverkets råvatten hade låga 0,16 som förbättrades obetydligt till 0,099 i utgående dricksvatten.

Karlskrona

Karlskrona redovisar 62 vattenprov som togs i två omgångar under oktober 2006 och november 2007 (Tabell 4-4). Den högsta endotoxinhalten, 36 EU ml⁻¹, fanns i spolat varmvatten på ett apotek. Det var mer endotoxin i provserien från 2007 jämfört med 2006. Detta gällde både råvattnet, dricksvattnet och de flesta ställena ute på nätet.

Tabell 4-4 Endotoxinprov från Karlskrona.

Karlskrona	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Råvatten till vattenverket	22	22	26	17	2
Dricksvatten från vattenverket	3,0	3,0	6,0	0,1	2
Kallvatten, spolat 5 s	4,0	4,0	4,0	4,0	1
Kallvatten, spolat 1 min eller till jämn temp	3,6	6,2	25	0,1	28
Varmvatten, spolat 5 s	8,0	8,0	8,0	8,0	1
Varmvatten, spolat 1 min	4,2	7,5	36	0,10	28
Summerat hos konsument	3,9	6,8	36	0,10	58

Malmö

Från Malmö presenteras 69 prov från 14 olika adresser (Tabell 4-5).

Malmö utmärkte sig med sina jämna värden från den senare halvan av januari 2007. Inga prov stack ut från den stora massan. Det högsta värdet hos en konsument, 8,1 EU ml⁻¹, förekom i ett 53° C varmvattenprov, spolat i fem minuter i ett daghem. Motsvarande kallvatten hade 2,2 EU ml⁻¹. Malmö hade något högre medianvärden jämfört med samtliga svenska prov trots att inga varmvattenprov med 5 sekunders spolning togs.

Flera fastigheter hade varmvatten med för låg temperatur. Ett kontor hade bara 43,8° C efter 5 min spolning.

Tabell 4-5 Endotoxinprov från Malmö. Råvattenprov togs ej.

Malmö	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Dricksvatten från Vombverket taget över elva månader	4,7	5,1	9,3	1,5	11
Dricksvatten från Vombverket ungefär samtidigt som nedanstående prov	2,6	2,6	2,6	2,6	1
Kallvatten, spolat 5 s	2,0	2,4	4,9	0,95	14
Kallvatten, spolat 2 min eller till jämn temp	2,6	3,1	7,8	0,96	27
Varmvatten, spolat 1 min	2,4	3,3	8,1	0,97	28
Summerat hos konsument	2,4	3,0	8,1	0,95	69

Stockholm

Stockholm hade ett omfattande provmaterial med över 100 prov (Figur 4-3) vilket tillät oss att göra fler diagram och dra slutsatser.

Vattenverken lyckades reducera endotoxinhalterna från i genomsnitt 11,7 EU ml⁻¹ till 3,0 EU ml⁻¹, dvs ca 75 % av endotoxinet togs bort i reningsprocessen²⁶ (Tabell 4-6).

Tabell 4-6 Endotoxinprov från Stockholm.

Stockholm	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Råvatten till Lovöverket	10	10	10	10	1
Dricksvatten från Lovöverket	2,8	2,8	3,1	2,4	2
Råvatten till Norsborgs VV	12,5	12,5	13	12	2
Dricksvatten från Norsborgs VV	3,2	3,2	3,5	2,8	2
Kallvatten, spolat 5 s	5,5	11	>50	1,1	21
Kallvatten, spolat 1–5 min	3,8	4,3	15	1,0	41
Varmvatten, spolat 1–5 min	3,8	9,7	>50	1,0	36
Summerat hos konsument	3,9	7,7	>50	1,0	98

I Stockholm förekom det inte ett enda prov som hade endotoxinhalt under 1 EU ml⁻¹. Detta var också väntat eftersom utgående dricksvatten hade fyra prov samlade i intervallet 2,4 till 3,5. 15–20 % av proven låg över 10 EU ml⁻¹ men detta ska ses med bakgrund av att de samarbetsvilliga cheferna ville leta upp potentiella platser med förhöjda halter, t ex sådana med dåligt omsatt vatten.

Kommentarer till de högsta värdena

Ett varmvattenprov (spolat i en minut) från en flerfamiljsfastighet indikerade betydligt²⁷ över 50 EU ml⁻¹. Efter fem minuters spolning var endotoxinhalten nere i 21 EU ml⁻¹.

Ett kallvattenprov (spolat 5 s) från en större fastighet som tidigare använts som sjukhus indikerade strax över 50 EU ml⁻¹ liksom varmvattenproven spolade 1 och 5 min.

Stockholm Vattens huvudkontor hade 29 resp. 23 EU ml⁻¹ i varmvatten spolat 1 resp. 5 min. Kallvattnet med 9,8 EU ml⁻¹ höll höga 24° C trots spolning i 2 min i slutet av november. Provtagningen sked-

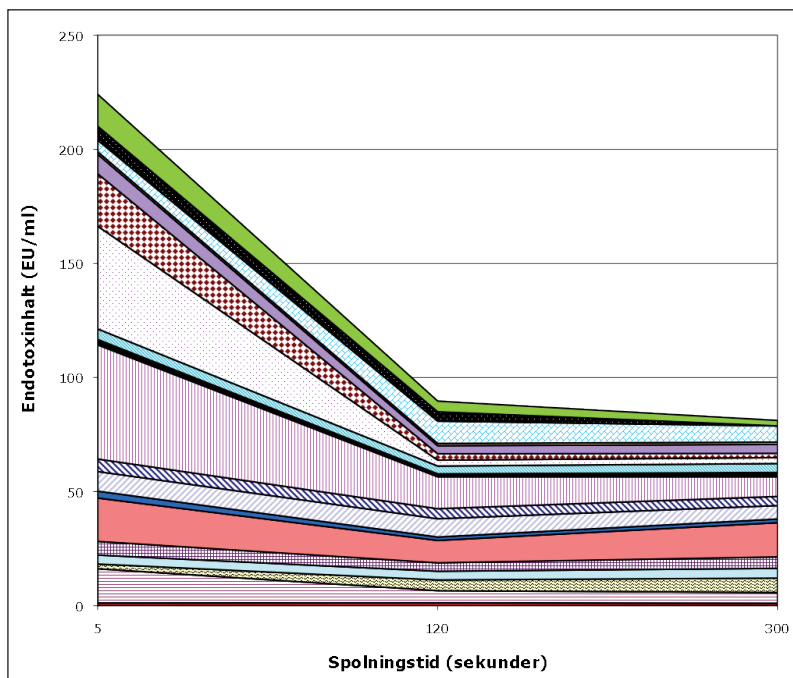
²⁶ Detta är en uppskattning baserad på sju prov.

²⁷ Reaktionstiden indikerar en endotoxinhalt omkring 100 EU ml⁻¹.

de längst upp i denna stora fastighet en måndag morgon varför vattnet var dåligt omsatt.²⁸ Detta var det varmaste spolade kallvattenprovet i Stockholm och temperaturen överskred även alla ospolade kallvattenprov i Stockholm utom ett.

Inverkan på endotoxinhalten av spolning

Stockholm Vatten tog ut kallvattenprov hos 18 konsumenter efter 5, 120 och 300 sekunders spolning. Figur 4-4 visar att endotoxinhalten minskade med 60 % i genomsnitt om man spolade två minuter istället för att ta vattnet redan efter fem sekunder. Ytterligare spolning i tre minuter medförde obetydlig förbättring.



Figur 4-4 Effekter på endotoxinhalten efter spolning av kallvattnet i Stockholm. Prov har tagits på 18 olika adresser efter spolning 5, 120 samt 300 sekunder. Medelvärde på endotoxinhalten var då 12; 4,7 respektive 4,5 EU ml⁻¹. Endotoxinhalten har ackumulerats i diagrammet. Varje färg symboliserar en adress.

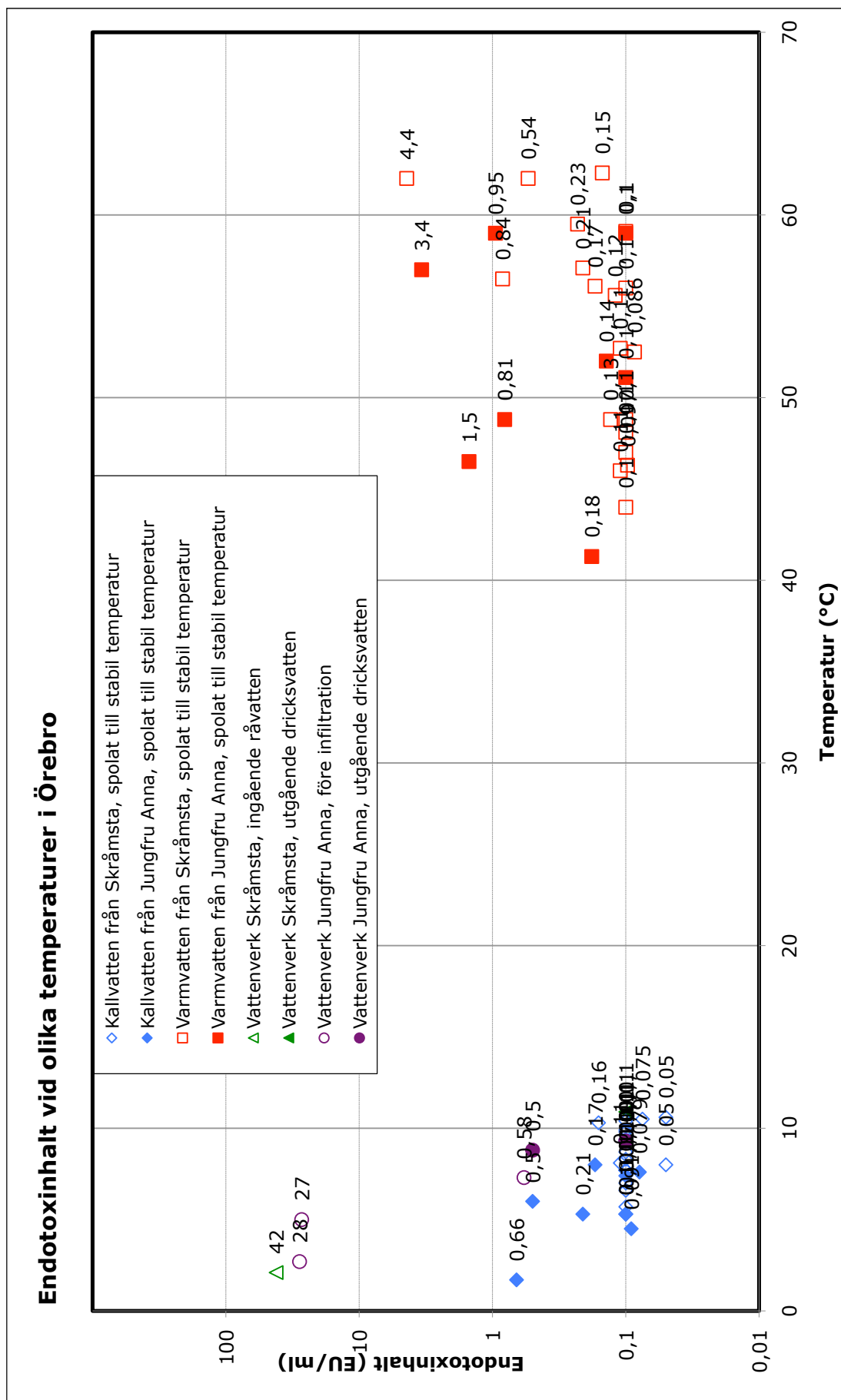
Örebro

Skråmsta vattenverk

Skråmsta vattenverk lyckades reducera endotoxinhalten från 42 EU ml⁻¹ till <0,3 EU ml⁻¹, dvs mer än 99 % av endotoxinet togs bort i reningsprocessen²⁹. Eftersom utgående dricksvatten låg under detektionsgränsen vid den aktuella analysen (0,5 resp. 0,1) men prov ute på nätet uppmätte <0,05 EU ml⁻¹ vid senare analyser, var avskiljningen av endotoxin sannolikt minst 99,9 %. Detta är ett utomordentligt bra resultat som borde bekräftas med en årsstudie där rå- och dricksvatten jämförs eftersom de få proven vid vattenverket var från den kalla tiden

²⁸ Enligt Stockholm Vattens erfarenheter (Christer Berg, pers. medd.) är det fullt normalt att kunna spåra tecken på nedsatt vattenomsättning i form av nedsatt halt aktivt klor och förhöjt antal långsamväxande mikroorganismer i stora kontor efter en helg.

²⁹ Detta är en uppskattning baserad på 3 prov.



Figur 4-5 Endotoxinhalt som funktion av vattentemperaturen i Örebro

Tabell 4-7 Endotoxinprov från Örebro, Skråmsta vattenverk.

Örebro, Skråmsta VV (VV = vattenverk)	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Råvatten till VV	42	42	42	42	1
Dricksvatten från VV	<0,3	<0,3	<0,5	<0,1	2
Kallvatten, spolat till jämn temperatur	<0,10	0,10	0,16	<0,05	19
Varmvatten, spolat 1 min	0,12	0,43	4,4	0,086	18
Sammantaget kranvatten	<0,10	0,26	4,4	<0,05	37

Tabell 4-8 Endotoxinprov från Örebro, Jungfru Annas vattenverk.

Örebro, Jungfru Annas VV (VV = vattenverk)	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Inkommande vatten till Jungfru Annas VV	28	28	28	27	2
Dricksvatten från VV	<0,3	<0,3	<0,5	<0,1	2
Kallvatten, spolat till jämn temperatur	0,14	0,24	0,66	0,079	8
Varmvatten, spolat 1 min	0,50	0,90	3,4	<0,1	8
Sammantaget kranvatten	0,18	0,57	3,4	0,079	16

av året. Det hade varit intressant att fastställa om vattenverket verkligen fungerar så här bra året runt.

Det "sämsta" spolade kallvattenprovet ute på nätet med vatten från Skråmsta hade utomordentligt låga 0,16 EU ml⁻¹ och flertalet prov låg under detektionsgränserna 0,1 och 0,05 (Figur 4-5). Då ska vi betänka att Skråmsta samtidigt hade högst endotoxinhalt i råvattnet av alla undersökta vattenverk; 42 EU ml⁻¹ (Tabell 4-7).

Jungfru Annas vattenverk

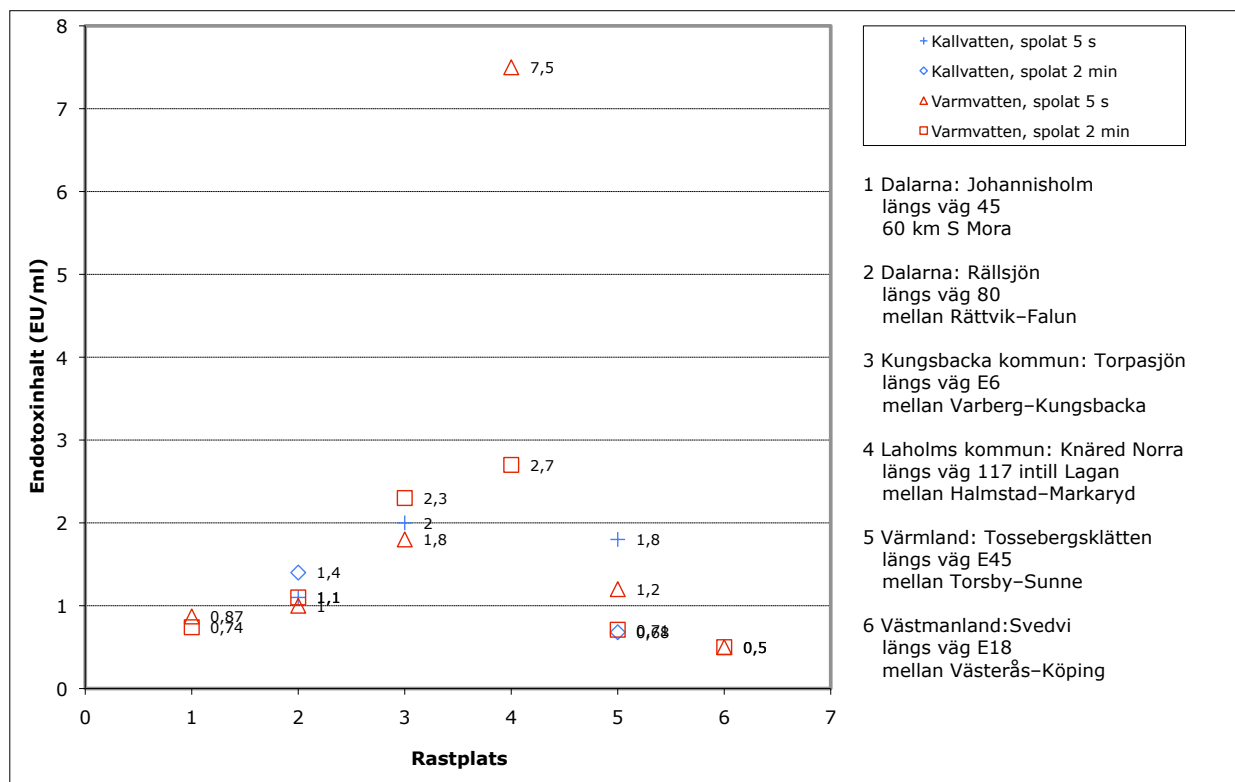
I området försörjt av Jungfru Annas vattenverk var det lite sämre resultat ute på nätet jämfört med Skråmsta. Det sämsta spolade kallvattenprovet hade 0,66 EU ml⁻¹, dvs fyrdubbel endotoxinhalt jämfört med det sämsta provet från nätet försörjt av Skråmsta. Medel- och medianvärdena ute på nätet var ungefär dubbelt så höga hos abonnenterna kopplade till Jungfru Annas vattenverk (Tabell 4-8).

4.1.2 Rastplatser

Vattnet undersöktes vid sex av Vägverkets rastplatser: Johannisholm och Rällsjön i Dalarna, Torpasjön och Knäred i Halland, Tøssebergskläppen i Värmland och Svedvi i Västmanland. Endotoxinhalten varierade mellan 0,5 och 7,5 EU ml⁻¹. Högst halt uppmättes i Knäred och lägst i Svedvi (Figur 4-6).

