

HANDBOK

DRICKSVATTENRISKER

Cyanotoxiner i dricksvatten



Serien för dricksvattenrisker
Ett samarbetsprojekt

Denna titel kan laddas ner från: www.livsmedelsverket.se/publicerat-material/.

Citera gärna Livsmedelsverkets texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovsmannens tillstånd att använda dem.

© Livsmedelsverket, 2018

ISSN 1104-7089

Foto/illustration omslag: Livsmedelsverket

Grafisk produktion: Livsmedelsverket

Förord

Cyanobakterier är mikroskopiska organismer som finns naturligt i ytvatten. Massförekomster av cyanobakterier kallas algbloomningar. Cyanobakterier är kända för att producera så kallade cyanotoxiner. Antalet toxiska algbloomningar ökar över hela världen varje år och kan bland annat kopplas till högre genomsnittlig vattentemperatur (global uppvärmning) och övergödning av sjöar och floder som ett resultat av stads-, industri- och jordbruksverksamhet.

Algbloomningar utgör också ett hot mot svensk dricksvattenproduktion. Under 2017 drabbades två dricksvattentäkter i Norrbottens och Kalmar län av allvarliga algbloomningar som bland annat ledde till kontakt med VattenKatastrofGruppen (VAKA). I ett av fallen resulterade händelsen i ett veckolångt stopp i leveransen av dricksvatten till konsumenterna.

Syftet med denna handbok är att producenter och tillhandahållare av dricksvatten samt kontrollmyndigheter ska kunna fatta de beslut som är nödvändiga för att motverka att dricksvattnet innehåller halter av cyanotoxiner som är så höga att de kan innebära en hälsorisk för konsumenterna.

Handboken informerar om hur algbloomningar uppstår, vilka cyanotoxiner som finns, åtgärdsgränser för cyanotoxiner i dricksvatten, i vilken utsträckning de olika dricksvattenberedningsstegen avskiljer eller inaktiverar cyanotoxiner samt om provtagning och analys av cyanotoxiner.

Detta är den andra handboken i en serie om dricksvattenrisker. Den första handboken handlade om mikrobiologiska risker i ytråvatten. Framöver kommer handböcker om barriärverkan, sjukdom kopplat till dricksvatten och anpassning av dricksvattenproduktion till ett förändrat klimat.

Medverkande

Finansiering: Handboken är framtagen inom ett MSB-finansierat projekt med titeln ”Förstärkt förmåga hos dricksvattenproducenterna till faroanalys och riskhantering vid toxisk algbloomning i vattentäkt” som har pågått mellan 2016 – 2018. Underlag till handboken är också framtaget under projektet ”Metoder för tidig varning och krisberedskap för toxiner från cyanobakterier (blå-gröna alger) i dricksvattentäkt” som pågick mellan 2013 – 2015.

Projektledning: Sandra Strandh och Caroline Dirks, Livsmedelsverket

Ansvarig konsult för avsnitten ”Vilka orsaker finns till algbloomning och cyanobakterier?”, ”Sveriges dricksvattenförsörjning” och ”Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner”: Louise Jansson, Sweco Environment AB

Riskvärderingsunderlag: Ulla Beckman Sundh, Livsmedelsverket

Livsmedelsverket, november 2018

Kristina Granelli
Avdelningschef, Kemiavdelningen

Innehåll

Förord	3
Medverkande	3
Sammanfattning	6
Inledning	7
Bakgrund	8
Cyanobakterier kan bilda cyanotoxiner	8
Så bildas cyanotoxiner	8
På vilket sätt är cyanotoxiner skadligt hos människor?	9
Vilka orsaker finns till algbloomning?	9
Sveriges dricksvattenförsörjning	11
Åtgärdsgränser för och hälsoeffekter av cyanotoxiner i dricksvatten	12
Att förebygga, undersöka och vidta åtgärder	14
Steg 1: Genomför faroanalys	16
Steg 2: Utför visuell inspektion vid råvattenintaget	16
Steg 3: Undersök råvattnet	18
Steg 4: Undersök dricksvattnet och/eller vattnet i vattenverket	18
Steg 5: Vidta åtgärder för att sänka halterna i dricksvattnet och informera konsumenterna	19
Informera konsumenterna	20
Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner	21
Kemisk fällning	22
Långsamfilter	23
Inaktiverande desinfektions- och oxidationsmetoder	23
Kaliumpermanganat	24
Klor	24
Klordioxid	24
Kloramin	25
UV	25
Ozon	25
Membrantekniker	26
Aktivt kol	26
Provtagning och analys av cyanotoxiner	28

Att analysera cyanotoxiner	28
Provtagning av vatten för analys.....	28
Bilaga 1	30
Mikrocystiner	30
Åtgärdsgräns.....	30
Motiv för rådet	30
Anatoxin-a och homoanatoxin-a	31
Åtgärdsgräns.....	31
Motiv för rådet	32
Cylindrospermopsiner	33
Åtgärdsgräns.....	33
Motiv för rådet	33
Saxitoxiner	34
Åtgärdsgräns.....	34
Motiv för rådet	34
Nodulariner	35
Åtgärdsgräns.....	35
Motiv för rådet	36

Sammanfattning

Den här handboken innehåller rekommendationer för att hantera risker med cyanotoxiner i råvatten och dricksvatten. När det finns höga halter av cyanotoxiner i dricksvattnet kan det i vissa fall ge akuta och allvarliga hälsoeffekter. Till exempel kan levern påverkas, skelett- och andningsmuskulaturen förlamas och i värsta fall kan djur och människor som fått i sig cyanotoxiner dö.

Syftet med handboken är att producenter och tillhandahållare av dricksvatten samt kontrollmyndigheter ska kunna fatta de beslut som är nödvändiga för att motverka att dricksvattnet innehåller halter av cyanotoxiner som är så höga att de kan innebära en hälsorisk.

Vi på Livsmedelsverket har tagit fram åtgärdsgränser för cyanotoxiner i dricksvatten. Åtgärdsgränserna behövs för att kunna bedöma om halterna av cyanotoxiner i dricksvattnet är så höga att de kan utgöra en hälsorisk och därför måste sänkas eller, alternativt, att konsumenterna måste avrådas från att dricka vattnet.

Vi har också tagit fram en rekommendation som beskriver hur producenter och tillhandahållare av dricksvatten kan arbeta för att förebygga och undvika att cyanotoxiner finns i dricksvatten. Rekommendationerna innehåller åtgärder som bör vidtas om man upptäcker att det finns cyanotoxiner i rå- eller dricksvatten.

Handboken sammanfattar också de beredningsmetoder som kan avskilja eller inaktivera cyanobakterier och cyanotoxiner i vattenverket. Varje grupp av cyanotoxiner har olika förutsättningar för avskiljning/inaktivering. För att utvärdera om vattenverket har möjlighet att avskilja/inaktivera toxinet är det en fördel att veta vilken typ av toxin som förekommer och om toxinet förekommer intracellulärt (inuti cyanobakterien) eller extracellulärt (löst i vattnet).