4.1.3 Sjukhus

Vatten från 20 sjukhus undersöktes (Figur 4-7). De flesta proven togs av oss under tre sammanhängande dygn av samma person med samma metodik. Sjukhusen i Kristianstad och Karlshamn undersöktes av oss vid annat datum. Sjukhusen i Bromma, Karlskrona, Örebro och det



Figur 4-6 Endotoxinhalter i 17 vattenprov vid sex av Vägverkets rastplatser.

f.d. sjukhuset i Norrtull (Stockholm) kom med på respektive vattenverks provtagningsrunda.³⁰

För det mesta låg de olika provens endotoxinhalter (kallvatten/varmvatten/kort och lång spolning) ganska samlade för respektive sjukhus. I allmänhet varierade halterna ungefär en faktor 10:1 om man jämförde endotoxinhalten i det sämsta och bästa provet inom ett sjukhus.

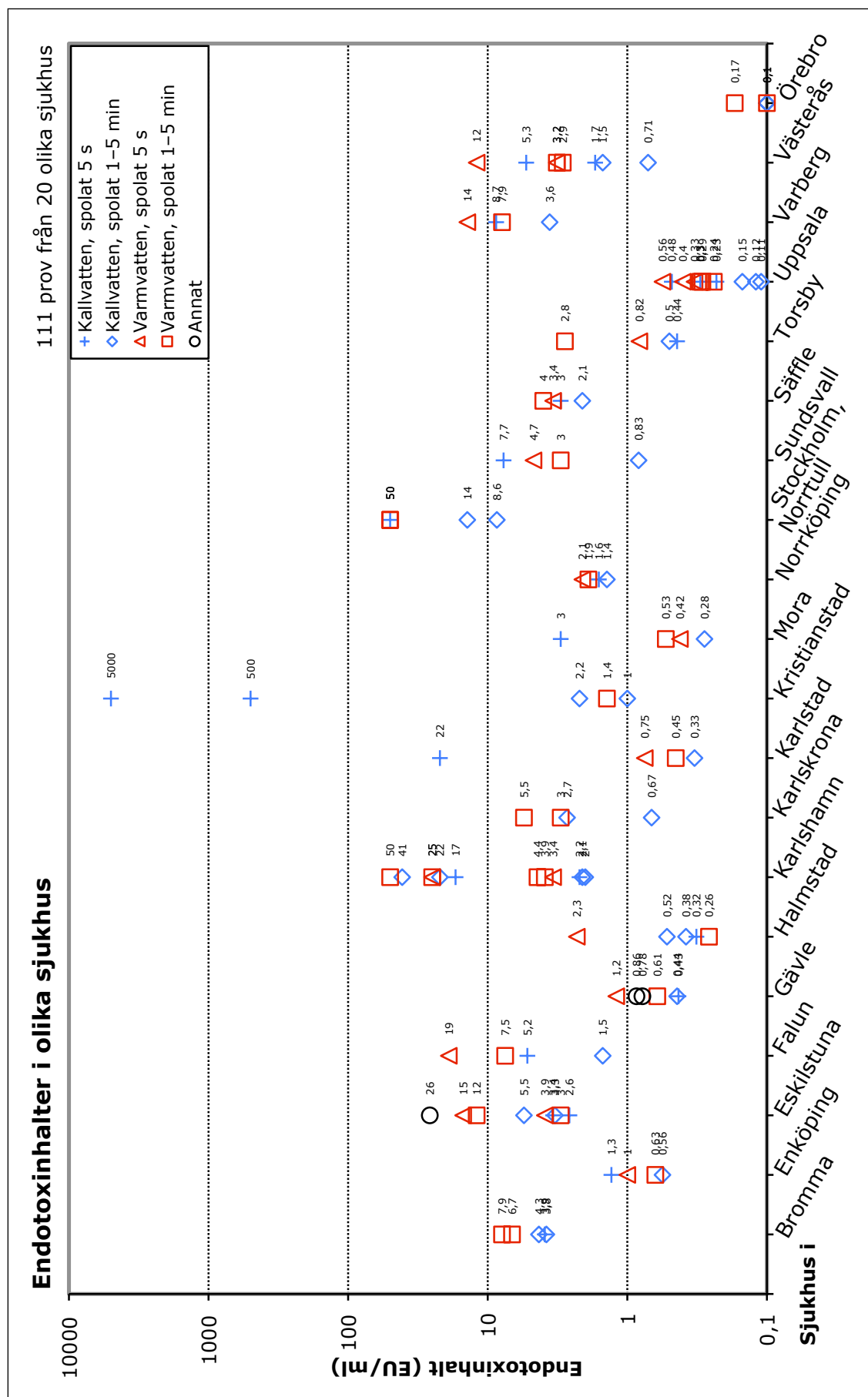
Halterna varierade betydligt mer mellan de olika sjukhusen (orterna) än inom sjukhusen. Spolat varmvatten hade högre medelvärde än de andra kategorierna (Tabell 4-9).

Tabell 4-9 Endotoxinprov från svenska sjukhus.

Sjukhus	Endotoxin Medianvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Medelvärde ^a (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Maxvärde (EU ml ⁻¹)	Endotoxin Minvärde (EU ml ⁻¹)	Antal prov N (st)
Kallvatten, spolat 5 s	3,0	6,4	>5 000	0,23	24
Kallvatten, spolat 1–5 min	0,67	3,9	41	<0,10	33
Varmvatten, spolat 5 s	2,8	5,7	25	0,33	20
Varmvatten, spolat 1–5 min	3,0	8,4	>50	<0,10	31
Sammanlagt kranvatten	2,2	6,1	>5 000	<0,10	108

^a Två extremvärden på >5 000 respektive >500 EU ml⁻¹ har ej räknats in i medelvärdena.

³⁰ Dessa fyra har ej haft några prov från övre våningsplan vilket togs på de andra sjukhusen. Spolningstiden här har också varit något annorlunda; kallvattnet har spolats till stabil temperatur medan varmvattnet spolats en minut.



Figur 4-7 Endotoxinhalter i olika sjukhus. (Norrtull fungerar dock inte längre som sjukhus.)

Centralsjukhuset i Kristianstad

Centralsjukhuset utmärkte sig med höga halter som var mycket ojämna då analyserna upprepades med olika spädningar. (Värdena har ej medräknats i ovanstående medelvärden.) T ex så uppmättes på bottenplan inne på en damtoalett, ospolat kallvatten: >100; >500; 60 och 47 EU ml⁻¹. Analyserna var ändå jämna med en CV avvikelse på endast 0,0; 0,5; 0,4 resp. 11 % mellan replikaten. Mätningen som indikerade >500 EU ml⁻¹ pekar på att värdet då låg i intervallet 1 000–5 000 EU ml⁻¹. På plan 14 uppmättes först >96 EU ml⁻¹ utan spädning. Då provet späddes 1:100 uppmättes >5 000 EU ml⁻¹ och värdet låg nog närmare 10 000 i den analysen!

Mälarsjukhuset i Eskilstuna

Prov togs från en handddusch på plan 18 längst bort från inkommande ledning. Duschen hade inte använts på länge enligt personalen. Här var endotoxinhalten förhöjd; 26 EU ml⁻¹ efter 5 sekunders spolning med blandaren på mittläget. Detta kan jämföras med halter på 2,6; 5,5; 15 och 12 i en vanlig kran strax intill duschen.

Gävle sjukhus

Prov togs även från ett par tappställen som används för att fylla muggar i restaurangen. Analyserna visade låga värden, 0,86 EU ml⁻¹ i kallvattenkranen resp. 0,78 i en "Kafébar" med hett vatten. Endotoxinhalterna avvek obetydligt från halterna i sjukhusets övriga vattenprov.

Endotoxinhalt som funktion av vattentemperaturen i sjukhus

Vi fann inte något starkt samband mellan vattnets temperatur och endotoxinhalten på sjukhusen (Figur 4-8). De prov som hade endotoxinhalt på eller under detektionsgränsen (0,1 EU ml⁻¹) var samtliga spolade 1–5 minuter. Spolning av kallvattnet sänkte medianvärdet 4,5 gånger; från 3 till 0,67 EU ml⁻¹. Däremot ökade endotoxinhalten något vid spolning av varmvattnet.

Endotoxinhalt jämförd vid korta och långa rörledningar i sjukhus

Vi hade förväntat oss att ökad rörlängd skulle ge högre endotoxinhalter högst upp i husen men vi fick det överraskande resultatet att endotoxinhalterna i två sjukhus (Karlshamn och Uppsala) var högre långt ned i husen närmare inkommande vattenledning än på de översta våningarna (Figur 4-9). (Sjukhuset i Eskilstuna hade dock omvänt förhållande.) Sjukhuset i Uppsala hade så låga endotoxinhalter att vi ej kan dra några slutsatser om skillnaderna där.

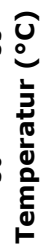
Ljummet kallvatten på några sjukhus

Den högsta temperatur som uppmättes på tappkallvattnet efter spolning i 2 minuter var 18,4° C på Norrtulls sjukhus 061127. Kristianstad hade 18,1° C på 14:e våningen 061103. Övriga sjukhus hade kallvattentemperatur under 18° C.

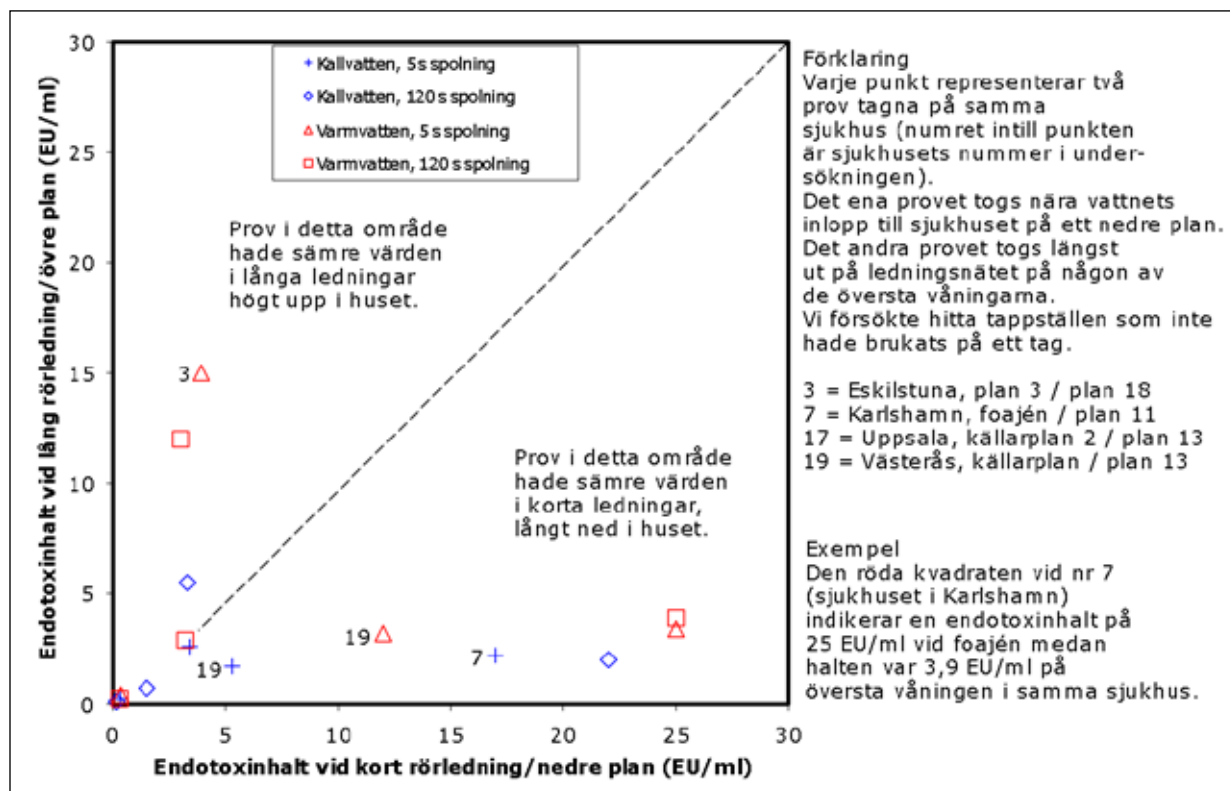
En ökning av spolningstiden från 2 till 5 minuter sänkte kallvattentemperaturen endast marginellt.

I Karlshamn på 11:e våningen fick man följande prov (Tabell 4-10). Temperaturen sjönk relativt mycket vid spolning i en minut. Att spola 2–5 minuter gav inte mycket mer temperatursänkning. Spolningen påverkade först inte endotoxinhalten men vid 5 minuter uppmättes en närmare **20-faldig ökning** som kommenteras i diskussionskapitlet.

103 prov i 20 fastigheter. Två extremvärden är borttagna.



40



Figur 4-9 Endotoxinhalt som funktion av rörledningarnas längd i sjukhus. 32 prov från fyra sjukhus.

Tabell 4-10 Blekingesjukhuset Karlshamn plan 11. Temperatur och endotoxinhalt i kallvattnet efter olika lång spolning.

Spolningstid (s)	Kallvattentemperatur (°C)	Endotoxinhalt (EU ml ⁻¹)
5	21,4	2,2
60	15,4	2,1
120	14,3	2,0
300	13,8	41

Låg varmvattentemperatur på några sjukhus

Kravet på en lägsta tillåtna tappvarmvattentemperatur på 50° C uppfylldes inte på fyra av tjugo sjukhus (Tabell 4-11).

Blekingssjukhuset Karlshamn utmärkte sig negativt med endast 23° C efter 1 min spolning av varmvattnet. Detta tyder på att varmvattencirkulationen ej är korrekt utförd vilket torde medföra risk för oönskad bakterietillväxt i rörsystemet. Detta syntes dock inte i endotoxinhalten som var 4,4 EU ml⁻¹ i provet från 11:e våningen. Det var betydligt lägre än 25 EU ml⁻¹ som uppmättes i foajén på damtoaletten

Tabell 4-11 Sjukhus i undersökningen med varmvattentemperatur som understeg 50° C efter spolning.

Sjukhus	Temperatur (°C)	Varmvatten, spolningstid (min)	Endotoxinhalt (EU ml ⁻¹)
Blekingesjukhuset Karlshamn	23	1	4,4
Lasarettet i Enköping	47,4	2	0,63
Centralsjukhuset i Kristianstad	47,9	1	1,4
Blekingesjukhuset Karlshamn	48,7	2	3,9
Bromma sjukhus, Beckomberga	48,7	1	6,7
Blekingesjukhuset Karlshamn	49,7	5	>50

där varmvattnet var 51,5° C efter motsvarande spolning. Vid lång spolning fick vi en mer än **tiofaldig** ökning av endotoxinhalten på liknande sätt som för kallvattnet.

4.1.4 Enskilda brunnar

Nio enskilda fastigheter med egen brunn togs med i undersökningen för att se hur deras vatten stod sig jämfört med kommunalt vatten (Figur 4-11).

Det visade sig vara mycket stor variation på vattenkvaliteten i de enskilda brunnarna. Brunnen (fastighet nr 7) som försörjer Ljungbyheds Flygklubb hade bland de lägsta och bland de jämnaste endotoxinhalterna vi uppmätt i undersökningens alla kategorier av vatten trots att det kommer från en bara ca 6 m djup grävd brunn utan någon behandling alls av vattnet. Halterna låg strax över vår lägsta detektionsgräns (0,05) med 0,087–0,16 EU ml⁻¹. Detta vatten sägs komma från en underjordisk reservoar under Klövahallar, en förkastning omgiven av skog på Söderåsen, med liten bebyggelse och ringa jordbruk. Vattnet anses av lokalbefolkningen som mycket bra.

Men flera av de andra enskilda brunnarna hade höga endotoxinhalter! En gård (Figur 4-10) norr om Hässleholm toppade kategorin med sina prov samlade i intervallet 70–130 EU ml⁻¹. Det vattnet kommer också från en grävd brunn med ca 6 m djup. Proven togs från en dusch. Trots tre minuters spolning av varmvattnet blev det inte mer än 38,4° C pga dålig funktion på termostatblandaren genom att termostaten aldrig stängde på kallvattensidan. (Den elektriska varmvattenberedaren uppgavs vara ställd på 70° C).



Figur 4-10

Denna idylliska lantegendom i norra Skåne hade de högsta uppmätta endotoxinhalterna av fastigheterna med egna brunnar. Halterna på varmt och kallt duschvatten låg mellan 70 och 130 EU ml⁻¹.

Foto^a: Johan Forssblad.

4.2 Säsongsmässig variation av endotoxin och microcystin i dricksvatten

Vid två olika vattenverk undersöktes halten av endotoxin i dricksvattnet varje månad under närmare ett års tid för att se hur endotoxinhalten varierade över tiden. Även microcystinhalten undersöktes för att jämföra med endotoxinhalten.

4.2.1 Säsongsstudie i Ringsjöverket

Prov togs månatligen på utgående dricksvatten från Ringsjöverket mellan juli 2006 och april 2007. Endotoxinhalten varierade mellan 0,65 som lägst (juni 2007) och 2,8 som högst (juli 2006) (Figur 4-12). Medelvärdet var 1,8 EU ml⁻¹. Inget microcystin detekterades i något prov.

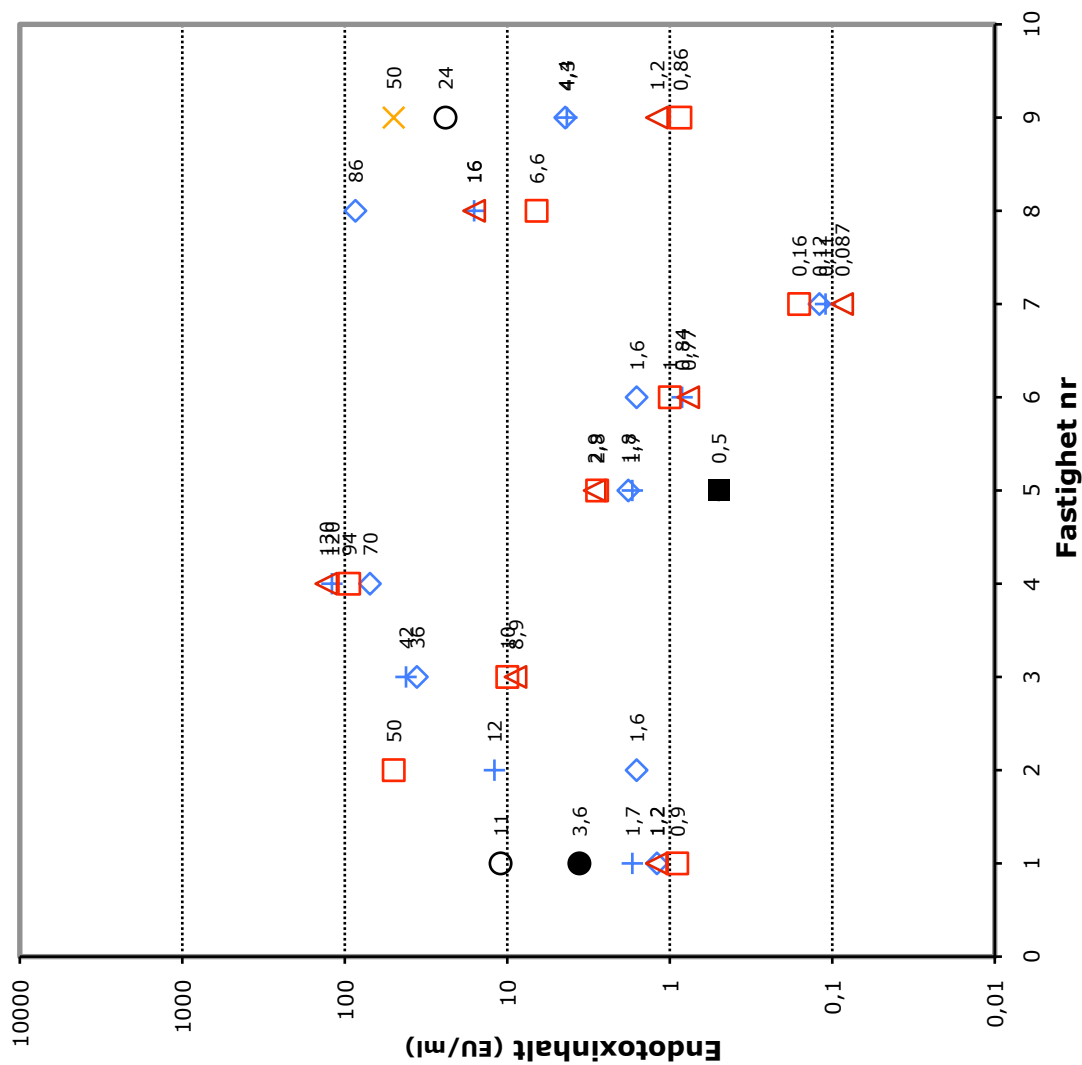
4.2.2 Säsongsstudie i Vombverket

Prov togs månatligen på utgående dricksvatten från Vombverket mellan augusti 2006 och juni 2007. Endotoxinhalten varierade mellan 1,5 som lägst (mars 2007) och 9,3 som högst (april 2007) (Figur 4-13). Medelvärdet var 5,1 EU ml⁻¹. Inget microcystin detekterades³¹ här heller.

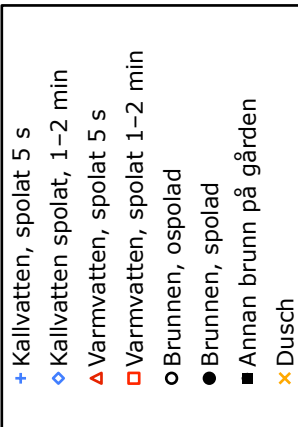
³¹ Under perioden 1994–1996 påträffades microcystin, 0,05–0,88 µg l⁻¹, i utgående dricksvatten.

^a Flygfoto granskat av Försvarmakten och godkänt för spridning, HKV 10 830: 68227.

Endotoxinhalt i vatten från fastigheter med egen brunn

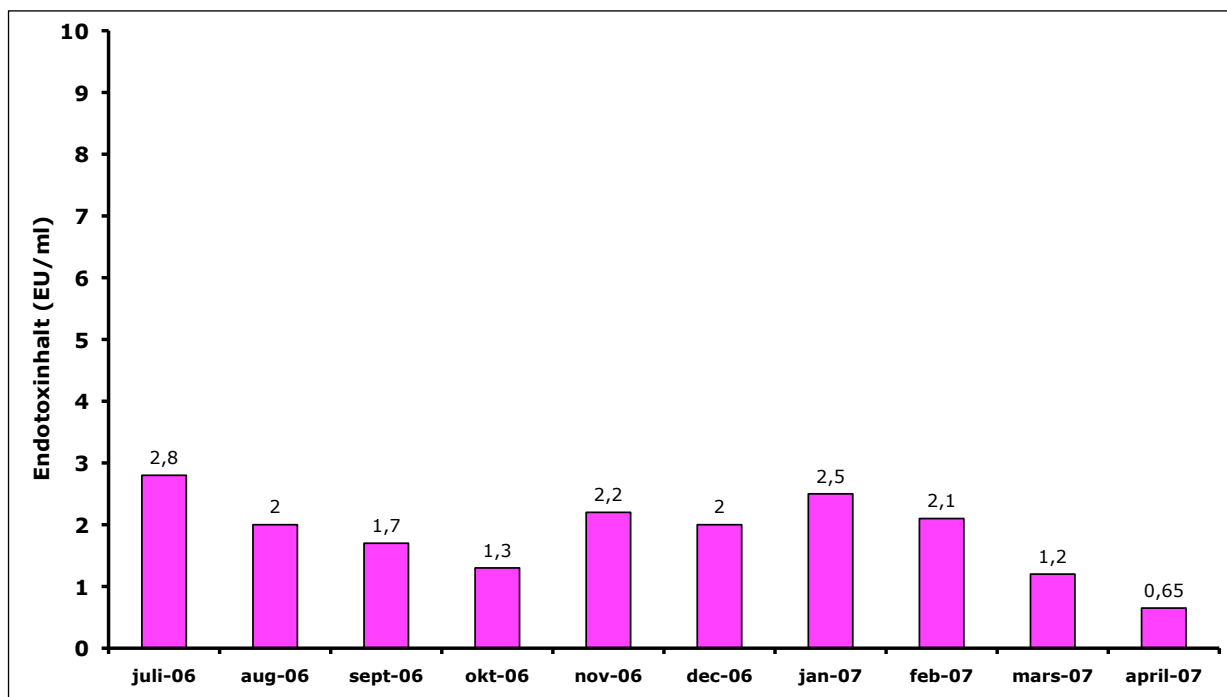


40 prov från 9 fastigheter

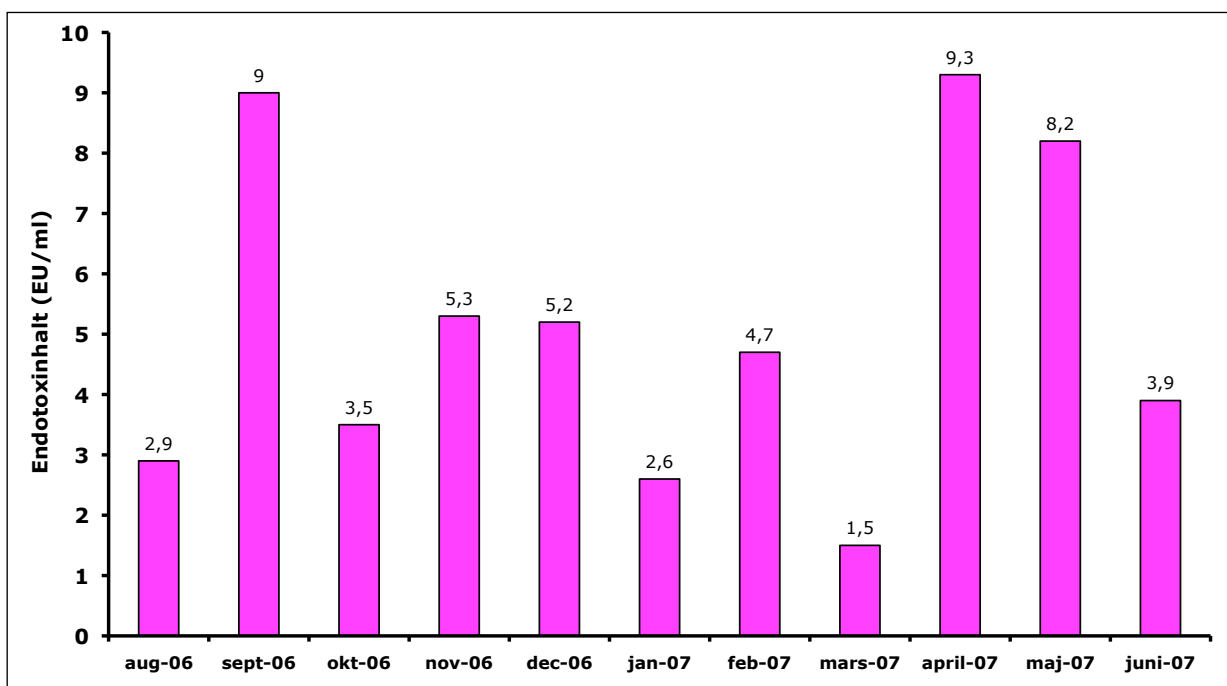


- 1 Hässleholms kommun, Underjordisk berganläggning, egen brunn, borrhäls.
- 2 Hässleholms kommun: Bjärnum, Lilla Matteröd 3035, egen brunn, borrhäls.
- 3 Hässleholms kommun: Hästveda, Luhur, egen brunn, grävd.
- 4 Hässleholms kommun: Vankiva, Koboda 2557, egen brunn, grävd (dusch).
- 5 Hässleholms kommun: Vittsjö, Dunkersvik, egen brunn, borrhäls (används & grävd (anv. ej - låg under det. gräns 0,50)).
- 6 Karlskrona kommun: Karlskrona, Strömshall, egen brunn, borrhäls.
- 7 Klippans kommun: Ljungbyhed, Bonarp, Ljungbyheds Flygklubb, egen brunn, grävd.
- 8 Markaryds kommun, Sånna 4592, egen brunn, grävd.
- 9 Ronneby kommun: Backaryd, Skärvöglsvägen 33, egen brunn, grävd.

Figur 4-11 Endotoxinhalt i nio fastigheter med egen brunn.



Figur 4-12 Endotoxinhalt i utgående dricksvatten från Ringsjöverket mellan juli 2006 och april 2007.



Figur 4-13 Endotoxinhalt i utgående dricksvatten från Vombverket mellan augusti 2006 och juni 2007.

4.3 Endotoxin i vatten med förekomst av mikroalger

Två olika studier av toxiner och mikroalger i ytvatten utfördes. I den första studien undersöktes endotoxin och microcystin i 27 ytvatten med olika slags mikroalger (Figur 4-14). I den andra studien mättes endotoxin i fem sjöar som dominerades av *Gonyostomum semen*.

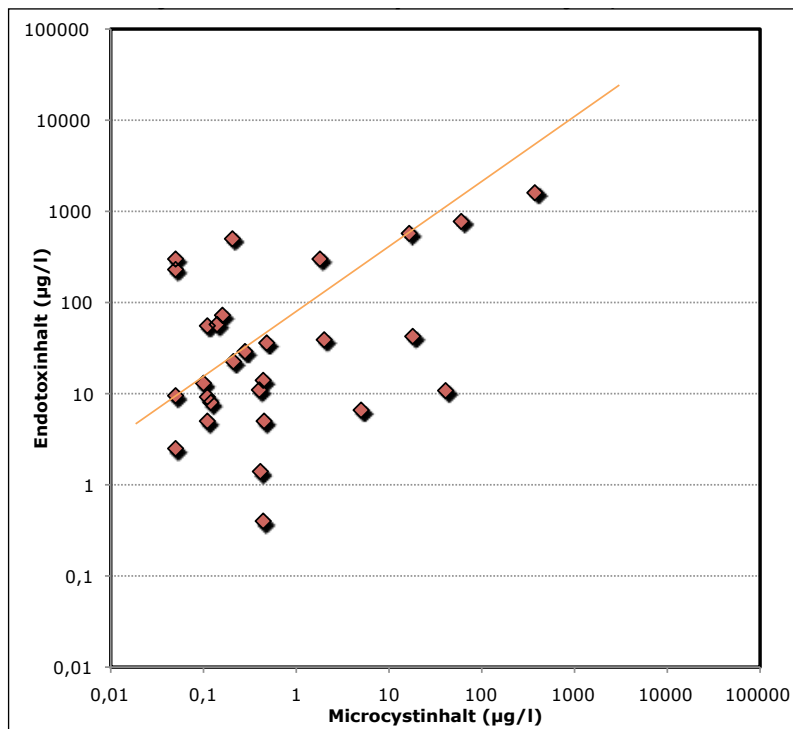
4.3.1 Endotoxin och microcystin i 27 sjöar, dammar och floder i sex länder

I studien av endotoxin och microcystin i 27 sjöar, floder och dammar (Tabell 4-12) varierade endotoxinhalten mellan 1 600 µg l⁻¹ (Lilla Pildammen, Malmö) och 0,4 µg l⁻¹ (Sjön Salen, Småland). Medianvärdet för endotoxin var 22 µg l⁻¹ (≈220 EU ml⁻¹) och medelvärdet var ca 160 µg l⁻¹. (≈1 600 EU ml⁻¹).

Även högst microcystinhalt, 370 µg l⁻¹, uppmättes i Lilla Pildammen. Microcystin låg under detektionsgränsen i Skärshultssjön i Aneboda samt i två dammar i Mozambique. Medianvärdet för microcystin var 0,4 µg l⁻¹ och medelvärdet var 19 µg l⁻¹.

Tabell 4-12 Endotoxin och microcystin i ytvattenprov från 27 sjöar, dammar och floder i 6 länder. Sorterad efter endotoxinhalt. Svenska platser avses om land ej angivits. CB = Cyanobakterier, EM = Eukaryota mikroalger.

Datum	Sjö/vattendrag/damm	Endotoxin (µg/l)	Microcystin (µg/l)	Domineras av	Dominerande taxa
1999-08-11	Lilla Pildammen, Malmö	1600	370	CB	Microcystis aeruginosa
1998-10-20	Volley Bay, Chivero-sjön, Harare, Zimbabwe	770	60	CB	Microcystis spp.
1999-07-21	Funbosjön, Uppsala	570	16	CB	Microcystis sp., Anabaena spiroides
2007-05-14	Viktoriasjön, Kaloka, Kenya	500	0,20	CB	Microcystis botrys, M.flos-aquae, Anabaena sp.
2002-09-24	Damm, 25 Settembre Village, Mozambique	300	<0,1	EM	Ögonalger (Euglena sp.)
2002-09-26	Damm, Rangane, Mozambique	230	<0,1	CB	Cylindrospermopsis, Anabaenopsis
2000-05-15	Viktoriasjön, Entebbe, Uganda	72	0,16	CB	Anabaena sp., Aphanocapsa sp., Planktolyngbya spp.
1999-08-31	Södra Bergundasjön, Växjö	58	0,14	CB	Anabaena pertubata
1999-04-20	Damm vid Bwawani, Zanzibar	56	0,11	EM	Dinoflagellater
1998-09-03	Svartbyträsket, Boden	42	18	CB	Anabaena sp., Microcystis botrys
1999-07-27	Sövdesjön, Sövde	39	2	CB	Microcystis spp., Anabaena spp.
1999-08-11	S. Slottsparksdammen, Malmö	36	0,48	EM	Grönalger (Pandorina sp.), småcelliga cyanobakterier
1999-08-11	Västra Öresundsdammen	29	0,28	CB	Microcystis spp.
2002-09-26	Lagun, Nhambavele, Mozambique	22	0,21	CB	Cylindrospermopsis, Anabaenopsis
2002-09-26	Lagun, Chidengule, Mozambique	14	0,44	CB	Microcystis spp.
1999-07-25	Värsjön, Örkelljunga	13	0,1	CB	Anabaena sp.
1999-08-31	Växjösjön	11	0,4	EM	Dinoflagellater (Ceratum hirundinella)
1999-08-19	Norra Bergundasjön, Växjö	11	41	CB	Microcystis spp.
1999-04-20	Damm vid Mahruhubi, Zanzibar	9,2	0,11	EM	Ögonalger, (Trachelomonas sp.)
1999-04-16	Naivasha-sjön, Naivasha, Kenya	8	0,12	EM	Kiselalger (Aulacoseira sp.) Grönalger (Pediastrum duplex, P. simplex)
2001-03-05	Kapingazi, Embu, Kenya	6,6	5	CB	Oscillatoria sp., Microcystis sp.
2007-10-03	Luhrsjön, Påarp, Hästveda	5,1	0,96	CB	Microcystis wesenbergii, Microcystis firma,
1999-04-20	Damm vid Kitope, Zanzibar	5	0,11	EM	Kiselalger (Pinnularia sp.)
1999-08-07	Bjälrlången, Bjärnum	5	0,45	CB	Aphanizomenon klebahnii
1999-08-31	Skärshultssjön, Aneboda	2,5	<0,1	EM	Guldalger (Synura sp.), Gonyostomum
1999-09-23	Växjösjön, Växjö	1,4	0,41	CB	Snowella littoralis
1999-08-23	Salen	0,4	0,44	EM	Blandat algsamhälle



Figur 4-15 Endotoxinhalt jämförd med microcystinhalt i 27 sjöar, dammar och floder i sex länder. OBS! Endotoxinhalt i $\mu\text{g/l}$. (Endotoxinhalten i EU/ml ger ca 10 ggr högre värden.)

En slutsats dragen ur Figur 4-15 är: Förekommer det hög microcystinhalt ($>10 \mu\text{g/l}$) så finns det troligtvis hög endotoxinhalt ($>5 \mu\text{g l}^{-1} \approx >50 \text{ EU ml}^{-1}$). Om det finns hög endotoxinhalt behöver det däremot inte innebära att microcystinhalten är hög.

Toxiska cyanobakterien *Cylindrospermopsis*

I två av dammarna med mycket hög endotoxinhalt, 230 respektive 300 $\mu\text{g l}^{-1}$, detekterades inget microcystin. Den första dammen dominerades av cyanobakterierna *Cylindrospermopsis* och *Anabaenopsis* som dock inte producerade microcystin vid provtagningstillfället. Den andra dammen dominerades av ögonalgen *Euglena sp.* som aldrig har visats kunna producera microcystin.

Gelébildande cyanobakterien *Microcystis* orsakar hög endotoxinhalt

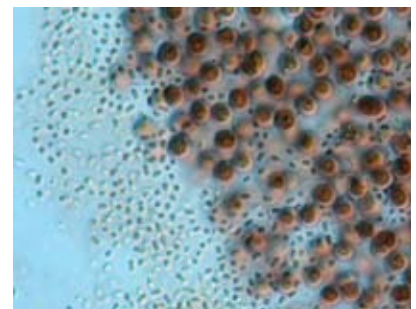
Proven från Lilla Pildammen i Malmö; Chiverosjön, dricksvattentäkt i Zimbabwe; Funbosjön i Uppsala samt Viktoriasjön vid byn Kaloka i Kenya hade högst endotoxinhalt av de 28 provtagningsplatserna. Samtliga fyra dominerades av cyanobakterien *Microcystis* (Figur 4-16). I två av sjöarna förekom även cyanobakterien *Anabaena*.