Handboken tar även upp att provtagning och analys av cyanotoxiner i vatten kan utföras på olika sätt. Antingen kan de mätas med avancerade instrument, oftast LC-MS/MS (vätskekromatografi-masspektrometri), eller med immunokemiska kit. Immunokemiska kit är enkla och snabba och fungerar därför utmärkt i driftkontrollen på ett vattenverk. LC-MS/MS är en kostsam och specialiserad analys som endast vissa laboratorier kan utföra.

Inledning

Den här handboken innehåller rekommendationer för att hantera risker med cyanotoxiner i råvatten och dricksvatten. Idag finns inga rättsligt bindande gränsvärden för cyanotoxiner i dricksvatten, men dricksvatten får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan innebära en risk för människors hälsa. Se 7 § Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten, från och med nu kallad SLVFS 2001:30. Därför har vi på Livsmedelsverket tagit fram den här handboken.

Syftet är att producenter och tillhandahållare av dricksvatten samt kontrollmyndigheter ska kunna fatta de beslut som är nödvändiga för att motverka att dricksvattnet innehåller halter av cyanotoxiner som är så höga att de kan innebära en hälsorisk.

Våra rekommendationer riktar sig till de producenter och tillhandahållare av dricksvatten som använder ytvatten som råvatten och de som använder grundvatten med konstgjord infiltration. Informationen omfattar inte övriga dricksvattenanläggningar där råvattnet kommer från grundvatten eller ytvattenpåverkat grundvatten eftersom cyanotoxiner inte är relevanta faror i sådana anläggningar.

Bakgrund

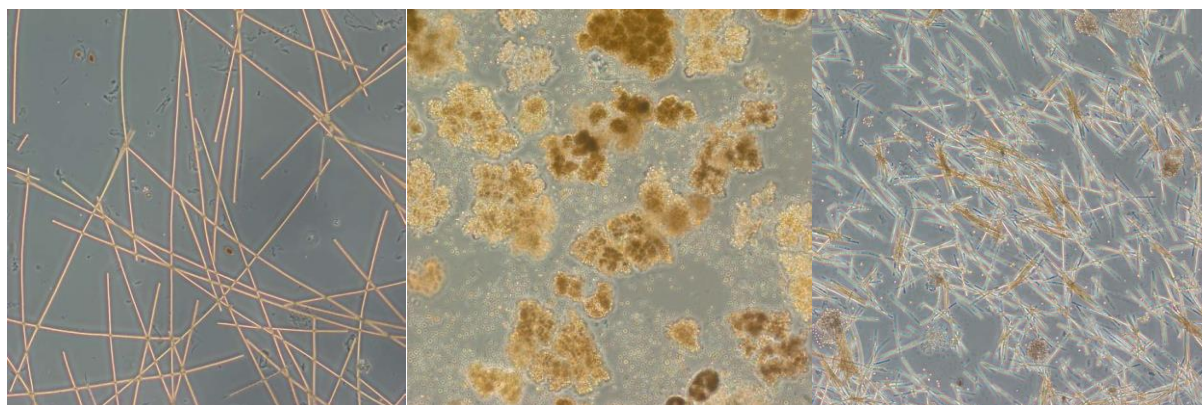
Cyanobakterier kan bilda cyanotoxiner

Cyanobakterier är mikroskopiska organismer som finns naturligt i ytvatten. Tidigare har cyanobakterier kallats blågröna alger. Massförekomster av cyanobakterier kallas blomningar och uppträder ibland i näringsrika ytvatten. Sådana massförekomster är ofta synliga för ögat som en färgskiftning eller som klumpar i vattnet. Cyanobakterier kan även ge lukt och smak till vattnet.

I första hand är det i ytvattentäcker som det finns risk för massförekomster, men också i dammar där ytvatten infiltreras. Blomningar förekommer i vatten i hela Sverige och kan pågå från några timmar upp till flera veckor.

Vissa arter av cyanobakterier kan bilda toxiner (gifter), så kallade cyanotoxiner. De vanligaste grupperna av cyanotoxiner som kan bildas i svenska vatten är mikrocystiner, saxitoxiner, anatoxin-a och homoanatoxin-a, cylindrospermopsiner och nodulariner. Inom alla grupper finns det flera olika varianter av toxin. Till exempel finns det över 120 olika mikrocystiner och över 50 olika saxitoxiner. Nodulariner förknippas med blomningar i Östersjöns bräckta vatten. Det gör att nodulariner är en relevant fara vid avsaltning av vatten för dricksvattenproduktion. De övriga toxinerna har alla hittats i svenska ytvattentäcker och infiltrationsdammar/infiltrationsbäddar.

För att hantera risker är det med nuvarande kunskap lämpligt att utgå från att alla massförekomster av cyanobakterier kan innehålla cyanotoxiner. I bilden nedan (figur 1) visas exempel på släkten av cyanobakterier som kan bilda toxiner.



Planktothrix

Microcystis och *Woronichinia*

Aphanizomenon

Figur 1. Exempel på cyanobakteriesläkten som kan bilda toxiner. Foto: Eva Herlitz, SLU

Så bildas cyanotoxiner

Flera arter av cyanobakterier kan bilda olika typer av cyanotoxiner med olika grad av giftighet. Toxiner bildas inne i cyanobakterien och finns oftast i cellen, men de kan också lösas ut i vattnet. När celler av toxinbildande cyanobakterier dör eller går sönder frigörs cellbundna cyanotoxiner till vattnet. Det kan till exempel ske i vissa processer i vattenverket.

Cyanobakterier behöver solljus för att kunna fotosyntetisera och finns därför ofta vid vattenytan, framför allt om vattnet innehåller mycket organiskt material och ljuset inte kan tränga ner till djupare vattenlager. En massförekomst av cyanobakterier behöver dock inte alltid vara synlig vid vattenytan utan kan finnas i djupare vattenlager eller växa på sediment, stenar eller botten.

Cyanotoxiner bryts ner långsamt i miljön. Cyanobakterier och deras toxiner förökar sig inte i kroppen och kan inte spridas mellan människor.

På vilket sätt är cyanotoxiner skadligt hos människor?

När det finns höga halter av cyanotoxiner i dricksvattnet kan det i vissa fall ge akuta och allvarliga hälsoeffekter. Till exempel kan levern påverkas, skelett- och andningsmuskulaturen förlamas och i värsta fall kan djur och människor som fått i sig cyanotoxiner dö. Fler exempel på vilka hälsoeffekter som är kopplade till de olika toxinerna finns i avsnittet ”Åtgärdsgränser för och hälsoeffekter av cyanotoxiner i dricksvatten”.

Dricksvatten som innehåller cyanotoxiner i höga halter ska inte användas till mat och dryck. Toxinerna förstörs inte genom att man kokar vattnet. Därför är det förebyggande arbetet i råvattentäkten och vattenverket avgörande för en framgångsrik riskhantering och för att minska halterna av toxiner i dricksvattnet så snabbt som möjligt. Det är också viktigt med en tydlig kommunikation med konsumenterna i de fall där cyanotoxiner finns i dricksvattnet.

Vilka orsaker finns till algblomning?

Algblomningar förekommer oftast under högsommaren (juli och augusti) och delar av hösten¹, men kan även förekomma under resten av året. Ett exempel på det är en cyanobakterieart som blommar under isen på vintern².

Vissa släkten av cyanobakterier kan reglera flytförmågan och därmed förflytta sig i djupled. Det gör att en blomning snabbt kan skifta mellan olika djup³. Det finns flera faktorer som gynnar blomningar av cyanobakterier och därmed ökar risken för toxinbildning. Generellt är lugnt, varmt och torrt väder gynnsamt för blomningarna.

Det går inte att peka ut en enskild faktor som kan förutsäga att en blomning kan uppstå i vattentäkten, men dricksvattenproducenten kan samla in information för att utvärdera risken i den egna vattentäkten. Här följer exempel på sådan information⁴:

- Typ av råvatten – till exempel förväntas råvatten som kommer från grundvatten inte innebära någon risk för förekomst av cyanotoxiner. På samma sätt är snabbflödande och näringsfattiga floder mindre sårbara än näringsrika sjöar och reservoarer.

¹ Länsstyrelsen. (2007). Algblomning - frågor och svar. Länsstyrelsen i Stockholms län.

² Larson, D., Ahlgren, G., & Willén, E. (2014). Bioaccumulation of microcystins in the food web: a field study of four Swedish lakes. *Inland Waters*, 4, 91-104.

³ Annadotter, H. (2006). Kvävet betydelse för cyanobakterier och andra vertikalmigrerande alger - en studie av åtta sjöar. VA-Forsk, Svenskt Vatten.

⁴ US EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*. US EPA.

- Vattenkvalitet – historiska data om till exempel halten cyanobakterier i råvattnet kan ge information om sannolikheten för framtida algblomningar i vattentäkten. Exempel på detta kan vara tidigare kända fall där djur blivit förgiftade av råvattnet, kommunens besiktning vid provtagning av badvatten eller inventering av utsläppspunkter för näringsämnen som fosfor och kväve inom tillrinningsområdet.
- Klimat- och väderinformation – höjd vattentemperatur, kraftiga regn, torka och starka vindar kan påverka när en algblomning uppstår och hur länge den varar.
- Markanvändning inom tillrinningsområdet – viss markanvändning kan öka halten näringsämnen i vattentäkten, speciellt de som leder till överskott av näringsämnen.
- Höga halter av näringsämnen – till exempel totalfosfor och totalkväve.

Livsmedelsverket rekommenderar att dricksvattenproducentens faroanalys ligger till grund för vilka parametrar som mäts i råvattnet. Dessutom bör totalfosfor och totalkväve mätas i vattentäkten regelbundet under året för att kunna se trender. Detta beskrivs närmare i avsnittet ”Att förebygga, undersöka och vidta åtgärder”.

Både kväve och fosfor är viktiga att ha kontroll på för att kunna förebygga blomningar av cyanobakterier⁵. En minskning i koncentrationen av dessa ämnen är avgörande för att minska blomningarna⁶. Koncentrationen totalfosfor bör inte överstiga 20 µg/l för att minska risken för cyanobakterieblomningar⁷, medan det inte finns något motsvarande riktvärde för totalkväve. Vattentemperatur är ett annat exempel på en faktor som kan vara viktig men det finns också många andra betydelsefulla faktorer.

Under sommaren 2017 inträffade åtminstone två cyanobakterieblomningar i svenska ytvattentäkter som drabbade dricksvattenproduktionen. En i Norrbottens län där befolkningen avråddes från att dricka kranvattnet och duscha i det under en veckas tid. Den andra blomningen inträffade i råvattnet vid ett vattenverk i Kalmar län där blomningen följde med in i vattenverket. Blomningen innehöll cyanotoxiner som kunde renas bort i ett av beredningsstegen. I det fallet behövde restriktioner inte införas för konsumtion av dricksvattnet eftersom det färdiga dricksvattnet inte innehöll cyanotoxiner.

Det finns exempel på vattenverk i Sverige med årligen återkommande algblomningar i dricksvattentäkten där man arbetar med att ta fram lämpliga tekniker för förbehandling av råvattnet med målet att reducera cyanobakterier och fosfor.

⁵ Paerl, H. W., Hall, N. S., & Calandrino, E. S. (2011). Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of the Total Environment*, 409, 1739-1745.

⁶ Meriluoto, J., Blaha, L., Bojadzija, G., Bormans, M., Brient, L., Codd, G. A., Kurmayer, R. (2017). Toxic cyanobacteria and cyanotoxins in European waters - recent progress achieved through the CYANOCOST Action and challenges for further research. *Advances in Oceanography and Limnology*, 8, 161-178.

⁷ Carvalho, L., McDonald, C., de Hoyos, C., Mischke, U., Phillips, G., Borics, G., Cardoso, A. C. (2013). Sustaining recreational quality of European lakes: minimizing the health risks from algal blooms through phosphorus control. *Journal of Applied Ecology*, 50, 1365-2664. Hämtat från ec.europa.eu.

Flera av de faktorer som nämnts som kan gynna blomning av cyanobakterier sammanfaller med klimatförändringarna^{8,9}. Ett exempel på detta är förhöjd vattentemperatur. Det innebär att blomningarna förväntas öka framöver.

Sveriges dricksvattenförsörjning

I Sverige finns ca 5 600 registrerade dricksvattenanläggningar som ska uppfylla kraven i SLVFS 2001:30. Cirka 50 procent av Sveriges befolkning försörjs med dricksvatten som bereds från ytvatten (sjöar och vattendrag). Cirka 25 procent försörjs med dricksvatten som bereds från grundvatten och 25 procent från infiltrerat grundvatten. Ytvattenverken är färre än grundvattenverken, men är ofta större. Exempelvis försörjs Stockholm, Göteborg och Linköping med dricksvatten från ytvatten.

De vanligaste beredningsmetoderna vid svenska ytvattenverk är kemisk fällning tillsammans med klordosering, kemisk fällning med UV-desinfektion samt kemisk fällning, långsamfilter och klor.

Grundvattenverk med konstgjord infiltration kan också påverkas av cyanotoxiner. Om en algblomning sker i det ytvatten som används för att förstärka vattenverkets grundvattenproduktion kan vattnets kvalitet påverkas. De vanligaste beredningsmetoderna vid sådana vattenverk är klorering eller UV-desinfektion¹⁰.

De olika beredningsmetodernas möjlighet att avskilja eller inaktivera cyanobakterier och cyanotoxiner beskrivs i avsnittet ”Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner”.

⁸ O'Neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A., & Gobler, C. J. (2012). The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 14, 313-334.

⁹ Santi Delia, A., Caruso, G., Melcame, L., Parisi, S., & Laganà, P. (2015). Biological Toxins from Marine and Freshwater Microalgae kapitel 2. i G. Caruso, P. Laganà, A. Santi Delia, S. Parisi, C. Barone, L. Melcame, & F. Mazzù, *Microbial Toxins and Related Contamination in the Food Industry* (ss. 13-55). Springer.