Figur 4-14

Provtagning av endotoxin och microcystin i lagunen Chidengule i Mozambique.

Foto: Heléne Annadotter.



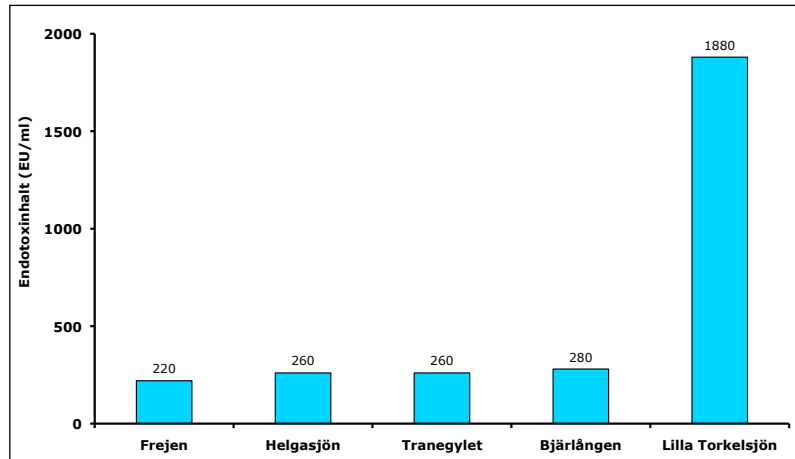
Figur 4-16

Lipopolysackarider är en del av det yttre membranet av cellväggen hos cyanobakterier och gramnegativa bakterier. Cyanobakterien *Microcystis* kan producera gelé runt kolonin. I gelén frodas gramnegativa bakterier och småcelliga cyanobakterier.

Foto: Gertrud Cronberg.

4.3.2 Endotoxin i fem sjöar med dominans av *Gonyostomum semen*

Fem sjöar som dominerades av *Gonyostomum semen* undersöktes med avseende på endotoxinhalt. Samtliga visade sig ha hög halt; 220–1 880 EU ml⁻¹ (Figur 4-17). Lilla Torkelsjön i Blekinge hade högst halt.



Figur 4-17 Endotoxinhalt i fem sjöar som dominerades av *Gonyostomum semen*.

5. Diskussion

5.1 En kort resumé över resultaten

I denna studie hade hälften av proven från kranvatten endotoxinhalt mellan ca 0,4 och 4 EU ml⁻¹. 20 % av proven hade måttligt förhöjd halt, 4–25 EU ml⁻¹, medan 5 % hade högre än 25 EU ml⁻¹. 1 % hade halt över 100 EU ml⁻¹ vilket kan ge hälsoproblem om man andas in aerosoler av vattnet i samband med dusch eller bad, vistelse nära vattenspridare eller högtryckstvättning.

Endotoxin i inkommande råvatten varierade starkt mellan de olika vattentäkterna. Lägst halt, <0,5 EU ml⁻¹, förekom i grundvatten. I råvatten från ytvatten var endotoxinhalterna mellan 5,5 och 42 EU ml⁻¹. Göteborgs råvatten från näringsfattiga Delsjöarna hade lägst endotoxinhalt medan Örebro, som tar sitt vatten från den närsaltsbelastade Svartån, hade högst.

Reduktionen av endotoxin i vattenverken varierade från i stort sett obefintlig till 99,9 %. Den var till stor del beroende på hur avancerad reningsprocessen var. (Troligtvis kan endotoxinhalten både öka och minska i vattenverkens processanläggningar men vi har mätt resultatet i det utgående dricksvattnet.)

Endotoxinhalten hos abonnenterna hängde samman med halten i det utgående dricksvattnet. Vattenverken med låg endotoxinhalt i dricksvattnet hade i allmänhet en lägre procentuell ökning av halterna ute på nätet jämfört med vattenverk med högre endotoxinhalt i dricksvattnet. Undantag fanns där desinficering ej skedde.

5.2 Endotoxinhalternas variation över tiden

Med tanke på att mängden organiskt material i ytvatten varierar starkt under året kan man förvänta sig att även endotoxinhalten varierar. Vid Vombverket (som levererar vatten till Malmö) togs prov på det utgående dricksvattnet varje månad under elva månader. Det visade sig att endotoxinhalten varierade mellan 1,5–9,3 EU ml⁻¹. Medelvärdet var 5,1 EU ml⁻¹. Provtagningen hos vattenabbonenterna i Malmö gjordes dock vid en tid på året när endotoxinhalten i dricksvattnet från vattenverket var 2,6 EU ml⁻¹. Därför kan man anta att endotoxinhalten hos abonnenterna i Malmö i genomsnitt under provtagningsåret var cirka dubbelt så hög som redovisat.

Vi beräknar likaledes att endotoxinhalterna vid den sämsta tiden på året är ca fyra gånger högre än redovisat. Detta innebär medianvärden på strax under 10 EU ml⁻¹.

Antalet växtplanktonceller varierar även mellan olika år varför endotoxinhalten säkerligen varierar ännu mer i praktiken än vad denna begränsade undersökning fått fram.

Liknande säsongsmässig variation av endotoxinhalten förekommer troligtvis i alla dricksvatten från näringsrika ytvattentäkter där omfattande planktonblomningar ofta utvecklas.



Figur 5-1

Vid pastorsexpeditionen i Bjärnum uppmättes undersökningens högsta värde, $>5\,000\text{ EU ml}^{-1}$ i ett tappställe. Vattnet hade en lukt av mögel vid tappning i ett annat rum.

Foto: Heléne Annadotter.



Figur 5-2

I Nybo äldreboende uppmättes 35 EU ml^{-1} i kallvattnet trots fem minuters spolning. Här upplever personalen att patienterna blir påtagligt trötta efter dusch.

Foto: Heléne Annadotter.

5.3 Diskussion om endotoxinhalten vid några undersökningsplatser

5.3.1 Hässleholm-Bjärnum

Undersökningens högsta endotoxinhalt uppmättes i pastorsexpeditionen (Figur 5-1) i Bjärnum, Skåne, där ett kallvattenprov från pentryt i kontoret uppvisade $>5\,000\text{ EU ml}^{-1}$ efter 5 sekunders spolning. Reaktionstiden vid analysen visade att vattnet förmodligen hade omkring $15\,000\text{ EU ml}^{-1}$. Kallvattnets temperatur var 23°C och i badrummet intill kändes mögellukt ifrån vattnet! Personalen är medveten om att vattnet är dåligt och spolar länge innan vattnet används för att brygga kaffe.

Nybo äldreboende (Figur 5-2), som ligger 300 meter från pastorsexpeditionen i Bjärnum, hade också förhöjda halter om än betydligt lägre: 35 EU ml^{-1} konstaterades i kallvattnet trots fem minuters spolning. Två andra prov därifrån låg på 3,1 resp. 2,8 men det var fortfarande minst sex gånger högre än i vattenverkets utgående dricksvatten ca 15 km därifrån. Personalen på äldreboendet ansåg att de äldre ibland reagerade genom att bli trötta och medtagna efter att ha duschat. Ofta vilade de sedan resten av dagen. Personalen hade tolkat de äldres medtagenhet som att de blivit trötta enbart av att de blivit duschade. Symptomen kan tyda på inhalering av endotoxin. (Vid intervjuer av vårdpersonal på andra inrättningar framkom att personer som duschat tvärtemot brukar bli piggare.)

De flesta andra proven med Hässleholmsvatten understeg 0,5 medan några nådde $1,1\text{ EU ml}^{-1}$. Detta kan tyda på att vattnet vid pastorsexpeditionen och äldreboendet är lokalt försämrat.

Per-Åke Nilsson, processingenjör vid Hässleholms Vatten AB, berättade att vattenverket får in ca 15 klagomål avseende vattnet om året. Vid felsökning kommer man i de allra flesta fallen fram till att felet finns lokalt inom fastigheten, t ex där något tappställe inte använts på årtal och bakterietillväxt spritt sig till övriga tappställen.

5.3.2 Rastplatser

Vattenprov togs vid sex av Vägverkets rastplatser. De besökta platserna var i allmänhet väl underhållna och relativt nyligen städade. Resultatet av endotoxinanalyserna visade dessutom att de flesta platserna hade förhållandevis låga endotoxinhalter, bättre än i flera städer och privata brunnar.

En rastplats, Svedvi, hade en utvändig skylt "Otjänligt dricksvatten" varför vi blev extra nyfikna. Den rastplatsen visade sig senare vara den enda undersökta där endotoxinhalterna låg under detektionsgränsen, $0,5\text{ EU ml}^{-1}$, vid analystillfället! Vid kontakt med Vägverkets lokala avdelning uppgav de att hade satt upp skylten för säkerhets skull eftersom toaletten hade tempererat vatten för handtvätt och tappställe för kallvatten saknades.

Av de undersökta rastplatserna hade Knäred mellan Halmstad och Markaryd de högsta halterna, $7,5\text{ EU ml}^{-1}$, för varmvatten spolat 5 s respektive $2,7\text{ EU ml}^{-1}$ efter spolning i två minuter. Enligt uppgift från Vägverket har denna rastplats egen borrhälsbrunn nära ån Lagan.

Övriga kommentarer om vatten på rastplatserna

Rastplatserna präglas av att de tyvärr har tvingats göras vandalsäkra. Detta har medfört att vanliga inställbara blandare verkar undvikas, i varje fall i den södra delen av landet. Istället är det ofta bara en tryckknapp för vatten. Vattnets temperatur varierade mycket mellan olika rastplatser. Ibland var det uppåt 50° C. Ofta gick det inte att spola två minuter utan att varmvattnet tog slut. För det mesta saknades upplysning om vattnet var tjänligt som dricksvatten eller om det bara var avsett för tvätt av händerna efter toalettbesök. Kallt dricksvatten med slang för att fylla dunkar kunde ibland hittas (efter letande) utvändigt vid byggnadens baksida. Tappstället fungerade inte alltid i kallt väder då vattnet kunde vara avstängt pga frysrisk.

Vi anser att skyltningen borde vara tydligare på rastplatserna så att besökarna ser om vattnet är avsett att drickas eller var man i annat fall kan finna dricksvatten. Många vill säkert fylla en vattenflaska. Passa förresten på och besök rastplatserna. Många av dem ligger naturskönt och en del av dem har sevärdheter och intressanta saker i närheten!

5.3.3 Simhallar

Simbassänger och bubbelpooler

Vi hade trott att simbassänger och bubbelpooler skulle uppvisa höga endotoxinhalter men det visade sig lite överraskande inte vara fallet. 16 prov från lika många pooler togs i Bjärnum, Hässleholm, Hörby, Varberg och Åre.

Den högsta endotoxinhalten i en pool, 8,7 EU ml⁻¹, uppmättes i Varberg i sjukhusets rehabiliteringsbassäng med 33,2° C. Halten översteg dock inte sjukhusets kranvatten särskilt mycket. Det uppmättes till 3,6 resp. 7,9 EU ml⁻¹ för kallvattnet resp. varmvattnet efter spolning. Bassängen har ett reningssystem baserat på klor.

Näst högst endotoxinhalt hittades i en bubbelpool i det kommunala badet Qpoolen i Hässleholm; 3,0 EU ml⁻¹ vid 38,0° C. Detta är förhöjt jämfört med fem andra pooler i samma badanläggning som uppvisade <0,50. Reningen sker med klorering och saltsyra för pH-justerings.

Alla andra undersökta pooler hade endotoxinhalt under 0,50 EU ml⁻¹.

Bjärnums simhall har en annorlunda reningsanläggning med väteperoxid och UV-ljus istället för klor. Bassängerna visade sig ha utomordentligt låga endotoxinhalter. Två bassänger och en bubbelpool låg i området 0,06–0,082 EU ml⁻¹, dvs strax över vår lägsta detektionsgräns!

Den lägsta endotoxinhalten i en bassäng uppmättes i ett mycket modernt och exklusivt badlandskap; Holiday Club i Åre. Deras bassäng med 20,1° C i vattnet (och tidvis -20° C eller kallare i luften!) låg under vår lägsta detektionsgräns; 0,05. Mätningar från tre av deras andra pooler uppvisade också mycket låga värden med som högst 0,22 EU ml⁻¹ i en varm barnpool. En bubbelpool hade låga 0,12 EU ml⁻¹ trots att vattnet höll 38,2° C och poolen hade mycket hög belastning med många badgäster varav åtskilliga hade duschat med badkläderna påtagna. Detta visar att det går att hålla mycket låga bakteriehalter i badanläggningar med rätt skötsel och utrustning. Anläggningen har

elva olika pooler uppdelade på sju system där två har rening med ozongas med efterföljande kolfilter. Övriga nio har klorering.

För jämförelse kan nämnas att kallvattnet i en näraliggande lägenhet på Holiday Club höll 0,16 EU ml⁻¹ efter spolning. I övrigt uppges anläggningen ha några blindledningar. Dessa renspolas varje månad som underhållsrutin.

Även om man har en toppmodern anläggning med avancerad vattenrening visar följande exempel på att underhållet är oerhört viktigt. I en mindre barnpool på Holiday Club hade det en gång förekommit *Legionella* och åtminstone en badare hade drabbats. Mitt i poolen fanns en liten rolig fontän. Denna hade skrymslen där smuts ansamlats och *Legionella* fått fäste!

I Boverkets undersökning 2006 undersöktes fyra mindre bubbelbad i privata hus, mindre hotell och gym. Underhållet var bristfälligt och skötselrutiner saknades. *Legionella* i hög halt (1 000 cfu ml⁻¹) upptäcktes i samtliga!

Kranar och duschar i simhallar

De högsta endotoxinhalterna i simhallarna visade sig något överraskande inte vara i bassängerna.

En **dricksvattenpost** (Figur 5-3) intill barnbassängen i Qpoolen i Hässleholm utgjorde en kanske förutsägbar bakteriehärd. Här går barn och dricker, säkerligen utan att spola först. Vi spolade dock 5 s innan vi tog ut provet som visade sig ha den tredje högsta endotoxinhalten i hela undersökningen, 1 900 EU ml⁻¹! ”Kallvattnet” höll **extremt höga och bakteriefrämjande 26,1° C** på grund av att vattenposten är monterad i bassängrummet vars lufttemperatur är 30° C eller mer. Rören är oisolerade. En oerhört olämplig konstruktion som säkerligen finns på många andra platser. Dessa **enkla dricksvattenposter bör stängas omedelbart och bytas ut till konstruktioner med kallt vatten**. En enkel och ekonomisk lösning skulle kunna vara att låta kranen ha ett kontinuerligt litet läckage. Detta vatten skulle kunna ledas ner i bassängen och komma till nytta för att kompensera för avdunstningen i bassängen utan att slösa med vattnet.

Men det fanns förhöjda halter på fler ställen i anläggningen; en dusch med tempererat vatten (37° C) på damavdelningen hade 18 EU ml⁻¹.

Ovanstående kan jämföras med ett annat kallvattenprov i samma hus som uppvisade 0,95 EU ml⁻¹ så det förekommer sannolikt en avsevärd bakterietillväxt i rörsystemet.

I t ex badhus kan det finnas central termostatblandare som fördelar tempererat vatten till flera duschar. Denna konstruktion är olämplig mikrobiologiskt sett eftersom vattnet kommer att få gynnsam temperatur för tillväxt av *Legionella* och andra bakterier i rören till duscharna. *Legionella* lär vara ofarligt att dricka men är livsfarligt att inandas i aerosolform. Något man lätt får i sig just under duschar! Ett aktuellt exempel är badhuset i Burlöv som mitt under sommaren 2008 tvingades stänga i ca tre veckor pga *Legionella*. Deras duschar försörjdes på olämpligt vis med 38° C centralt blandat vatten och *Legionella* hade fått fäste i systemet. Enligt Miljöinspektör Dan Zimmergren fanns upp till 60 cfu ml⁻¹ i duschvattnet. I väntan på pengar till ombyggnad spolades rörsystemet med hetvatten varje morgon innan badgästerna kommer.



Figur 5-3

Denna dricksvattenpost vid barnpoolen i Hässleholms badhus Qpoolen hade den tredje högsta endotoxinhalten i hela undersökningen med 1 900 EU ml⁻¹. Mer än 600 gånger högre än i bubbelpoolen strax intill! Kallvattnet var 26,1° C pga hög lufttemperatur vilket gav goda möjligheter för bakterier att tillväxa.

Foto: Johan Forssblad.

5.3.4 Sjukhus

Det är intressant att sjukhusens varmvatten ser ut att vara sämre jämfört med samtliga undersökta tappställen i Sverige. Medianvärdet på spolat varmvatten var mer än dubbelt så högt på sjukhusen. Detta beror antagligen på att sjukhusens rörinstallationer är mycket stora och komplexa och inte just för att det är sjukhus.

Även kallvattnet var initialt sämre på sjukhusen jämfört med samtliga tappställen i undersökningen.

Högre endotoxinhalt längre ned i byggnaderna

Vattnets kontakt med rörens biofilm är förhållandevis större ju klenare rördiametern är. Detta borde tala för att endotoxinhalten skulle öka längre ut i rörsystemet (högre upp i fastigheterna) men så var inte fallet i denna undersökning.³² Vi fann istället att de högsta endotoxinhalten förekom långt ned i byggnaderna.

Det kan misstänkas att det förekommer mer rör i källaren som har dåligt omsatt vatten än högre upp i byggnaderna. Sjukhusens källarplan rymmer oftast många omklädningsrum med långa rader av tvättställ och duschar. Kanske är det så att dessa utnyttjas infrekvent och att vatten blir stående i ledningarna så att bakterier hinner tillväxa där.

I källarna finns det ofta rum med tappställen som används mycket sällan. Det kan t ex vara i förråd eller lokaler som blivit över. I dessa ledningar kan bakterier tillväxa under lång tid. Tryckstötter och kraftig spolning kan sedan virvla ut bakterier till fastighetens normalt använda system.

Källaren används i stor utsträckning för VA-installationerna. Där finns mängder av pumpar, avhärdningsutrustning och ofta ledningar för distribution till andra fastigheter inom området. Rörsystemet är ofta mycket komplext. Troligtvis kan det finnas en övervikt på rör med stillastående vatten i källaren. Även om rören är grova och flödena höga så finns det kanske betydligt fler ställen där bakterier kan tillväxa än på sjukhusets övre plan där rördiametrarna är mycket mindre så att vattenflödet rensar ledningarna bättre.