¹⁰ Svenskt Vatten. (2014). *Mikrobiologiska säkerhetsbarriärer-Lägesrapport efter uppdatering av databas 2014*. Uppsala: Svenskt Vatten.

Åtgärdsgränser för och hälsoeffekter av cyanotoxiner i dricksvatten

Idag finns inga rättsligt bindande gränsvärden för cyanotoxiner i dricksvatten. WHO har ett riktvärde för mikrocystin-LR i dricksvatten som är 1 µg/l. Även om det saknas gränsvärden för cyanotoxiner så får dricksvattnet inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan innebära en risk för människors hälsa. Se 7 § SLVFS 2001:30. För att uppfylla det kravet krävs även att undersökningar av andra ämnen än de som anges i bilaga 2 till SLVFS 2001:30 ska utföras om det finns anledning att misstänka att de kan förekomma i sådana halter att de kan innebära risk för människors hälsa. Se 13 § SLVFS 2001:30. Därför har Livsmedelsverket tagit fram åtgärdsgränser för cyanotoxiner.

Åtgärdsgränserna behövs för att producenter och tillhandahållare av dricksvatten samt kontrollmyndigheter ska kunna bedöma om halterna av cyanotoxiner i dricksvattnet är så höga att de kan utgöra en hälsorisk och därför måste sänkas eller, alternativt, att konsumenterna måste avrådas från att dricka vattnet.

Syftet med de åtgärder som rekommenderas är att snabbt minska exponeringen av cyanotoxiner via dricksvatten. För dricksvatten som omfattas av SLVFS 2001:30 används principen att alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka vattnet under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker.

Åtgärdsgränserna bör tillämpas på dricksvatten (utgående och hos användare) men kan också användas som riktvärden för cyanotoxinhalten i råvatten. Här finns en sammanfattning av åtgärdsgränserna för respektive cyanotoxin:

- Mikrocystiner 1 µg/l
- Anatoxin-a och homoanatoxin-a 1 µg/l
- Cylindrospermopsiner 1 µg/l
- Saxitoxiner 3 µg/l
- Nodulariner 1 µg/l

I tabellen nedan (tabell 1) finns sammanfattad information om cyanotoxiner i dricksvatten. Mer information om riskvärderingarna finns i bilaga 1 till handboken.

Tabell 1. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för cyanotoxiner.

Cyanotoxiner	Åtgärdsgräns	Hälsoeffekter	Förekomst
Mikrocystiner	1 µg/l	Mikrocystiner är toxiner som i första hand påverkar levern, men även andra organ kan drabbas av skador. Svår akut förgiftning av mikrocystiner kan leda till dödsfall på grund av inre blödning i levern.	Söt-, bräckt och marina vatten
Anatoxin-a och homoanatoxin-a	1 µg/l	Anatoxin-a och homoanatoxin-a är nervtoxiner som kan ge förlamning av skelett- och andningsmuskulatur, vilket kan leda till dödsfall.	Söt- och bräckt vatten
Cylindrospermopsiner	1 µg/l	Främsta målorgan för cylindrospermopsiner är sannolikt lever och njure. Cylindrospermopsiner kan ge symptom som kräkning, huvudvärk, feber och blodiga diarréer.	Söt-, bräckt och marina vatten
Saxitoxiner	3 µg/l	Symtom på förgiftning av PSTs (Paralytic Shellfish Toxins, där saxitoxiner ingår) kan variera i svårighetsgrad. Mildare fall kan begränsa sig till stickningar kring mun, läppar och tunga. Vid allvarigare förgiftning sprider sig detta till ansikte och hals, muskelsvaghet och känselbortfall i armar och ben kan följa. Vid svår förgiftning följer andningssvårigheter, och muskelförlamning som kan vara total. Om förlamningen även påverkar andningsmuskulaturen, leder detta till döden om inte respiratorvård kan ges.	Söt-, bräckt och marina vatten
Nodulariner	1 µg/l	Nodulariner är toxiner som i första hand påverkar levern, men även andra organ kan drabbas av skador. Svår akut förgiftning av nodulariner kan leda till dödsfall på grund av inre blödning i levern.	Bräckt vatten

Att förebygga, undersöka och vidta åtgärder

Livsmedelsverket har tagit fram en rekommendation som beskriver hur producenter och tillhandahållare av dricksvatten kan arbeta för att förebygga och undvika att cyanotoxiner finns i dricksvatten. Rekommendationerna innehåller också de åtgärder som bör vidtas om man upptäcker att det finns cyanotoxiner i rå- eller dricksvatten.

Steg 1: Genomför faroanalys

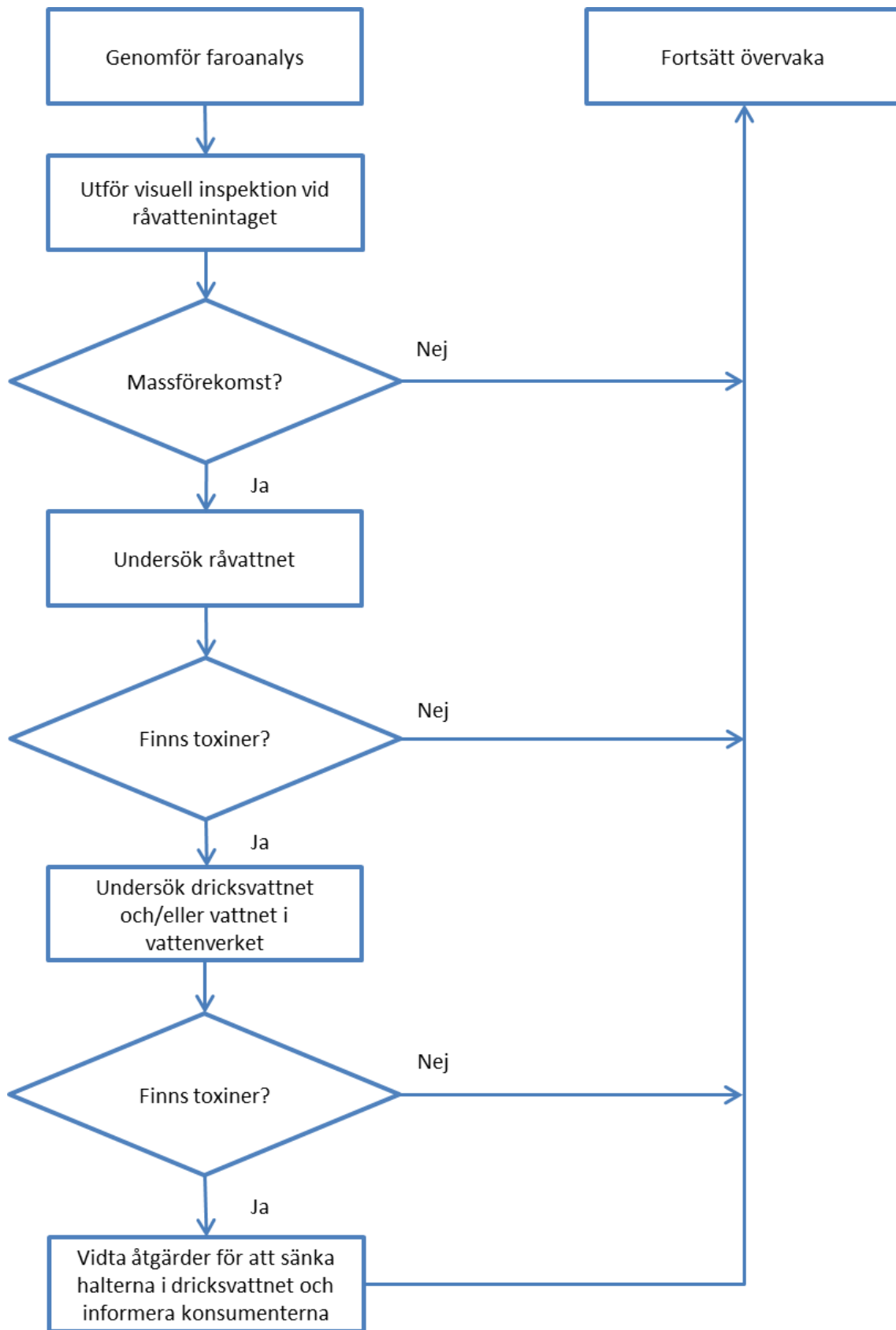
Steg 2: Utför visuell inspektion vid råvattenintaget