Kan det vara så att partiklar, t ex rostflagor och lossbruten biofilm, sjunker nedåt och företrädesvis bearbetas av bakterier längre ned i rörsystemet?

Inverkan av perlatorer

Vi har i en annan studie på uppdrag av ett sjukhus mätt endotoxinhalten med och utan perlator i kranen. Då fann vi perlatorer som dubbelrade endotoxinhalten vid tappstället.

Förbättras vattnet av spolning?

Genom att spola kallvattnet sjönk endotoxinhalten i genomsnitt med ca 40 % i undersökningen på sjukhus.

På några ställen ökade däremot endotoxinhalten av spolning. Där vi hade utökat provtagningen med jämförelser efter 5, 60, 120 och 300 sekunders spolning ökade endotoxinhalten vid lång spolning på de översta våningarna i flera sjukhus! Det är antagligen en effekt av att

³² Vi har bara jämförbara data från fyra-fem sjukhus så materialet är inte tillräckligt för att dra alltför långtgående slutsatser.

man drar upp vatten från rörsystemet i källaren som ofta visade sig ha högre endotoxinhalt.

Däremot tycktes det inte hjälpa att spola varmvattnet för att minska endotoxinhalten. Här fick vi i stället en ökning (ca 50 %).

Temperaturer i sjukhusens vattensystem

En bieffekt av undersökningen var att vi fick mätvärden på sjukhusens tappvattentemperaturer i närheten av det troligtvis sämsta stället längst ut på ledningsnätet. Detta är mycket intressant med avseende på risk för infektion pga *Legionella*.

Kallvattnet kunde vara ganska ljummet genom att det gick långa sträckor inomhus. Temperaturen på kallvattnet har man normalt inte gjort något särskilt åt utan det värms långsamt upp av temperaturen i byggnaden och intilliggande varma rör. Sjukhuspersonal nämnde att detta är ett problem som uppmärksammas mer och mer och på sikt behöver åtgärdas. Det är ofta onödigt dålig konstruktion genom att kallvattenledningar ligger förlagda ihop med varmvattenledningar med otillräcklig isolering emellan. Härigenom utjämnas temperaturerna mellan ledningarna och kommer in i ett område som är gynnsamt för tillväxt av bakterier i båda rören. På t ex Centralsjukhuset i Kristianstad ligger rören förlagda ovanför undertaken där samtidigt värmeaggregat finns för uppvärmning av rummen. Härigenom blir varm luft stående ovanför undertaken och kallvattnet uppvärms onormalt mycket.

På varmvattensidan kan man tillfälligtvis höja temperaturen över 60° C för att avdöda bakterier medan det inte är lika enkelt på kallvattensidan. Om kallvatten blir stillastående och uppvärms kan bakterier tillväxa. Dessa kommer inte att försvinna om temperaturen sjunker vid spolning utan tillväxten avstannar bara tills värmen stiger på nytt. Det är ungefär som med mat som lämnats i rumstemperatur för länge; bakteriehalten kan inte minskas genom att placera maten i kylskåp efteråt! Kylkedjan måste hållas intakt hela tiden.

Sjukhus har däremot alltid varmvattencirkulation³³ varför varmvattnet ofta hade tillfredställande temperatur. Ofta matade man ut ca 60° C från driftcentralens värmeväxlare. 5° C förlorades på väg till det bortesta tappstället på översta våningen så man kunde få ut 55° C vid tappstället. Därefter sjönk temperaturen ytterligare 5° C vid returcirkulationen och vatten med 50° C kom tillbaka till driftcentralen för att värmas upp på nytt.

Detta innebär rent praktiskt att man inte har utrymme för någon variation för varmvattensystemets temperatur. Maxtemperaturen vid ett tappställe får inte överstiga 60° C pga skållningsrisk. Alltså kan man inte mata ut mer än 60° C från värmeväxlaren/varmvattenberedaren annars måste man sätta termostatförsedda skållningsskydd vid tappstäl-lena. Å andra sidan måste returvattnet från varmvattencirkulationen hålla minst 50° C för att förhindra tillväxt av *Legionella*. Då vi såg att varmvattnet typiskt förlorade 5 ° C på sin väg upp i byggnaden och lika mycket på returen kommer 60° C varmvatten just att sjunka till lägsta

³³ Härigenom cirkulerar oanvänt varmvatten tillbaka till värmecentralen och värms upp på nytt. Detta för att varmvattnet ska erhållas rimligt snabbt utan att man behöver spola ut mängder av ljummet vatten i onödan.

tillåtna temperatur, 50° C! Det finns inga marginaler. Så högre/större sjukhus går inte att bygga utan att ändra på varmvattensystemets konstruktion och t ex ha bättre isolering/högre flöde eller högre utgående tappvarmvattentemperatur och skållningsskydd.

Fyra av 20 sjukhus i undersökningen underskred 50° C trots spolning i en eller två minuter. De nya byggnormerna kräver att varmvattnet ska vara framme inom 10 sekunder!

Blekingesjukhuset Karlshamns varmvattentemperatur på endast 23° C efter spolning i en minut tyder på att varmvattencirkulationen ej är korrekt utförd vid samtliga tappställen. Detta medför risk för oönskad bakterietillväxt i rörsystemet.

Även flera sjukhus med tappvarmvatten strax över 50° C hade nog för låg varmvattentemperatur i systemet då det troligtvis förekommer rör i varmvattencirkulationen eller blindledningar där temperaturen är under 50° C.

Vid samtal med personal på olika sjukvårdsinrättningar visade sig flera ha haft påtagliga problem med *Legionella*. I till exempel Karlstad hade man tvingats modifiera ledningssystemet till höga kostnader. Det påtalades där att man absolut inte kan ha några långa ledningar som slutar i blindo utan vattencirkulation. Det går inte att ha rör med förgreningar och blindproppar utdragna från rörsystemet för framtida expansion eller kvarlämnade från tidigare installationer som inte längre brukas. Allt sådant hade fått tas bort för att komma tillrätta med *Legionella*.

Problemet med olämpliga vattentemperaturer är inte begränsat till sjukhus utan förekommer nog i många stora fastigheter och kan bli värre i t ex kontorsfastigheter där vattnet kan stagnera helt under helger och semestrar. Samtidigt är kanske vattenuttaget mycket litet jämfört med sjukhus där vatten används dygnet runt till många ändamål.

En hög endotoxinhalt innebär förekomst av gramnegativa bakterier och är en varningsklocka att vattensystemet bör ses över. *Legionella* är en gramnegativ bakterie.

Insjuknar patienter på sjukhus pga endotoxin vid bronkoskopi?

Eftersom Centralsjukhuset i Kristianstad (Figur 5-4) hade kraftigt förhöjda halter i vår undersökning besökte vi personalen vid två olika tillfällen. Det visade sig att hygiensköterskorna under flera års tid miss-tänkt att det kunde förekomma förhöjda halter av endotoxin i kranvattnet. De hade observerat att vissa patienter som undersöktes med bronkoskopi³⁴ drabbades av frossa några timmar efter undersökning. Patienter som undergår dessa undersökningar kvarhålls numera i fyra timmar för observation för att se om de drabbas av feberattacker.

Följande kan belysa hur oerhört små mängder endotoxin som verkar räcka för att påverka känsliga patienter om toxinet kommer in direkt i lungorna eller blodomloppet. Bronkoskopet diskas i särskild diskmaskin kopplad till vanligt kranvatten. Efter sköljning blåses instru-



Figur 5-4

Vid Centralsjukhuset i Kristianstad uppmättes en endotoxinhalt på >5 000 EU ml⁻¹ i ett tappställe.

Foto: Heléne Annadotter.

³⁴ Bronkoskopi är en undersökning då man med hjälp av ett instrument ser ned i luftrören. Ett böjligt instrument förs ned genom en näsborre eller via svalget. Luftrören belyses med fiber-optik. Genom kameran i spetsen på instrumentet ser man ner i luftrören. Genom bronkoskopets kanal kan man suga upp prov eller föra ned en liten tång för att få upp vävnadsmaterial. Metoden används för att påvisa infektioner, tumörer och inflammationer i lungor och bronker.

mentdetaljerna torra med varmluft. Därefter desinficeras instrumentet genom att det torkas av med en duk fuktad med sprit innan det förs ned i patienten. Under senaste tiden har man tagit prov på sköljvattnet i diskmaskinen för att analysera vattnet om patienten drabbas av frossa. Vid dessa tillfällen har man konstaterat förhöjda endotoxinhalter på upp till (bara) 4 eller 8 EU ml⁻¹ i sköljvattnet. Genom ökad försiktighet och noggrannhet drabbades under 2007 ca 3 patienter av 130. Tidigare år har närmare 10 % av de undersökta drabbats. Enligt hygiensköterska Birgitta Holmström verkar problemet endast förekomma i Kristianstad.

Personal klagar på sjukhusets vatten

Personalen på 14:e våningen på Centralsjukhuset i Kristianstad har under flera års tid misstänkt att kranvattnet har undermålig kvalitet. De upplever att vattnet är grumligt och smakar illa. Ibland har de observerat små vita, millimeterstora partiklar i vattnet. På morgonen, framförallt efter en helg, låter de vattnet rinna i minst fem minuter för att överhuvudtaget våga använda vattnet till dryck. Några av de anställda har periodvis drabbats av hälsobesvär efter att ha konsumerat vattnet. De uppger att de efter cirka 20 minuter blir illamående, får huvudvärk och måttliga eller våldsamma magsmärtor.

Dessa symptom tyder på att det finns bakterier i ledningarna som producerar toxiner. En vanlig bakterie som förekommer i kallvattenledningar är *Aeromonas*. Den kan producera enterotoxiner av vilka några är termostabila.

Inställning till provtagning

De flesta hade en sund inställning till provtagning och ansåg: "Det är bra att få reda på om det finns något problem innan det eventuellt utvecklas till ett stort problem." Vi är tacksamma för deras intresse och hjälp vid provtagningarna.

Men något sjukhus i norr tillät oss inte att göra någon undersökning alls och ville inte heller medverka genom att skicka in prov. De var rädda att något negativt skulle kunna uppdagas och de stack huvudet i sanden för säkerhets skull!

5.3.5 Enskilda brunnar

Vi prioriterade ej fastigheter med egen brunn vid provinsamlingen. Forskningsprojekten vid Svenskt Vatten är ju finansierade av de kommunala VA-verken varför kommunalt vatten undersöktes i första hand.

Gården norr om Hässleholm toppade kategorin med sina prov samlade i intervallet 70–130 EU ml⁻¹ uppmätt i vattnet från en dusch.

Samtliga personer i hushållet har problem med luftvägarna. Om dessa problem har uppkommit pga aerosoler så finns det två tänkbara spridningskällor. Förutom en dusch finns det även en elektrisk luftfuktare i vardagsrummet för att ge lämplig luftfuktighet till musikinstrument. Om endotoxin finns i luftfuktarens vatten sprids toxinet i rummet som aerosoler. Christer Berg på Stockholm Vatten upplyste att möbler till och med kan få synliga kalkfläckar om man har kalkhal-

tigt kranvatten i luftfuktare! Luftfuktare bör således ha vatten med låg endotoxinhalt och låg mineralhalt.

En man i en annan fastighet med förhöjda endotoxinhalter långt ut på landet har tidigare drabbats av problem med magen då vattnet var illaluktande. Vid kontroll av den grävda brunnen upptäcktes att en sork hade drunknat i brunnen och ruttnat där. Även möss har periodvis drunknat i brunnen som har ett otätt lock av brädor med en handpump ovanpå.

Det är uppenbart att många enskilda brunnar har stora brister i både utförande och vattenkvalitet. Många brunnar har otäta lock med t ex ett öppet lufthål i locket där allehanda smådjur trillar ned och där regnvatten, förorenat av fågelspillning, kan rinna rakt ned i dricksvattnet.

5.4 Alger försämrar råvattnet

5.4.1 Gelébildande cyanobakterier orsakar hög endotoxinhalt

Cyanobakterier som till exempel *Microcystis*, *Woronichinia*, *Anabaena* och *Chroococcus* kan bilda gelé i vilken det frodas ett stort antal bakterier (Whitton 1973, Worm & Søndergaard, 1998). Annadotter (2007), och Annadotter et al. (2005, 2006) identifierade de bakterier som förekom associerade med gelébildande cyanobakterier och fann följande gramnegativa bakterier; *Acinetobacter baumannii*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas sobria*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter amnigenus*, *Klebsiella terrigena*, *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* och *Klebsiella pneumoniae ozaenaea*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Stenotrophomonas maltophilia* och *Enterobacter sakazakii*. Majoriteten av dessa bakterier är patogena för människor. Förutom bakterierna förekom ymnigt med cyanobakterier i bakteriestorlek (pico-cyanobakterier) i gelén. De höga koncentrationerna av endotoxin som vi fann i ytvatten med dominans av gelébildande cyanobakterier kommer från cyanobakterier, picocyanobakterier och gramnegativa bakterier.

Med anledning av den höga mängden cyanobakterier i flera av Malmös parkdammar sker återkommande provtagning av mikroalger, microcystin och endotoxin. I en av dammarna, Stora Pildammen, fanns tidigare en utsmyckning i form av fontäner där dammvattnet cirkulerade. Vissa malmöbor som var känsliga för endotoxin drabbades av besvär i samband med att de vistades i närheten av fontänerna. Av den orsaken stänger Gatukontoret i Malmö numera av fontänerna i samband med kraftig algblomning.

5.4.2 Ögonalgen *Euglena* förekommer tillsammans med bakterier

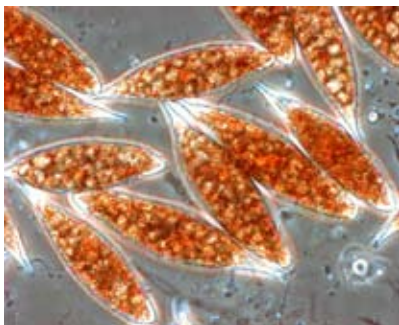
Höga halter av endotoxin, $300 \mu\text{g l}^{-1}$, uppmättes i en våtmark i byn 25 Settembre Village i Mozambique (Figur 5-5). Microcystin var ej detekterbart och vattnet dominerades inte av cyanobakterier utan av ögonalgen *Euglena*.



Figur 5-5

En man i Mozambique hämtar dricksvatten i ett träsck då brunnarna sinat i byn 25 Settembre. Endotoxinhalten var $300 \mu\text{g l}^{-1}$ ($\approx 3\,000 \text{ EU ml}^{-1}$).

Foto: Heléne Annadotter.



Figur 5-6
Ögonalgen *Euglena sanguinea*.
Foto: Gertrud Cronberg.



Figur 5-7
Ögonalgen *Euglena* trivs i mossmark med hög halt av organiskt material och bakterier. På otjälad mark sjunker de tunga skogsmaskinerna ner och skapar diken varvid extremt humus- och järnrikt vatten kan dräneras till näraliggande vattendrag.
Foto: Johan Forssblad.



Figur 5-8
Cyanobakterien *Cyindrospermopsis raciborskii* dominerade i prov med förhöjd endotoxinhalt. Denna giftbildande art sprider sig norrut över Europa men har ännu inte observerats i Skandinavien.
Foto: Gertrud Cronberg.

Våtmarken används som dricksvattentäkt när brunnarna sinar i byn. Vattentillgången vid provtagningsstillfället var dock så dålig att folket i byn fick trycka ner sina vattenflaskor i dyn för att överhuvudtaget få upp något vatten.³⁵

Euglena (Figur 5-6) är vanligt förekommande i vatten med hög organisk halt och hög bakteriehalt. Det är omöjligt att odla *Euglena* i laboratorium utan bakterier. I samband med att bakterier bryter ned organiskt material producerar de sannolikt ämnen som är livsnödvändiga för *Euglena* (Canter-Lund & Lund, 1995). På våra breddgrader finner man oftast *Euglena* i småvatten i torvmossar eller i diken (Figur 5-7), skapade av skogsmaskiner på dikade torvmarker.

Om *Euglena* förekommer i råvattnet bör detta ses som en varningsklocka att råvattentäkten innehåller bakterier och organiskt material från till exempel torvbrytningar.

5.4.3 Toxiska cyanobakterien *Cyindrospermopsis* sprider sig i Europa

Förutom endotoxin producerar *Cyindrospermopsis* (Figur 5-8) ett toxin, cylindrospermopsin, som kan orsaka skador på lever och njurar. *Cyindrospermopsis* är en cyanobakterie som tidigare har påträffats i Australien, Afrika och Sydamerika. Under de senaste tio åren har det observerats att den vandrar längre och längre norrut i Europa. Är ett varmare klimat en bidragande orsak? I skrivande stund har den ännu inte rapporterats från Skandinavien men dock från Tjeckien och Tyskland. Under de senaste åren har den spridit sig starkt i Portugal där den numera räknas till den vanligaste cyanobakterie som orsakar problem på grund av sin toxinbildning (Prof. Vitor Vasconcelos, muntligen). Om klimatet blir ännu varmare i Skandinavien riskerar vi att få ännu en toxinbildande cyanobakterie i våra råvattentäkter.

5.4.4 Slutsatser om alger, endotoxin och microcystin

Vi uppmätte höga endotoxinhalter i ytvatten som dominerades av gelébildande cyanobakterier, *Gonyostomum* och *Euglena*. Detta beror på att:

- Cyanobakterier som *Microcystis*, vissa arter av *Anabaena*, *Woronichinia* och *Chroococcus* bildar gelé runt cellen eller kolonin. Gram-negativa bakterier tillväxer i gelén och verkar leva i symbios med cyanobakterien. Endotoxin från cyanobakterien och de associerade bakterierna ger tillsammans mycket höga halter av endotoxin.
- När *Gonyostomum* kommer i fysisk kontakt med en annan organism exploderar slemkapslar som finns på cellens yta. Detta slem gynnar bakterier.
- *Euglena* förekommer i vatten med hög halt av organiskt material och bakterier.

Extremt höga microcystinhalter följdes av extremt höga endotoxinhalter. Höga halter av endotoxin förekom även i ytvatten utan dominans av microcystinbildande cyanobakterier.

³⁵ Norra delen av träsket används till klädtvätt, den södra delen till kroppstvätt och mittersta delen till dricksvatten.