Steg 3: Undersök råvattnet

Steg 4: Undersök dricksvattnet och/eller vattnet i vattenverket

Steg 5: Vidta åtgärder för att sänka halterna i dricksvattnet och informera konsumenterna

Stegen beskrivs även i figuren nedan (figur 2).



Figur 2. Steg för att förebygga, undersöka och vidta åtgärder i rå- och dricksvatten.

Steg 1: Genomför faroanalys

Den som producerar eller tillhandahåller dricksvatten ska identifiera de faror som måste förebyggas, elimineras eller reduceras till en acceptabel nivå enligt HACCP-princip 1 (faroanalys). Se 2 c § SLVFS 2001:30. Verksamhetsutövaren ska även ta hänsyn till råvattnets beskaffenhet vid beredning av dricksvatten. Se 3 § SLVFS 2001:30.

I faroanalysen ingår att identifiera och notera alla hälsofaror som rimligen kan förväntas vid varje steg i processen, från råvattentäkt via vattenverk och distributionsanläggning till förbindelsepunkterna. För ytvattentäkter är massförekomst av cyanobakterier en indikation på att hälsofaran cyanotoxin kan finnas i dricksvattnet. Beredningen av dricksvatten i vattenverket bör utformas på ett sådant sätt att faran förebyggs, elimineras eller reduceras. Mer information om faroanalys finns i Kontrollwiki – Livsmedelsverkets webbplats för fördjupning¹¹.

En förutsättning för att en enskild dricksvattenproducent ska kunna göra en relevant faroanalys är kunskap om förekomsten av cyanobakterier och dess toxiner i råvattnet. Det i sin tur är en förutsättning för att kunna motverka förekomst av cyanotoxiner i dricksvattnet genom att vidta åtgärder i råvattentäkten och/eller via beredning i vattenverket.

Livsmedelsverket rekommenderar alla dricksvattenproducenter som använder ytvatten som råvatten att utgå från att det kan uppstå massförekomst av cyanobakterier i vattentäkten. Därmed är cyanotoxiner alltid en fara som bör beaktas i faroanalysen. Cyanotoxiner skulle också kunna vara en fara för grundvattenverk med konstgjord infiltration, men det är inte lika sannolikt.

En del av faroanalysen när det gäller förekomst av cyanotoxiner kan handla om att samla in och sammanställa information om bland annat halten fosfor och kväve i vattentäkten. Detta för att se trender över åren, vid vilka tillfällena det har funnits massförekomst av cyanobakterier och vilka halter av toxiner som uppmätts, om sådana analyser finns.

Det kan man göra genom att utnyttja redan tillgänglig information från till exempel miljöövervakningen, verksamhetens egen provtagning, kommunens besiktning vid provtagning av badvatten och andra informationskanaler. Det kan också handla om att inrätta ett löpande flerårigt övervakningsprogram för till exempel fosfor, kväve och temperatur i råvattnet.

Vilka faktorer som kan påverka att blomningar uppstår, och som därför kan vara viktiga att övervaka, finns i avsnittet ”Vilka orsaker finns till algblomning?”.

Steg 2: Utför visuell inspektion vid råvattenintaget

När dricksvattenproducenten i sin faroanalys konstaterat att det finns risk för tillväxt av cyanobakterier och cyanotoxiner i råvattentäkten bör förekomsten av cyanobakterier kontrolleras i råvattentäkten och vid behov även i inkommande råvatten till vattenverket.

I första hand kan kontrollen omfatta visuell inspektion av vattnet runt råvattenintaget och uppströms råvattenintaget för att se om det finns tendenser till massförekomst av cyanobakterier som är synliga för ögat (se figur 3 och 4 nedan för exempel).

¹¹ www.kontrollwiki.livsmedelsverket.se

Den visuella inspektionen bör främst genomföras under de tidsperioder när det finns förutsättningar för tillväxt. Den sammanställda informationen eller övervakningsprogrammet som nämns under steg 1 kan ge en indikation på när det kan vara lämpligt att genomföra den visuella inspektionen.

Det är viktigt att komma ihåg att inte alla blomningar av cyanobakterier producerar cyanotoxiner. Det finns algbloomningar av andra plankton än cyanobakterier som kan vara svåra att se skillnad på utan mikroskopisk utvärdering. Cyanotoxiner kan även uppstå när algbloomningen inte är synlig för ögat. Därför rekommenderar Livsmedelsverket att genomföra viss undersökning av råvattnet när förhållandena är gynnsamma för utveckling av algbloomningar, men där visuell inspektion är otillräcklig för att bestämma närvaron av cyanotoxiner i råvattnet.



Figur 3. Exempel på hur massförekomst av cyanobakterier kan se ut. Foto: K. Björk-Åkesson.



Figur 4. Exempel på hur massförekomst av cyanobakterier kan se ut. Foto: M. Tobiasson och V. Lirås.

Tänk på att om det finns massförekomst av cyanobakterier i råvattentäkten så kan det komma frågor från konsumenterna som är oroliga och som verksamhetsutövaren bör vara beredda att svara på.

Steg 3: Undersök råvattnet

Visar den visuella inspektionen att det finns tendenser till massförekomst av cyanobakterier eller har det redan uppstått en stor blomning? Då bör råvattnet snabbt analyseras för att få information om blomningen innehåller några cyanotoxiner. Det kan göras med hjälp av immunokemiska kit som beskrivs under avsnittet ”Provtagning och analys av cyanotoxiner”. I första hand kan inkommande råvatten till vattenverket analyseras, men även vattnet runt råvattenintaget kan analyseras vid behov.

Om resultatet av de immunokemiska kiten visar att det finns cyanotoxiner i råvattnet bör även analyser av dricksvattnet göras, se steg 4. Om resultatet från analysen med de immunokemiska kiten inte påvisar några cyanotoxiner bör dricksvattenproducenten fortsätta med visuella inspektioner av råvattenintaget enligt steg 2 för att se om det sker några förändringar och eventuellt genomföra fler provtagningar med immunokemiska kit. Vid behov kan analyserna även verifieras med hjälp av analys hos ackrediterat laboratorium.

Dricksvattenproducenten bör upprätta en tidig kontakt med kontrollmyndigheten för att informera om att det finns cyanobakterier i råvattnet eller i råvattentäkten samt hur arbetet fortskrider.

Steg 4: Undersök dricksvattnet och/eller vattnet i vattenverket

Om undersökningar av råvattnet påvisar cyanotoxiner vid analys med immunokemiska kit på vattenverket eller hos laboratorium kan det finnas risk för att toxinerna även finns i dricksvattnet. Därför bör cyanotoxiner undersökas också i dricksvattnet.

Det kan också vara aktuellt med undersökning av vattnet efter olika beredningssteg i vattenverket. Även om cyanotoxiner inte påträffas i utgående dricksvatten eller dricksvatten hos användare kan de finnas i vattenverket. Beroende på vilka beredningssteg som finns i vattenverket kan avskiljning eller inaktivering av cyanotoxiner ske olika effektivt. Det beskrivs under avsnittet ”Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner”.

I de fallen är det viktigt att övervaka vid vilka beredningssteg cyanotoxinerna finns. Det för att kunna göra en bedömning av risken för att toxinerna passerar beredningsstegen och hamnar i distributionsanläggningen och i konsumenternas dricksvatten. Övervakning och undersökning av vattnet vid de olika beredningsstegen i vattenverket kan också ge viktig information inför framtida problem med massförekomster av cyanobakterier.

Undersökning av dricksvattnet kan göras med immunokemiska kit precis som för råvatten. Mer information om provtagning finns i avsnittet ”Provtagning och analys av cyanotoxiner”. I avsnittet ”Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner” finns även information om olika beredningssteg och dess förmåga att avskilja eller inaktivera cyanotoxiner.

Om cyanotoxiner påträffas i vattnet i vattenverket men inte i dricksvattnet (utgående eller hos användare) bör beredningsstegens kapacitet och förmåga att avskilja eller inaktivera toxinerna bedömas och övervakas. Detta för att undvika att cyanotoxiner hamnar i dricksvattnet. Halterna av cyanotoxiner i råvattnet bör då även i fortsättningen övervakas kontinuerligt för att se om halterna ökar

eller minskar eftersom det kan påverka halterna i vattnet i vattenverket och i förlängningen i dricksvattnet.

Om cyanotoxiner påträffas i dricksvattnet behöver åtgärder för att sänka halterna vidtas, se steg 5.

Tänk på att kontrollmyndigheten bör hållas informerad i de fall cyanotoxiner påträffas i råvattnet, i vattnet i vattenverket eller i dricksvattnet. Det är viktigt med ett gott samarbete mellan verksamhetsutövare och kontrollmyndighet.

Steg 5: Vidta åtgärder för att sänka halterna i dricksvattnet och informera konsumenterna

Om dricksvattnet bedöms kunna innebära en hälsorisk ska avvikelserna åtgärdas. Se 16 § SLVFS 2001:30. Den skyldigheten gäller för både producenter och tillhandahållare av dricksvatten. Om omedelbara åtgärder behövs för att skydda människors hälsa ska verksamhetsutövaren genast informera kontrollmyndigheten. Se 16 a § SLVFS 2001:30. När verksamhetsutövaren bedömer att det av hälsomässiga skäl inte går att använda dricksvattnet som vanligt är denne skyldig att omedelbart informera och lämna råd till konsumenterna. Se 17 § SLVFS 2001:30.

Om cyanotoxiner påträffas i dricksvattnet behöver åtgärder vidtas för att sänka halterna. Livsmedelsverkets rekommenderade åtgärdsgränser kan användas som grund för när halter av cyanotoxiner kan innebära en risk för människors hälsa och konsumenterna bör informeras, se avsnittet ”Åtgärdsgränser för cyanotoxiner i dricksvatten”.

Om cyanotoxiner påvisas i dricksvattnet men om halten cyanotoxiner inte överskrider åtgärdsgränsen så behöver åtgärder ändå vidtas för att sänka halterna. I sådana situationer bör en bedömning göras från fall till fall om konsumenterna behöver informeras om hur dricksvattnet kan användas. Utgångspunkten är att dricksvattnet ska vara fritt från toxiner.

I avsnittet ”Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner” finns information om olika beredningssteg och dess förmåga att avskilja eller inaktivera cyanotoxiner. Den informationen kan vara användbar och ett verktyg för att bedöma vattenverkets befintliga kapacitet för att hantera de halter av cyanotoxiner som finns i råvattnet eller vattnet i vattenverket. Informationen kan också vara en hjälp i de fall där ytterligare beredning behövs för att undvika liknande händelser i framtiden.

Andra exempel på vad som kan göras för att sänka halterna av cyanobakterier eller cyanotoxiner i rå- eller dricksvattnet kan vara att ändra råvattenintagets djup eller att använda reservvattentäkten om det finns en sådan. Om cyanobakterier eller cyanotoxiner hittats i vattenverket är det viktigast att se till att beredningen fungerar optimalt. Eventuella cyanobakterier bör spolats bort från sand- och kolfilter med jämna mellanrum. Slam som finns i t.ex. sedimenteringsbassänger bör tas bort så fort som möjligt då det finns risk för att cyanobakterierna går sönder och frisläpper cyanotoxiner. När algblomningen är över kan vattenverket behöva gås igenom så att material från cyanobakterierna inte finns kvar i filter och bassänger.

Informera konsumenterna

Som beskrivs ovan ska tillhandahållaren av dricksvatten informera och lämna råd till konsumenterna i de fall där dricksvattnet bedöms kunna innebära en hälsorisk. Livsmedelsverkets rekommenderade åtgärdsgränser kan användas som grund för när halter av cyanotoxiner kan innebära en risk för människors hälsa och konsumenterna bör informeras, se avsnittet ”Åtgärdsgränser för cyanotoxiner i dricksvatten”.