5.5 Bakterietillväxt i vattenledningar

5.5.1 Fosfat gynnar bakterietillväxt i ledningar

Biofilmer i ledningar kan skydda bakterier mot desinficering (LeChevallier et al., 1988). Bakterietillväxt i biofilmer och bakterier som avskiljts från biofilmer anses utgöra den dominerande delen av mikrobiella celler i dricksvattensystem (van der Wende et al., 1989).

Assimilerbart organiskt kol (AOC) anses vara en ofta begränsande faktor för heterotrofa bakterier i dricksvatten (LeChevallier et al., 1991; van der Kooij, 1992). Studier från Japan, Norge och Finland har dock funnit att AOC korrelerade svagt med tillväxt av mikroorganismer i dricksvatten medan fosfathalten var den begränsande faktorn (Sathasivan et al., 1997; Charnock & Kjønne, 2000; Keinänen et al., 2002).

Det finns inga gränsvärden för fosfat i dricksvatten. Det behövs dock studier som undersöker sambandet mellan fosfat i utgående dricksvatten och potentialen för bakterietillväxt i vattenledningar. I en studie utförd av Hässleholms Vatten på fosfat i utgående dricksvatten visades att fosfat kunde variera från under detektionsgränsen ($\approx 0,01 \text{ mg l}^{-1}$) och upp till $0,07 \text{ mg l}^{-1}$.

5.5.2 Cyanobakterier kan transportera in fosfat i vattenledningar

Cyanobakterier förekommer ofta i dricksvatten om råvattnet tas från näringsrika ytvatten (Annadotter et al., 2005; Cronberg & Annadotter, 2007).

Blombildande, geléproducerande cyanobakterier kan ackumulera fosfat genom sina vertikala migrationer från sedimentet till sjöytan (Barbiero & Welch, 1992). Genom dessa migrationer kan cyanobakterier ta fosfat från porvatten i syrefria bottensediment och lagra avsevärda mängder fosfat intracellulärt (Istvanovics et al., 1993; Pettersson et al., 1993).

Utbrotten av badsjukesyndromet i Malmö och Lund sammanföll med ökning av mängden blombildande cyanobakterier samt en ökning av fosfor i råvattentäkten Vombsjön. En liknande förändring, bestående av en dramatisk ökning av cyanobakteriebiomassan, förekom i Finjasjön i samband med det första utbrottet av badkarssjuka 1976–1977 (Annadotter et al., 1999; Annadotter et al., 2005).

5.5.3 Algförorenat råvatten passerade vattenverk och 10 000 insjuknade

Algbemängt råvatten kan passera reningsverk och förgifta befolkningen vilket nedanstående händelse vittnar om.

Algförorenat råvatten från Ringsjön blev stående i en råvattenledning under två månader vid ombyggnadsarbete 1995 (Wahren, 1996). Algsamhället i Västra Ringsjön dominerades då av de geléproducerande cyanobakterierna *Microcystis wesenbergii*, *M. robusta* och *M. botrys* (Cronberg med flera, 1999). Denna ledning, 3 km lång och 0,9 m i diameter, kopplades sedan in till Ringsjöverket varvid ca 750 m^3 algförorenat vatten kom in i vattenverket där det inte kunde renas tillräckligt.

Omkring 10 000 av 83 000 exponerade personer i fyra kommuner i västra Skåne drabbades av förgiftning med magont, diarré, värk, kräkningar och feber. Den troliga orsaken var att toxiner i dricksvattnet pga cyanobakterier och bakterier från råvattentäkten hade vuxit till i ledningen. Det dåliga vattnet upptäcktes av en slump av nattskiftet på vattenverket som skulle koka kaffe och då tyckte att vattnet ej smakade och luktade normalt, tio timmar efter att vattenledningen började mata in det dåliga vattnet i vattenverket.

Händelsen gav flera nyttiga erfarenheter:

- Sydvatten gick ut och meddelade felaktigt att vattnet hade dålig smak och lukt men var ofarligt att dricka trots att ingen visste vad som orsakade den dåliga smaken och lukten.
- Dåligt vatten fortsatte att pumpas ut på nätet och upp i vattentorn så att fler och fler orter drabbades. Det tog upp till en vecka innan det dåliga vattnet hade spolats ut från ledningsnäten.
- Kommunikationen fungerade bristfälligt och hysteri var nära att utbryta. Olika media och olika förvaltningar i olika kommuner meddelade olika information vilket ökade osäkerheten hos befolkningen.
- Kloreringen sänktes under tre dygn vilket var en felaktig åtgärd. Personal på vattenverket tyckte att vattnet luktade klorfenol varför man sänkte kloreringen när den istället skulle ökas.
- Det två månader gamla algbemängda vattnet från Ringsjön borde definitivt ha avlägsnats från rörledningen i stället för att matas in till vattenverket för beredning av dricksvatten.

Endotoxinhalten mättes ej under utredningsarbetet.

5.5.4 Är vissa rör och slangar sämre än andra?

Enligt erfarenhet från Stockholm Vatten (Christer Berg, pers. medd.) finns det färre bakterier i ledningar av koppar jämfört med ledningar av järn eller plast. Förmodligen reduceras biofilmen tack vare koppars toxiska effekt på mikroorganismer.

Under diskussioner med personal vid sjukhus och vattenverk har det framkommit att val av slangmaterial kan ha betydelse om bakterier ska tillväxa i den sista biten från rörledningsnätet till uttaget för vatten, t ex vid diskmaskiner, vattenautomater, tekniska apparater, duschar mm.

Dricksvattenexpert Christer Berg avråder från användning av gummislangar. Gummislangar får små sprickor då de åldras och böjs. Det finns risk att bakterier kan tillväxa i sprickorna. Dessutom har han lagt märke till att ämnen överförs från gummislangar till vattnet i ett experiment där man lät vatten stå i en igenkorkad slang.

Genomskinliga slangar som släpper in ljus avråder han och flera andra personer ifrån. Alger tillväxer på insidan i sådana slangar eftersom ljus tränger igenom slangen. Algtillväxten kan i sin tur gynna bakterietillväxt.

Ann-Marie Gustavsson, hygiensköterska på Centralsjukhuset i Karlstad, har granskat dricksvattenautomater som folk har velat placera inom sjukhuset. Hon häpnade över okunskapen hos tillverkare som använder genomskinliga slangar.

5.6 Oklorerat vatten hade högst endotoxinhalt

Om vi rangordnar alla kranvatten med högst endotoxinhalt och enbart listar en byggnad första gången³⁶ den förekommer erhålls följande tabell (Tabell 5-1).

Tabell 5-1 Platser som hade högst endotoxinhalt, minst 50 EU ml⁻¹, i undersökningen.

Nr	Endotoxinhalt (EU ml ⁻¹)	Klorering?	Vattenkälla	Ort	Lokal, vatten
1	>5 000	Nej	Kommunalt, grundvatten	Hässleholms kommun: Bjärnum	Pastorsexpedition, kallvatten, 5 s
2	>5 000	Nej	Kommunalt, grundvatten	Kristianstad	Sjukhus, kallvatten, 5 s
3	1900	Nej	Kommunalt grundvatten	Hässleholm	Simhall, dricksvattenpost, 26° C!
4	130	Nej	Egen brunn, grävd	Hässleholms kommun: Vankiva	F.d. Lantbruksfastighet, dusch, kallvatten 5 s
5	86	Nej	Egen brunn, grävd	Markaryds kommun	Enskild fastighet vid kalhygge, kallvatten 1 min
6	81	Ja	Kommunalt, ytvatten	Göteborg	Daghem, varmvatten 1 min
7	65	Ja	Kommunalt, ytvatten	Uppsala	Lägenhet, dusch, varmvatten 5 s
8	>50	Nej	Egen brunn, grävd	Ronneby kommun: Backaryd	Skogsfastighet, dusch, 5 s
9	>50	Ja	Kommunalt, ytvatten	Stockholm	Sjukhus, kallvatten 5 s och varmvatten 5 min
10	>50	Nej	Kommunalt, ytvatten	Karlshamn	Sjukhus, varmvatten 5 min
11	>50	Ja	Kommunalt, ytvatten	Stockholm	Lägenhet, varmvatten 1 min
12	>50	Nej	Egen brunn, borrhäls	Hässleholms kommun: Bjärnum	Enskild skogsfastighet, varmvatten 1 min

- Tolv byggnader hade kranvatten (inbegripet duschvatten) med över 50 EU ml⁻¹.
- Åtta av dessa tolv hade vatten som ej var klorerat.
- De tre högsta halterna uppmättes i offentliga byggnader med vatten från vattenverk som inte klorerar dricksvattnet. Gemensamt för dessa prov är att de har mycket högre endotoxinhalt än alla andra prov; 15 gånger högre halt eller mer jämfört med nästa på "topplistan"!
- Nästföljande två är från enskilda fastigheter på landet som har grävda brunnar utan klorering.
- De fyra fastigheterna med egen brunn är klart överrepresenterade. Det förekom bara åtta enskilda fastigheter med egen brunn i hela undersökningen jämfört med fyra större anläggningar med egen borrhäls brunn.

Vi drar följande slutsats: Det går att ha vatten utan klorering och ändå ha en låg endotoxinhalt men det kan finnas risk för extrem bakterietillväxt under ogynnsamma förhållanden t ex vid dåligt omsatt vatten.

Det finns inga jämförbara studier där kloreringens effekt på endotoxin i konsumenters tappställen har undersökts. I två studier av reduktion av endotoxin i vattenverk rapporterade Burger et al., (1989) att klorering i Windhoeks vattenverk effektivt reducerade endotoxinhalten medan en studie av vattenverk i Finland uppmätte liten eller obetydlig effekt (Rapala et al., 2002).

³⁶ Flera av platserna i listan hade mer än ett prov med över 50 EU ml⁻¹.

Påverkas människor av detta dåliga vatten? Det ligger utanför uppdraget att göra medicinska bedömningar men vi vill ändå passa på att konstatera beträffande ovanstående tolv platser med endotoxinhalt över 50 EU ml⁻¹:

- Nr. 1: Pastorsexpeditionens vatten används endast för att koka kaffe. Kaffet fungerar som ett filter och kan rena vattnet före konsumtion.
- Nr. 2: Sjukhuset har haft flera fall av misstänkt endotoxinpåverkade patienter vid bronkoskopi samt flera anställda som upplever sig ha problem med vattnet.
- Nr. 3: Vi har ej undersökt om det finns några eventuella klagomål angående dricksvattenposten i simhallen. Troligtvis sätts vattenposten ej i samband med eventuella reaktioner då dessa kommer efter att badaren lämnat simhallen.
- Personer i tre av de fyra fastigheterna med egen brunn har drabbats av långvariga diffusa hälsoproblem (nr. 4, 8 och 12). I den återstående fastigheten (nr. 5) är familjen nyinflyttad.
- Nr. 7: Lägenheten i Uppsala är ca 80 år gammal men nyrenoverad med nya stammar och rörledningar. Inga hälsoproblem pga vattnet kändes till.
- Nr. 10: Beträffande sjukhuset i Karlshamn har vi inte undersökt om det har förekommit några hälsoproblem som kan ha koppling till vattnet.
- Tre provtagningsplatser (nr. 6, 9 och 11) har besökts av VA-verk som inte har efterfrågat eventuella hälsoproblem.

5.7 Kaffebryggning kan rena vatten!

Malda kaffebönor vid bryggning har visats kunna reducera celler och bakterietoxiner från vattnet. Detta upptäcktes i samband med ett omfattande vattenburet sjukdomsutbrott i de tre skånska byarna Örtofta, Toftaholm och Vägga 1994. Orenat vatten från Vombsjöns avflöde Kävlingeån, innehållande cyanobakterier samt bakterien *Aeromonas* spp. (13 000–40 000 cfu l⁻¹) pumpades av misstag in på det kommunala dricksvattnet (Annadotter med flera., 2001). 121 personer blev sjuka efter att ha druckit och duschat i detta orenade åvatten.

Vattenföreningen orsakades av ett misstag på sockerbruket i Örtofta. De spolade av sockerbetor och hade möjlighet att välja att ta vatten från Kävlingeån eller kommunens vattenledningsnät genom ett arrangemang av ventiler. Ventilerna råkade ställas i fel läge och inga backventiler fanns monterade. Sockerbrukets pumpar gav högre tryck än vattenverkets varvid orenat åvatten trycktes ut på det kommunala nätet!

Samma dag som åvattnet pumpades in i sockerbrukets dricksvattensystem användes det förorenade kranvattnet av personalen på kontoret till kaffe och te. De som drack bryggt kaffe fick inga förgiftningssymptom medan personer som drack te blev magsjuka trots att vattnet var upphettat. Detta tyder på att värmestabila enterotoxiner från *Aeromonas* orsakade magproblemen.

För att undersöka varför kaffedrickarna klarade sig undan hälsoproblem utfördes ett laboratorieexperiment. Det visade sig att cellerna i åvattnet absorberades till kaffet vilket fungerade liknande ett aktivt kolfilter (Annadotter med flera., 2001).

5.8 Temperaturer i vattenledningar och risk för *Legionella*

En bieffekt av undersökningen var att vi fick en mängd temperaturmätningar utförda av kall- och varmvatten i samband med provtagningarna. Vi upptäckte då påfallande många vatteninstallationer med olämplig temperatur så att det fanns risk att *Legionella* skulle kunna tillväxa i systemen.

Problematiken med höga endotoxinhalter hänger delvis ihop med utveckling av *Legionella* och vi kan därför dra nytta av studier som har utförts av andra.

Legionella tillväxer främst i temperaturintervallet 20–42° C. Temperaturen i varmvattensystemet måste hållas på minst 50° C för att långsamt reducera antalet *Legionella*-bakterier. För att få 50° C ända ut i hela rörsystemet krävs högre utgående temperatur från varmvattenberedaren. 60° C är tillräckligt för att avdöda 90 % av bakterierna inom två minuter. (Det förekommer dessutom indikationer på att *Legionella* kan tillväxa i värme upp till 57° C.)

I undersökningen har det visats att förhållandevis många fastigheter har varmvatten i det mikrobiologiskt farliga temperaturintervallet under 50° C pga tekniska bristfälligheter, okunskap eller överdriven besparingsiver.

- 81 av 209 prov (39 %) på spolat varmvatten uppnådde ej 50° C inom en minut eller mer.
- 14 av 43 prov (32 %) uppnådde inte ens 50° C efter fem minuters spolning!

Sjukhus med problem pga *Legionella* har framgångsrikt desinficerat ledningsnäten genom hetvattenspolning med 75–80° C.

Vi har även påträffat ganska många kallvatteninstallationer med för hög vattentemperatur.

- 16 av 252 prov (6 %) på spolat kallvatten var över 18° C.
- 11 av 252 prov (4 %) på spolat kallvatten var över 20° C.

Dessa är något svårare att åtgärda då det inte räcker att tillfälligt kyla kallvattnet för att avdöda *Legionella*.

Mellan 2002–2004 undersökte Boverket 41 fastigheter (Boverket et al, 2006) där personer hade drabbats av legionellainfektion och kom fram till följande:

- I 80 % av de undersökta fastigheterna fanns det risk för stillastående vatten.
- 90 % av de större fastigheterna saknade varmvattencirkulation som omfattade hela systemet.
- I 60 % av byggnaderna fanns det risk att kallvattnet kunde värmas till mer än 18° C.

- I 25–35 % av byggnaderna var kall- och varmvattenledningar monterade i kontakt med varandra eller var så dåligt isolerade att värme överfördes i onödan från varm- till kallvattnet.

5.9 Riskanalys

Det är vanskligt att göra en riskanalys men vi har identifierat några problemområden och försökt göra en grov uppskattning var det är mest sannolikt och farligt att påverkas av endotoxin i Sverige. Tabell 5-2 kan användas för att jämföra risken att drabbas av akuta symptom pga exponering för endotoxin i samband med olika aktiviteter. (Tabellen ger ingen uppskattning av eventuella långtidseffekter av att utsättas t ex dagligen av endotoxin i låg halt. Vi har inte funnit några studier om kroniska effekter av endotoxin i vatten.)

Tabell 5-2 Uppskattad relativ risk att en människa drabbas av akuta symptom pga endotoxin vid olika aktiviteter i Sverige. Riskernas allvarlighet och sannolikhet har vägts in. (Värdena i kolumn 2, 3 och 4 är multiplicerade i kolumn 5.)

Aktivitet som kan medföra exponering för endotoxin	Andel av befolkningen som utövar aktiviteten någon gång, (%)	Sannolikhet att aktiviteten har hög endotoxinhalt som kan ge symptom minst en gång under en persons livstid, (%)	Farlighet vid akuta symptom 0–100 % (100 % = dödligt)	Riskvärde, (%)
Dusch ^a	100	10	30	3
Vattensport ^b	20	30	30	1,8
Luftfuktare, högtryckstvätt ^c	10	10	30	0,3
Konstbevattning, fontäner ^d	20	5	20	0,2
Dricka vatten ^e	100	1	10	0,1
Medicinsk undersökning ^f	1	1	50	0,005
Medicinsk injektion, dialys ^g	1	0,1	100	0,001

^a Duschning i endotoxinhaltigt vatten orsakar feber- och influensaliknande symptom hos människor i Sverige. Det ger säkerligen upphov till ett ökat antal sjukdagar i onödan. Utomlands kan det orsaka onödig och verkningslös medicinering mot befarad malaria eller infektion.

^b Vattensportare kan råka ut för symptom vid t ex vattenskidåkning, simning och segling då många uppehåller sig vid sjöar samtidigt som sjöarna har sin högsta endotoxinhalt på sommaren. Utövarna exponeras längre tider än då man t ex tar en dusch. Det finns utövare som tvingats upphöra med vattensport i Sverige pga besvär som troligtvis kommer från endotoxin i ytvattnet.

^c Användning av högtryckstvätt ger upphov till stora mängder finfördelad vattendimma som kan dras ned i lungorna. Något att uppmärksamma för arbetare som t ex rengör stall eller livsmedelsindustrier professionellt, särskilt inomhus där aerosolerna stannar svävande i luften under längre tid. Apparater som avger vattendimma, t ex luftfuktare, kan ge liknande aerosoler som bör undvikas om vattnet har en hög endotoxinhalt.

^d Vattenspridare och fontäner kan sprida aerosoler som påverkar t ex parkbesökare och joggar. Exempel finns på parkförvaltningar som stänger av fontäner vid algbloomingar i dammar för att inte orsaka endotoxinpåverkan.

^e Att dricka endotoxinhaltigt vatten i normala mängder anses ej ge akuta symptom.