Information till konsumenterna om cyanotoxiner i dricksvatten kan innehålla:

- Upplysning om att inte dricka vattnet.
- Information om att det inte går att koka dricksvattnet för att bli av med toxinerna. Kokning förstör inte toxinerna!
- Upplysning om hur dricksvattnet kan användas till annat än mat och dryck, till exempel disk, dusch, tandborstning med mera. Tillhandahållaren av dricksvatten kan behöva ta kontakt med Folkhälsomyndigheten för mer information.
- Information om ifall djur kan dricka vattnet. Vatten till djur ska vara av god kvalitet. Se 3 § djurskyddslagen (1998:534). Tillhandahållaren av dricksvatten kan behöva ta kontakt med Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA) eller Jordbruksverket för mer information.
- Information om alternativ plats för att hämta dricksvatten.
- Information om när, var och hur upplysningar till konsumenter lämnas i fortsättningen.
- Upplysning om vad konsumenterna bör göra om de druckit vatten som kan innehålla cyanotoxiner. Konsumenter kan ta kontakt med Giftinformationscentralen eller 1177 Vårdguiden.

Tänk även på att det är viktigt att informera konsumenterna om när faran är över och dricksvattnet kan användas som normalt igen.

Beredningsmetoder för avskiljning och inaktivering av cyanotoxiner

Vilken förmåga har de beredningsmetoder som används på svenska vattenverk idag för att avskilja eller inaktivera cyanobakterier och cyanotoxiner? Det sammanfattas i det här avsnittet.

För att utvärdera om vattenverket har möjlighet att avskilja/inaktivera cyanotoxiner är det en fördel att veta vilken typ av toxin som förekommer och om toxinet förekommer intracellulärt (inuti cyanobakterien) eller extracellulärt (löst i vattnet). Varje toxingrupp har olika förutsättningar för avskiljning/inaktivering.

Den vanligaste gruppen av cyanotoxiner är mikrocystiner som finns i över hundra olika varianter^{12,13}. Det finns nio olika nodulariner, tre cylindrospermopsiner, 56 saxitoxiner samt anatoxin-a och homo-anatoxin som hittills hittats i söt- och bräckt vatten.

Alla vattenverk har olika förutsättningar för att producera ett rent och säkert dricksvatten. Vid val av verkets beredningssteg behöver man ta hänsyn till bland annat följande faktorer i råvattnet: innehåll av organiskt material, vattnets färg, mikroorganismer (förekomst av patogener), järn och mangan, alkalinitet, kalcium, lukt och smak samt temperatur.

En massförekomst av cyanobakterier påverkar vattenverket på fler sätt än bara risken för att cyanotoxiner bildas. Ofta orsakar massförekomsten en ökad turbiditet i råvattnet. Cyanobakterier kan också påverka vattnets lukt och smak eftersom vissa arter kan producera 2-Metylisoborneol (MIB) och geosmin. Vid en massförekomst kan pH i vattnet öka på grund av att cyanobakterier använder koldioxid i vattnet under fotosyntesen. Ökningar i pH kan också orsakas av blomningar av grönalger (som inte är cyanobakterier). Rutinmässig planktonövervakning kan användas för att skilja mellan de två.¹⁴

De olika beredningsmetoder som beskrivs här nedanför utgår från grupperna av cyanotoxiner. Det kan finnas skillnader mellan dem. Eftersom avskiljningen kan påverkas av vilken variant av toxinet som förekommer rekommenderas vattenverken att kontrollera det närmare vid varje specifikt fall.

Effektiviteten hos de flesta beredningsmetoder påverkas överlag av hur mycket naturligt organiskt material (NOM) som finns i vattnet. För desinfektions- och oxidationsmetoder påverkar vattnets NOM-innehåll konkurrensen mellan olika substanser. Ju mer NOM som kan oxideras, desto mindre är sannolikheten att substansen blir oxiderad.

Reningens fokus bör ligga på att avskilja hela cyanobakterier först, *Microcystis aeruginosa* har till exempel majoriteten av toxinerna intracellulärt. Att tidigt avskilja cyanobakterierna motverkar risken att de går sönder senare i processen och släpper ut de mer svåravskilda lösta cyanotoxinerna. För att

¹² Altaner, S., Puddick, J., Wood, S. A., & Dietrich, D. R. (2017). Adsorption of Ten Microcystin Congeners to Common Laboratory-Ware Is Solvent and Surface Dependent. *Toxins*.

¹³ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

¹⁴ EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*.

undvika att fler toxiner släpps ut bör celler avskiljas innan oxidation eftersom oxidation kan få cellerna att gå sönder och därmed frigöra toxin.

I tabellen nedan (tabell 2) sammanställs olika beredningsmetoder och deras möjlighet att avskilja eller inaktivera hela cyanobakterieceller och lösta cyanotoxiner. Sammanställningen baseras på studier och myndigheters rekommendationer i andra länder.

Tabell 2. Olika beredningsmetoder vid svenska vattenverk och deras möjlighet att inaktivera eller avskilja hela cyanobakterieceller och lösta cyanotoxiner.

Beredningsmetod	Hela celler	Cyanotoxiner				
		Mikrocystiner	Anatoxin-a	Cylindro-spermopsiner	Saxitoxiner	Nodulariner
Kemisk fällning	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Långsamfilter	Ja	Ja	Otillräcklig data	Ja	Otillräcklig data	Otillräcklig data
Kaliumpermanganat	Nej*	Ja	Ja	Nej	Nej	Otillräcklig data
Klor	Nej*	Ja	Nej	Ja	Ja	Otillräcklig data
Klordioxid	Nej	Nej	Nej	Nej	Otillräcklig data	Otillräcklig data
Kloramin	Nej	Nej	Nej	Nej	Otillräcklig data	Otillräcklig data
UV	Nej**	Nej	Nej	Nej	Otillräcklig data	Otillräcklig data
Ozon	Nej*	Ja	Ja	Ja	Nej	Otillräcklig data
Mikrofilter	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Ultrafilter	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Nanofilter	Ja	Ja	Ja***	Ja***	Ja***	Ja
Omvänd osmos	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Aktivt kol (GAC/PAC)	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Otillräcklig data

* Metoden i sig avskiljer inte hela cyanobakteriecellen utan riskerar snarare att lysa cellen och därmed frigöra intracellulära cyanotoxiner.

** Metoden avskiljer inte cyanobakteriecellen men hämmar tillväxt.

*** För avskiljning krävs ett nanofilter med små porer som tar bort dessa små molekyler.

Kemisk fällning

En traditionell kemisk fällning består av tre separata steg: flockning, sedimentering och snabbfiltrering. I den nya varianten av kemisk fällning genomförs dessa tre steg samtidigt. Syftet med den kemiska fällningen är att minska mängden humusämnen (NOM) samt grumlande partiklar som

finns i råvattnet. Detta görs med hjälp av att fällningskemikalier tillsätts i flockningssteget. Metoden fungerar bra för att reducera mängden hela cyanobakterier¹⁵.

Om beredningsprocessen oxiderar vattnet med till exempel kaliumpermanganat innan fällning finns risk att det kan få cyanobakterier att gå sönder. När cyanobakterier går sönder kan cyanotoxiner frigöras och förekomma löst i vattnet. Kemisk fällning tar inte bort lösta toxiner¹⁶.