^f Medicinska instrument som är diskade i endotoxinhaltigt vatten verkar kunna få en beläggning av endotoxin som torkar fast på ytan. Denna kan påverka känsliga patienter som kommer i direkt kontakt med instrumentet invärtes i lungor och blod, t ex vid bronkoskopi. Sjukhuset i Kristianstad påtalar att bronkoskoperade patienter ska vänta på sjukhuset i 4 timmar efter utförd undersökning för att se om de får feberreaktioner orskade av misstänkt endotoxin. Detta har tidigare drabbat ca 3–10 % av de ca 130 undersökta patienterna årligen.

^g Problemet med endotoxiner i vätskor som förs in direkt i blodet vid dialys och injektion är väl känt efter flera dödsfall utomlands. Därför renas och kontrolleras berörda vätskor vid svenska sjukhus och läkemedelsindustrier.

6. Rekommendationer

Misstänk endotoxinförgiftning om du får du feber, frossa, trötthet eller influensaliknande symptom några timmar efter dusch eller annan exponering för vattendimma.

Författarna föreslår att endotoxinhalten i tappställen hos konsumenter bör hållas under 50 EU ml⁻¹. Eftersom vi har sett att endotoxinhalten ofta ökar från vattenverket till tappstället med upp till en faktor 10 innebär det i sin tur att vattenverken bör leverera utgående dricksvatten med endotoxinhalt understigande 5 EU ml⁻¹. En ännu lägre endotoxinhalt är givetvis önskvärd för att ge ytterligare marginal vid ogynnsam hantering av vattnet.

Två av vattenverken i undersökningen överskred 5 EU ml⁻¹ vid något tillfälle, Vombverket och Karlskrona. Flera andra verk som använder ytvatten hade endotoxinhalt strax därunder, t ex Stockholm och Göteborg. Troligtvis hade högre halter upptäckts där om man hade tagit fler dricksvattenprov utspridda över längre tid, särskilt efter algblomning i råvattentäkten.

6.1 Enkla och billiga åtgärder för bättre vattenkvalitet

Rekommendationer för att uppmärksamma allmänheten och yrkesverksamma inom vattenteknik hur man enkelt kan minska exponeringen för endotoxin med ofta enkla och billiga åtgärder efter några grundregler:

- Vatten bör omsättas och ej tillåtas bli stillastående någon längre tid i rörsystemen. Stillastående vatten där bakterier vuxit till kan överföras till resten av rörsystemet varför alla oanvända tappställen och rörledningar bör rensas då och då.
- Töm duschslangar och duschrör³⁷ efter avslutad dusch så att bakterier ej tillväxer där.
- Kallvatten bör hållas kallt (högst 18° C) och varmvatten bör hållas varmt (minst 50° C).
- Tänk på att vatten som ej är klorerat är känsligare och lättare kan råka ut för avsevärd bakterietillväxt.

6.2 Dyrare åtgärder för bättre vattenkvalitet

Inom en del områden krävs dock kostsammare insatser för att komma tillrätta med höga endotoxinhalter (och risker för infektion pga *Legionella*):

³⁷ Vissa blandare medger att röret efter blandaren kan tömmas, t ex sådana med nedåtriktat rör eller sådana med handdusch som kopplas in med vredet. Genom att hålla handduschen lågt och ställa vredet i mellanläge kommer luft in i röret genom det övre duschmunstycket och vattnet töms ut nedtill. Det finns även nyare konstruktioner av blandare som tömmer sig automatiskt.

- Blindledningar bör byggas bort från alla rörsystem eller åtminstone spolas efter underhållsschema.
- Flera sjukhus verkar ha förhöjd endotoxinhalt samtidigt som de kan ha känsliga patienter. Här föreslår vi att sjukhusen gör mer omfattande undersökningar för att komma tillrätta med detta.
- Ett forskningsprojekt avseende reningsförmågan hos olika vattenverk och utvärdering av olika konstruktioner vore önskningsvärt så att vattenverk byggs på lämpligt sätt vid renovering eller nybyggnation.
- En mer omfattande undersökning av enskilda vattentäkter bör göras. Förslag hur man åtgärdar dåliga enskilda vattenanläggningar bör tas fram.
- Vattenkvaliteten i råvattenkällorna måste värnas. Blomningar av cyanobakterier och *Gonyostomum* är mycket oönskade i vattentäkterna.

6.3 Tips till olika berörda

6.3.1 Vattenverk

Vattenverk som använder sig av råvatten med kraftig, synlig algblooming bör göra provtagning av både rå- och dricksvatten, åtminstone en gång i månaden under ett helt år, för att bilda sig en uppfattning om hur bra reningen av vattnet fungerar med avseende på endotoxin och vilka halter som man har i sitt utgående dricksvatten. (Under algblooming bör provtagningen ske oftare.)

Vattenverk med hög endotoxinhalt i sitt dricksvatten bör överväga hur de ska kunna sänka nivån, t ex genom att använda mer grundvatten under algbloomingperioder, ha alternativa vattentäkter eller företa ombyggnader för bättre rening. Dessa vattenverk har troligtvis avsevärt högre toppvärden ute hos sina konsumenter. Stickprov bör tas långt ut på nätet för att se hur halterna ligger.

Ansvariga för distribution av vatten bör tillse att det inte finns några blindledningar med stillastående vatten. Sådana kan oavsiktligt skapas vid vanliga cirkulationsnät³⁸ om ventilerna stängs för reparation av ett röravsnitt. Efter reparation kanske man glömmer att öppna samtliga ventiler – för alla får vatten och ingen klagar. Här bör rutiner tas fram så att alla ventiler som stängs verkligen öppnas igen. Problemet kan lätt uppstå om det inte är samma personal under hela arbetet.

Alla berörda bör tänka på att det inte gäller enbart att alla ska ha vatten – ingen ska få dåligt omsatt vatten.

Ett annat sätt att oavsiktligt få dåligt omsatt vatten i ledningarna är att ha flera tryckstegringspumpar inkopplade till samma zon. Vid olämplig inställning kanske någon pump nästan aldrig arbetar varvid vattnet ej omsätts i en del av rörsystemet. Problemet kan avhjälpas med automatik som startar pumparna växelvis.

Vid ledning med dålig omsättning kan rundmatning tillgripas. Oanvänd ledning där vatten stått still under längre tid bör rensas innan

³⁸ En ringformad rörledning där vattnet kan matas från minst två håll. Vanligt förekommande i städer där man vill kunna stänga av en begränsad sektion vid fel.

den tas i bruk. Vattenverk som inte klorerar vattnet bör vara extra uppmärksamma på ovanstående.

6.3.2 Sjukvårdsapparaten

Under detta projekt har vi märkt ett stort intresse från flera hygien-sköterskor. Personalen bör informeras om endotoxin och dess verkan så de kan sammankoppla människors symptom med exponering för endotoxin. Detta gäller särskilt hygien-sköterskor, akutmottagningar och vårdcentraler, sjukhem och äldreboende.

På åtminstone en del sjukhus förekommer separata vattenledningar till t ex dialysavdelningar som kräver särskilt rent vatten. Härigenom minskar påverkan från röravsnitt med stagnerat vatten vid oanvända tappställen, brandposter etc.

6.3.3 Fastighetsskötare och driftavdelningar

Driftavdelningen bör kontrollera och säkerställa att varmvattnet når erforderlig temperatur, minst 50° C, på alla ställen på ledningsnätet inklusive varmvattencirkulationens returledningar. Eventuell varmvattencirkulation ska omfatta hela ledningssystemet.

Fastighetsansvariga bör säkerställa att blindledningar ej lämnas kvar eller sätts in vid ändring av rörinstallationen. Proppade varmvattenledningar måste vara så korta att minst 50° C bibehålls i hela ledningen (Boverket m.fl. 2006). Vid ny- eller ombyggnad bör man sträva efter att vattnet omsätts i så stora delar av systemet som möjligt och att rör med stillastående vatten ej skapas. Detta innebär att rörledningssystemet bör förändras i takt med att verksamheten och behovet av vatten förändras. Rörledningar som ej används längre bör stängas av i omedelbar närhet av förgreningen och resterande ledning tömmas.

Det är en fördel om rör som har stillastående vatten, t ex till brandposter, görs så korta som möjligt från förgreningspunkten till ventilen.

En underhållsansvarig på en större välskött hotellanläggning meddelar att de har som rutin att spola alla blindledningar varje månad och då brukar det först komma ut en del "svart gegg". Rörledningar är inte underhållsfria!

Fastighetsägare med enskild vattenförsörjning (egen brunn)

En större undersökning av enskilda brunnar i Sverige bör göras med tanke på att höga endotoxinhalter har hittats där. Frågan är dock vem som ska bekosta den eftersom ansvaret verkar hamna mellan flera stolar. Socialstyrelsen har gett ut råd om dricksvatten för enskilda brunnar som försörjer färre än 50 personer eller vattenverk som producerar mindre än 10 m³ vatten per dygn. Det finns ingen myndighet som ansvarar för tillsyn av enskilda brunnar och enskilda brunnsägare är inte heller skyldiga att åtgärda bristande vattenkvalitet så länge som vattnet inte används för kommersiell verksamhet, t ex livsmedelsproduktion. Enskilda vattentäkter omfattas dock av Miljöbalken.³⁹ Det innebär att brunnsägaren har krav på sig att undvika olägenhet för människors hälsa.

³⁹ 26 kap. 19§ miljöbalken (1998:808).

Olika sätt att åtgärda eller rena enskilda fastigheters endotoxinhaltiga vatten borde utvärderas.

Utgå från att särskild rening eller åtmistone undersökning bör göras om ytvatten från sjö eller vattendrag ska användas som dricksvatten eller om man har egen grävd brunn. Fastighetsägaren bör kontrollera tätningen av brunnen. Det är inte bara fråga om att förhindra barn från att ramla ned i brunnen. Tätningen bör vara så bra att möss och andra smådjur inte kan komma ned i brunnen, drunkna och sedan ligga och ruttna i vattnet. En vanlig svag punkt är ventilationsöppningen som inte ska släppa in varken ytvatten eller smådjur. Smutsigt ytvatten ska inte heller kunna förorena brunnen utan nytt vatten ska rinna till underifrån. Ytterligare information finns i Socialstyrelsens handbok "Dricksvatten från enskilda brunnar och mindre vattenanläggningar" (Socialstyrelsen 2006).

I Skåne beräknas att 40 % av alla enskilda brunnar har en undermålig vattenkvalitet på sensommaren och då har man inte ens räknat in hög endotoxinhalt! Ca 2,5 miljoner svenskar använder vatten från enskilda brunnar varje år permanent eller på fritiden. Socialstyrelsen har sammanställt närmare 5 000 analysresultat från enskilda vattentäkter i 225 kommuner (Socialstyrelsen 2008). En tredjedel av de grävda brunnarna och mer än var tionde bergborrad brunn hade otjänligt vatten. I de grävda brunnarna var det vanligaste problemet mikrobiologisk tillväxt. Endast 22 % av vattentäkterna hade tjänligt vatten utan några anmärkningar beträffande de analyserade parametrarna. Detta visar att merparten av de enskilda vattentäkterna har något problem och att fastighetsägare bör visa större intresse av att kontrollera och vid behov vidta åtgärder för att få ett hälsosamt dricksvatten.

OBS! Fastigheter, särskilt industrier och lantbruk, som har både kommunalt och eget vatten får absolut inte ha några kopplingar så att "eget vatten" kan riskera att tryckas in på det kommunala ledningsnätet. Sådana kopplingar har orsakat flera förgiftningsskandaler efter misstag eller fel.⁴⁰

6.3.4 Fastighetsägare med ansvar för värmesystem

Det bör återigen påtalas att varmvattnet måste nå 50° C vid samtliga tappställen. Enligt undersökningen verkar en del fastighetsägare av besparingsskäl dra ned på utgående varmvattentemperatur så att gynnsamma förhållanden bildas för *Legionella*!

Bra system för varmvattenproduktion

Vid om- eller nybyggnation har man möjlighet att förbättra varmvattensystemets uppbyggnad för att prioritera konstruktioner som ger låg bakterietillväxt. Undersökningen visade att endotoxinhalten var högre i varmvatten än kallvatten i många fall så här finns antagligen möjlighet att göra förbättringar inom fastigheten. Tacknämligt nog sammanfaller konstruktionerna för låg endotoxinhalt, liten risk för *Legionella* och energieffektiv utformning!

⁴⁰ Kontakta det lokala vattenverket för att kontrollera vad som gäller med luftspalt, dubbla backventiler etc.

Gamla tiders varmvattenberedare av förrådstyp (en stor tank för varmvatten) uppvärmd genom yttre vattenmantel eller inre elpatron, har sämre egenskaper med avseende på bakterietillväxt, då en större mängd vatten och biofilm finns i systemet och därmed fler bakterier som kan tillväxa under längre tid. Det kan även finnas ställen med sämre cirkulation i tanken och smuts kan ansamlas så bakterier kan få fäste.⁴¹ Temperaturskiktningen kan bli avsevärd varför ställen kan finnas i tanken där bakterier kan trivas. Denna typ av varmvattenberedare bör därför ställas in för minst 60° C, dvs ca 5° högre varmvattentemperatur än nedanstående typer och temperaturen bör avläsas i botten. Det är beklagligt att Boverket (2001) har ritat just en sådan gammaldags varmvattenberedare i sin informationsskrift "Har du legionellabakterier i dina vattenledningar?" på sidan "När du bygger nytt"!

Varmvattenproduktion med plattvärmeväxlare har mycket mindre vattenvolym med bättre cirkulation på vattnet än förrådstypen. Den lämpar sig även för anläggningar som kräver stora varmvattenmängder (t ex sjukhus). Typen kräver dock stor tillgång på effekt eftersom vattnet ska hinna värmas i stort sett samtidigt som det konsumeras.

Varmvattenberedare där kallvattnet leds in i en slinga av kamrör⁴² inuti en uppvärmd ackumulatortank är antagligen den enklaste och bästa konstruktionen för mindre fastigheter som inte har så stort effektbehov. Denna typ har bäst cirkulation på vattnet eftersom allt tappvarmvatten måste passera genom det förhållandevis smala röret så strömningshastigheten blir hög. Samtidigt är systemet flexibelt och gynnsamt för många olika typer av uppvärmning: Solvärme, ved, pellets, flis, värmepump, vindkraft, elvärme m.m. Med en större ackumulatortank kan värmekällor med låg effekt utnyttjas, t ex solvärme eller värmepumpar. Ackumulatorkärlutjämnar dessutom skillnaderna mellan olika värmeproduktion och värmekonsumtion. Temperaturskiktningen kan samtidigt utnyttjas för att dra nytta av värmekällor med låg temperatur, t ex solvärme även molniga dagar, som kan förvärma inkommande kallvatten gratis nära botten på tanken medan "köpt bränsle" endast behöver värma i tankens övre del för att uppnå tillräcklig varmvattentemperatur.

Att beakta vid värmepumpsanläggningar

I takt med en allt ökande användning av värmepumpsanläggningar finns det ökad risk för att varmvattentemperaturen blir för låg när det blir kallt ute och värmepumpen inte ensam klarar värmebehovet. Kanske värmeanläggningen endast orkar försörja radiatorerna men inte uppnår erforderlig varmvattentemperatur om tillskottsvärmen ej kopplas till.⁴³

Systemet bör prioritera varmvattnet framför uppvärmningen vid effektbrist. Om det sen blir för kallt i huset får man starta tillskottsvär-

⁴¹ Vid enskild brunn med olämplig vattenkvalitet kan centimetertjocka kraterliknande beläggningar bildas inuti sådana varmvattenberedare inom något år. Beläggningarna utgör en stor yta där bakterier kan få fäste.

⁴² Ett veckat rör som har extra stor yta mot vattnet i tanken för att ge bra värmeöverföring med en förhållandevis kort rörlängd.

⁴³ Vid undersökningen påträffades en bergvärmepumpsvärmad flerfamiljslägenhet där varmvattnet endast var 42° C trots fem minuters spolning!

men för att inte frysa. Om varmvattnet ej prioriteras kan man hamna i ett statiskt tillstånd där all effekt går åt till att värma huset och varmvattentemperaturen sjunker ned i farligt temperaturintervall.

En del värmepumpar har särskilt "legionella-program" för att t ex gå in varannan vecka med tillskottsvärme för att höja temperaturen över 60° C för att avdöda eventuella bakterier.

Att beakta vid biobränslepannor

Flykten från oljeeldade automatiska pannor (med hög temperatur) till biobränsleeldade pannor kan medföra en ökad bakterierisk då en del inte bryr sig om att elda när det är tillräcklig temperatur inomhus. Andra låter panntemperaturen sjunka när man anser att det inte är så stort behov av varmvatten, t ex i konferensanläggningar som endast har tillfällig beläggning.

I motsats till värmepumpsanläggningar har biobränslepannor en stor effektreserv och kan enkelt upphettas⁴⁴ över 60° C för att avdöda eventuella bakterier.

Men man måste komma ihåg att endotoxinet är termostabilt och överlever kokning. Eventuella toxiner bör spolas ut innan personer ställer sig under duschen!

6.3.5 Tips till alla vattenkonsumenter

Tillse att alla tappställen spolas igenom då och då så att vatten inte blir stående halvårsvis.

Låt inte vatten stå i duschslangar och duschrör utan att tömma dem helt efter användning. Ifall det inte är möjligt bör duschen byggas om.⁴⁵

De som har sämre vattenkvalitet bör uppmanas att spola en stund (direkt i avloppet så inte aerosoler skapas i rummet) innan de ställer sig och duschar. Duschar med fast munstycke vid taket ger mer aerosoler än en handhållen dusch som kan fästas på väggen. Den sprutar inte över näsan hela tiden. Duschar som endast har en fast temperatur bör undvikas då man aldrig kan få ordentligt varmt vatten i duschen. Skållningsskydd (temperaturbegränsning) bör kunna förbikopplas för genomsköljning med 60° C varmt vatten under några minuter.

Nuförtiden duschar t ex tonåringar med en mycket högre frekvens, vissa två–tre gånger dagligen, jämfört med ett bad i veckan för kanske 40 år sedan. Detta, liksom det kraftigt ökande intresset för dusch och bad i hög temperatur och satsningar på spa, badlandskap, egna bubbelbad och avancerade spraysystem (med mindre droppstorlekar) i instängda duschkabiner, ökar exponeringen för aerosoler och därmed risken för endotoxinförgiftning och/eller problem pga *Legionella*.

Vi kan föreställa oss att något av det värsta som kan inträffa här är om duschrum ej brukas på länge men vatten finns kvar i ledningarna och lokalen är uppvärmd. (Något att tänka på för t ex orienteringsklubbar som har stugor med duschar som kanske används ytterst sällan.) Plötsligt kanske någon tar en dusch och får en rejäl dos endotoxin eller *Legionella* i lungorna!

⁴⁴ Då måste man vidta försiktighetsåtgärder så personer ej skällas av varmvattnet.

⁴⁵ Detta är kanske något för Boverket att ta tag i med avseende på krav vid nybyggnation.

Att hushålla med vatten och energi

Undersökningen har visat att man ungefär halverar endotoxinhalten i kallvatten genom att spola i två minuter istället för bara fem sekunder innan man använder vattnet. Detta resultat ligger tyvärr inte i linje med vad som är önskvärt i samhället i övrigt – att spara på vatten och energi.

Även kallvattnet kräver energi – men utanför din egen fastighet. Mycket vatten pumpas miltals från större centrala vattenverk till konsumenten. Dessförinnan kan det ha pumpats från avlägsna källor till vattenverket. Det är vanligt att 20 % av vattnet försvinner i läckage innan det når din fastighet. Att det rör sig om enorma vattenkvantiteter som både ska renas och transporteras förstår var och en eftersom varje svensk dagligen gör av med ca 190 liter vatten. Sedan ska ungefär lika mycket avloppsvatten transporteras bort och behandlas också.

Ett sätt att minska vattenförbrukningen och ändå spola kan vara att använda dagens första vatten till att spola toaletten, diska, tvätta och tappa upp blomstervatten. Sedan tar man vatten till matlagning och dryck och sist vatten till dusch. Härigenom kommer minimal onödig spolning att behövas men man kommer ändå att minska sin exponering för endotoxin.

Att blanda saft

Om man tillför en kolkälla till bakterier startar ofta en förökning av dem. Detta kan t ex vara att man blandar saft (innehållande socker) på vatten med förhöjd bakteriehalt. Detta bör uppmärksammas av personal på förskolor, sjukhem med flera ställen. Vattnet bör vara väl spolat och saften hållas kyld så det inte sker en massutveckling av bakterier.

Alla människor är inte medvetna om att man bör spola vattnet innan det används till dryck. Somliga är inte ens medvetna om att man aldrig bör använda varmvatten till dryck eller matlagning. Budskapet från Livsmedelverket att svenskt kranvatten är lika bra eller bättre än buteljerat vatten kan sannolikt feltolkas som att allt vatten som finns i en vattenledning är lika bra. Det är det inte! Vatten är snarare en känslig färskvara som är miljarder år gammal!

På resande fot

Använd din näsa och sunt förnuft vid resor till andra länder, särskilt i tredje världen. Är sjöarna och floderna färgade av blågrönalger? Luktas kranvattnet mögel? Är vattnet färgat i badkaret? Iakttag då försiktighet. Ett bad vid öppet fönster kan då passa bättre för att minska risken för endotoxin i aerosolform. Förstaförfattaren duschade i misstänkt vatten och drabbades av hög feber och frossa i tropisk värme. En afrikansk vän rekommenderade att ta medicin mot malaria. Det brukade han göra under sådana förhållanden och sedan blev man normalt bra igen nästa dag. (Jag har haft malaria och vet hur det känns.) Jag tog ingen malarimedicin men återhämtade mig ändå nästa dag – det var en typisk endotoxinförgiftning av kranvatten!

6.3.6 Obs! Vid vattenburet sjukdomsutbrott!

Vid eventuella sjukdomsfall pga dåligt vatten är det viktigt att om möjligt spara rejält med det misstänkta vattnet, gärna fem liter som kyla

och fem liter som fryses (liggande och halvfull dunk/flaska så den ej spricker). Tillse att flaskorna är helt rena och gärna sköljda flera gånger i det misstänkta vattnet.

Även om tusentals kubikmeter vatten ibland förorenats så finns det oftast inte ens en droppe kvar att analysera när vattenspecialister efter en tid kontaktats för att utreda orsaken till sjukdomsutbrott.

6.3.7 Ansvariga för sjöar

Sjöarnas tillstånd och åtgärder som kan bibehålla eller helst förbättra vattenkvaliteten bör lyftas fram inom många olika ansvarsområden i samhället. Sjöar och vattendrag utgör i många fall värdefulla källor för såväl enskilda såväl som kommuners vattenförsörjning. Dessutom är alla vilda djur och organismer fullständigt beroende av rent vatten för sin överlevnad – utan att filtrera det i tekniska anläggningar.

Vi måste vara rädda om deras och vårt viktigaste livsmedel – vatt-net!

7. Referenser

- Anderson W, Slawson R, Mayfield C (2002) A review of drinking-water-associated endotoxin, including potential routes of human exposure. *Canadian Journal of Microbiology* 48:567–587
- Annadotter H (1993) *Algtoxiner i dricksvatten*.
VA-Forsk Rapport 1993-03
- Annadotter H (2007) *En limnologisk undersökning av Luhrsjön 2006. En utredning åt Luhrsjöns Fiskevårdsområdesförening*.
Tekniska kontoret, Hässleholms kommun
- Annadotter H, Cronberg G (2007) *Undersökning om förekomst av algtoxiner och algceller i renvatten från Ringsjöverket 2006–2007*.
Ekologiska Institutionen, Limnologi. Lunds Universitet
- Annadotter H, Cronberg G, Aagren R, Lundstedt B, Nilsson PÅ, Ströbeck S (1999) Multiple techniques for the restoration of a hypertrophic lake. I: *The ecological basis for Lake and Reservoir Management*. Harper D, Brierly W, Phillips G, Fergusson A. (red.). Hydrobiologia 395/396. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Press, s. 77–85
- Annadotter H, Cronberg G, Hellström T, Nilsson J (2006) Why does the non-nitrogen fixing cyanobacterium proliferate at the lowest ratios of N/P? I: Annadotter, H. *Mass developing cyanobacteria in temperate and tropical freshwater bodies- ecology, toxins and effects on human health*. Diss. Köpenhamns universitet s. 113–148
- Annadotter H, Cronberg G, Nyolo T (2000) A malaria-like syndrome after baths and showers in cyanobacteria-contaminated water: the importance of lipopolysaccharide endotoxins. I: *Lake Victoria 2000: A new beginning. International Conference 16th–19th May, 2000, Jinja, Uganda*. Abstraktsamling. Lake Victoria Fisheries Organization. s. 23
- Annadotter H, Cronberg G, Nyström R, Rylander R (2005) Endotoxins from Cyanobacteria and Gram-negative Bacteria as the cause of an Acute Influenza-like Reaction after Inhalation of Aerosols. *Ecohealth* 2:1-14
- Atterholm I, Ganrot-Norlin K, Ringertz O (1978) Fever attacks after Bath Tub Baths. *Läkartidningen* 75:549–551
- Beck J, Mikkelsen T (2002) Bakteriologisk aktivitet i vandförsyrningar. *VANDteknik* 1:10–11
- Boverket (2001) Har du legionella bakterier i dina vattenledningar? Boverket 7147-585-0
- Boverket (2006) *Legionella* i vatteninstallationer. Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärd legionellainfektion. Boverket, Smittskyddsinstitutet och VVS-Installatörerna 2006
- Boverket (2008) Boverkets byggregler, BBR 2008. Varmvatten-temperaturer för personlig hygien och hushållsändamål. BBR 6:621

- Burger JS, Grabow WOK, Kfir R (1989) Detection of endotoxins in reclaimed and conventionally treated drinking water. *Water Research* 23:733–738
- Charnock C, Kjønne O (2000) Assimilable organic carbon and biodegradable dissolved organic carbon in Norwegian raw and drinking water. *Water Research* 34:2629–2642
- Chu FS, Huang X, Wei RD (1990) Enzyme-linked immunosorbent assay for microcystins in blue-green algal blooms. *Journal for the Association of Analytical Chemistry* 73:451–456
- Cohen O, Reichenberg A, Perry C, Ginzberg D, Pollmacher T, Soreq H, Yirmiya, R (2003) Endotoxin-induced changes in human working and declarative memory associated with cleavage of plasma "readthrough" acetylcholinesterase. *Journal of Molecular Neuroscience* 21:199–212
- Cowles RP, Brambel E (1936) A study of the environmental conditions in a bog pond with special reference to the diurnal distribution of *Gonyostomum semen*. *Biological Bulletin* 68:286–298
- Cronberg G (1996) *Cyanophytes in Scanian lakes during the 20th century*. Ekologiska institutionen, Limnologi, Lunds universitet
- Cronberg G (2005) The life cycle of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae). *Phycologica* 44:285–293
- Cronberg G, Annadotter H (1997) *Växtplanktonundersökningar i sjöar inom Hässleholms kommun Sommaren 1995*. Miljöskyddsprogrammet Rapport 1/97. Hässleholms kommun s. 26–29
- Cronberg G, Annadotter H (1996) *Förekomst av algtoxiner i sjöar, Malmöhus län 1994–1995*. Limnologiska avdelningen, Ekologiska Institutionen, Lunds Universitet s. 32
- Cronberg G, Annadotter H (2007) *Växtplankton- och toxinundersökning av renvatten från Vombverket, 2006–2007*. Ekologiska institutionen, Limnologi, Lunds universitet. s. 10
- Cronberg G, Annadotter H, Lawton L (1999) The occurrence of toxic blue-green algae in Lake Ringsjön, southern Sweden, despite nutrient reduction and fish biomanipulation. *Hydrobiologia* 404:123–129
- Cronberg G, Lindmark G, Björk S (1988) Mass development of the flagellate *Gonyostomum semen* (Raphidophyta) in Swedish forest lakes – an effect of acidification. I: Flagellates in freshwater ecosystems, Jones R & Ilmavirta V (red.) *Hydrobiologia* 161:217–236
- Cronberg S (1997) *Infektioner, Sjukdomsbild, miljö, behandling*. Liber
- Drews G (1982) Fine structure and chemical composition of the cell envelopes. I: *The biology of cyanobacteria*, Carr, Noel Gordon & Whitton Brian (red.) Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications s. 99–116
- Hedenberg G (1997) Endotoxiner i dricksvatten inget problem. *VAV-NYTT* 4:46

- Heise HA (1949) Symptoms of hay fever caused by algae. *Journal of Allergy* 20:383–385
- Hindman SH, Carson LA, Favero MS, Petersen NJ, Schonberger LB, Solano JT (1975) Pyrogenic reactions during haemodialysis caused by extramural endotoxin. *The Lancet* 2:732–734
- Istvanovics V, Pettersson K, Rodrigo MA, Pierson D, Padisak J, Colom W (1993) *Gloeotrichia echinulata*, a colonial cyanobacteria with a unique phosphorus uptake and life strategy. *Journal of Plankton Research* 15:531–552
- Jorgensen JH, Carvajal HF, Chipps BE, Smith RF (1973) Rapid detection of gram-negative bacteria by the use of the *Limulus* endotoxin assay. *Applied and Environmental Microbiology* 26:38–42
- Keinänen M, Korhonen L, Lehtola M, Miettinen I, Martikainen P, Vartiainen T, Suutari M (2002) The Microbial Community Structure of Drinking Water Biofilms Can Be Affected by Phosphorus Availability. *Applied and Environmental Microbiology* 68:434–439
- Keleti G, Sykora J (1982) Production and properties of cyanobacterial endotoxins. *Applied and Environmental Microbiology* 43:104–109
- King JN, Gerring EL (1991) The action of low dose endotoxin on equine bowel motility. *Equine Veterinary Journal* 23:11–17
- Krabbe KS, Reichenberg A, Yirmiya R, Smed A, Pedersen BK, Bruunsgaard H (2005) Low-dose endotoxemia and human neuro-psychological functions. *Brain, behaviour, and Immunity* 19:453–460
- LeChevallier MW, Cawthon CD, Lee RG (1988) Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies. *Applied and Environmental Microbiology* 54:649–654
- Levin J (1987) The limulus amebocyte lysate test: perspectives and problems. I: *Detection of Bacterial Endotoxins with the Limulus Amebocyte Lysate Test*. Stanley, Watson & Levin, Jack. (red.) New York, Alan R. Liss. s. 1–23
- Levin J, Bang F (1968) Clottable protein in limulus: its localization and kinetics of its coagulation by endotoxin. *Thrombosis et diathesis haemorrhagica* 19:186–197
- Martin C, Codd G, Siegelman H, Weckesser J (1989) Lipopolysaccharides and polysaccharides of the cell envelope of toxic *Microcystis aeruginosa* strains. *Archives of Microbiology* 152:90–94
- McGregor FR, Walenczak WD, Rogers R, Magnetti L (1993) Case-study: ozone-based water treatment for high quality air and water in a municipal swimming center. I: *Ozone in Water and Wastewater Treatment: Proceedings of the International Ozone Associations' 11th Ozone World Congress, 29 August – 3 September, San Francisco, California*.
- Michel O, Nagy AM, Schroeven M, Duchateau J, Neve J, Fondu P, Sergusels R (1997) Dose-response relationships to inhaled endotoxin in normal subjects. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 156:1157–1164

- Michel O, Duchateau J, Sergysels R (1989) Effect of inhaled endotoxin on bronchial reactivity in asthmatic and normal subjects. *Journal of Applied Physiology* 66:1059–1064
- Moore JN, Barton MH (2003) Treatment of endotoxemia. *Veterinary Clinics of North America. Equine Practise* 19:681–695
- Muittari A, Kuusisto P, Virtanen P, Sovijärvi A, Grönroos P, Harmoinen A et al. (1980a) An epidemic of extrinsic allergic alveolitis caused by tap water. *Clinical Allergy* 10:77–90
- Muittari A, Rylander R, Salkinoja-Salonen M (1980b) Endotoxin and bath water fever. *The Lancet* 2:89
- Neihardt FC, Ingraham JL, Schaechter M (1990) *Physiology of the bacterial cell: a molecular approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass
- Novitsky T (1993) *Comparison of various LAL methods*. LAL update. Vol. 11. Issue 1. Associates of Cape Cod Incorporated, Falmouth, Mass. s. 2–4
- Oikawa M, Ohnami Y, Koike M, Park CH, Oyamada T (2007) Endotoxin-induced Injury of the Central, Autonomic and Enteric Nervous Systems and Intestinal Muscularis in Thoroughbred Horses. *Journal of Comparative Pathology* 136:127–132
- Pan W, Kastin AJ (2004) Polypeptide across the blood-brain barrier. *CNS & Neurological Disorders – Drug Targets* 3:131–136
- Pettersson K, Herlitz E, Istvanovics V (1993) The role of *Gloeotrichia echinulata* in the transfer of phosphorus from sediments to water in Lake Erken. *Hydrobiologia* 253:123–129
- Pfeiffer R (1892) Untersuchungen über das Chloleragift. *Zf. f. Hygiene* 11: 393–412
- Pilotto LS, Douglas RM, Burch MD, Cameron S, Beers M, Rouch GR et al. (1997) Health effects of recreational exposure to cyanobacteria (blue-green) during recreational water-related activities. *Australian & New Zealand Journal of Public Health* 21:562–566
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA (2002) *Microbiology*. 5th ed. McGraw-Hill Companies, Inc. New York s. 799–801
- Rapala J, Lahti K, Räsänen L, Esala AL, Niemilä S, Sivonen K (2002) Endotoxins associated with cyanobacteria and their removal during drinking water treatment. *Water Research* 36:2627–2635
- Reichenberg A, Yirmiya R, Schuld A, Kraus T, Haak M, Morag A, Pollmacher T (2001) Cytokine-associated emotional and cognitive disturbances in humans. *Archives of General Psychiatry* 58:445–452
- Rietschel E, Brade H (1992) Bacterial endotoxins. *Scientific American* 267:54–61
- Rylander R, Bake B, Fischer JJ, Helander IM (1989) Pulmonary function and symptoms after inhalation of endotoxins. *American Review of Respiratory Diseases* 140:981–986

Rylander R, Haglind P, Lundholm M, Mattsby I, Stenqvist K (1978) Humidifier fever and endotoxin exposure. *Clinical Allergy* 8:511–516

Sandström T, Bjermer L, Rylander R (1992). Lipopolysaccharide (LPS) inhalation in healthy subjects increases neutrophils, lymphocytes and fibronectin levels in bronchoalveolar lavage fluid. *European Respiratory Journal* 5:992–996

Socialstyrelsen (2006) *Dricksvatten från enskilda brunnar och mindre vattenanläggningar*. ISBN 91-85482-73-0

Socialstyrelsen (2008) *Dricksvatten från enskilda vattentäkter*. Socialstyrelsens artikelnummer 2008-109-15

Sörensen I (1954) *Gonyostomum semen* (Ehrenb.) Diesing – en svensk vattenorganism av teoretiskt och praktiskt intresse. *Svensk Faunistisk Revy* 2:1–5

Thorn J, Rylander R (1998) Inflammatory response after inhalation of bacterial endotoxin assessed by the induced sputum technique. *Thorax* 53:1047–1052

Thorn J, Beijer L, Rylander R (2005) *Hälsorisker till följd av exponering för mikroorganismer vid arbete i reningsverk – information till anställda och arbetsledning i reningsverk*. VA-Forsk rapport Nr 2005–07

Tortora GJ, Funke BR, Case CL (2001) *Microbiology: an introduction*. Benjamin Cummings, an Imprint of Addison Westley, Boston, Mass. s. 443–446

Tracey KJ, Beutler B, Lowry SF, Merryweather J, Wolpe S, Milsark I (1986) Shock and Tissue Injury Induced by Recombinant Human Cachectin. *Nature* 234:470–474

Tracey KJ, Fong Y, Hesse DG, Manogue KR, Lee AT, Kuo GC (1987) Anti-cachectin/TNF monoclonal antibodies prevent septic shock during lethal bacteraemia. *Nature* 330:662–664

Ulmer A (1997) Biochemistry and Cell Biology of Endotoxins. *International Journal of Occupational and Environmental Health Supplement* 3:8–17

Wahren H (1996) *Stort vattenburet sjukdomsutbrott i Skåne 1995*. Rapport 3/96. Livsmedelsverket

Watson SW, Novitsky TJ, Quinby HL, Valois FW (1977) Determination of bacterial number and biomass in the marine environment. *Applied and Environmental Microbiology* 33:940–946

Worm J, Søndergaard M (1998) Dynamics of heterotrophic bacteria attached to *Microcystis* spp. (Cyanobacteria). *Aquatic Microbial Ecology* 14:19–28



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se