Enligt American Water Works Association har kemisk fällning potential att avskilja upp till 70 – 90 procent av cyanobakterierna i råvattnet¹⁷. För att optimera effekten av den kemiska fällningen bör fällningsdos och pH övervakas. En algblomning i vattentäkten leder oftast till förhöjt pH. Det i sin tur påverkar fällningens effektivitet. Olika fällningskemikalier har olika optimala pH-förhållanden. Det kan leda till ökad fällningsdos, mer frekvent backspolning av snabbfilter och eventuellt lägre kapacitet över snabbfiltersteget vid förhöjt pH.

Långsamfilter

I långsamfilter filtreras vattnet genom sand i låg hastighet (0,1-0,2 m/h) för att göra uppehållstiden längre. Organiskt material och mikroorganismer tas bort i långsamfilter. Avskiljningen sker genom flera processer – filtrering, biologisk nedbrytning och adsorption.

Ett långsamfilter kan avskilja hela cyanobakterier från vattnet. Det har också möjlighet att avskilja mikrocystiner och cylindrospermopsiner upp till 95 procent¹⁸. Funktionen i långsamfilter påverkas negativt om temperaturen i vattnet är låg eftersom den mikrobiella aktiviteten i filtret sjunker med sjunkande temperatur.

Inaktiverande desinfektions- och oxidationsmetoder

Desinfektionsmetoder används på vattenverk för att inaktivera mikroorganismer som kommer in med råvattnet och för att motverka tillväxt i det färdiga dricksvattnet. Desinfektionsmetoderna tar inte bort något material från vattnet utan förändrar endast materialet. Längre ner förklaras några desinfektionsmetoder och deras möjlighet att inaktivera cyanobakterier och cyanotoxiner.

Oxidationsmetoder tar inte bort substanser ur vattnet men förändrar dess struktur för att hämma mikrobiologisk tillväxt och reducera andra ämnen som kan förekomma i vattnet. Oxidation fungerar genom att man tillsätter oxidationsmedel till vattnet som bryter bindningar i förekommande kemiska föreningar. Det finns flera oxidationsmedel som fungerar effektivt för att bryta ned lösta toxiner. De kan också lysa, göra sönder, hela celler vilket i sin tur frigör toxiner i vattnet.

¹⁵ EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*.

¹⁶ WQRA. (2010). *Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): A guide for Water utilities*. Adelaide: Water Quality Research Australia.

¹⁷ American Water Works Association, Water Research Foundation. (2016). *Managing Cyanotoxins in Drinking Water: A Technical Guidance Manual for Drinking Water Professionals*.

¹⁸ EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*.

Kaliumpermanganat

Kaliumpermanganat verkar genom att reagera med ämnen i vattnet. Vanligtvis används kaliumpermanganat för att oxidera till exempel järn och mangan. Kaliumpermanganat kan bryta ner cyanotoxiner och kan få cyanobakterier att gå sönder^{19,20}.

Mikrocystiner och anatoxin-a kan inaktiveras med kaliumpermanganat^{21,22}. Däremot har kaliumpermanganat inte någon effekt på cylindrospermopsiner och saxitoxiner²³. Hur väl reduktionen av cyanotoxiner fungerar med kaliumpermanganat påverkas av dosen, vattnets innehåll av NOM och pH-värdet. Kaliumpermanganat rekommenderas inte som en barriär för cyanotoxiner utan att utredningar för det specifika vattenverket har gjorts.

Klor

Klor är ett oxidationsmedel som reagerar med organiskt material (NOM) och kemiska föroreningar, däribland cyanotoxiner. Förekomsten av NOM minskar effektiviteten av klordesinfektionen för att inaktivera cyanotoxiner. Klor kan till exempel doseras som klorgas eller natriumhypoklorit. Den mest reaktiva formen av klor är hypokloritsyra (HOCl) som dominerar vid lågt pH, under pH 7,5. Bäst resultat av klordesinfektion nås med lång kontakttid och lågt pH.

Klor har bevisad effekt på mikrocystiner, cylindrospermopsiner och saxitoxiner. Effekt uppnås dock under förutsättningar som normalt inte finns i svenska vattenverk. Det krävs bland annat en dos på 3 mg Cl/l. I Sverige får doseringen normalt inte överskrida 1 mg Cl/l (beräknat som Cl_2), såvida inte ett särskilt beredningssteg för reduktion av klorföreningar finns. Höga klordoser skulle kunna användas i extraordinära sammanhang. Däremot har klor inte möjlighet att inaktivera anatoxin-a^{24,25}. Studier som bevisar inaktivering av nodulariner är otillräckliga²⁶. Klordosering kan medföra att cyanobakteriecellerna går sönder vilket får intracellulära toxiner att frigöras. Klorets funktion påverkas av pH, NOM, dos och kontakttid²⁷.

Klordioxid

Klordioxid reagerar med ämnen i vattnet genom oxidation men har inte möjlighet att inaktivera cyanotoxiner. Studier för saxitoxiner och nodulariner har inte gjorts^{28,29}.

¹⁹ He, X., Liu, Y.-L., Conklin, A., Westrick, J., Weavers, L. K., Dionysiou, D. D., Walker, H. W. (2016). Toxic cyanobacteria and drinking water: Impacts, detection, and treatment. *Harmful algae*, 174-193.

²⁰ Bitton, G. (2014). *Microbiology of Drinking Water Production and Distribution*. Hoboken: John Wiley & Sons.

²¹ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

²² GWRC. (2009). *International Guidance Manual for the Management of Toxic Cyanobacteria*. London: Global Water Research Coalition.

²³ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

²⁴ WQRA. (2010). *Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): A guide for Water utilities*. Adelaide: Water Quality Research Australia.

²⁵ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

²⁶ Awwa Research Foundation, Water Resources Research Institute. (2004). *Algae Detection and Removal Strategies for Drinking Water Treatment Plants*. Awwa Research Foundation.

²⁷ GWRC. (2009). *International Guidance Manual for the Management of Toxic Cyanobacteria*. London: Global Water Research Coalition.

²⁸ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

²⁹ EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*.

Kloramin

Kloramin används på ett flertal svenska vattenverk med stora distributionsnät. Det är ett svagt desinfektionsmedel som används för att motverka återväxt på ledningsnätet. Kloraminen har i studier inte visat någon effekt på vare sig cyanobakterier eller lösta cyanotoxiner^{30,31}.

UV

UV-desinfektion verkar genom bestrålning av vattnet med ultraviolett ljus. Bestrålningen inaktiverar mikroorganismen genom att skada dess DNA vilket hindrar dem att föröka sig.

Normalt används doser mellan 250 J/m² och 400 J/m² i svenska vattenverk. Syftet är att använda UV-ljus som ett inaktiverande desinfektionssteg mot bakterier, virus och parasitära protozoer. UV kan troligen skada DNA i cyanobakterier vilket hämmar deras tillväxt men kan inte användas som primärt avskiljningssteg för cyanobakterier eller cyanotoxiner³². För att lyckas bryta bindningar i cyanotoxiner och på så sätt inaktivera dem, krävs mycket högre doser än de som används på svenska vattenverk. Mikrocystiner, anatoxin-a och cylindrospermopsiner kan alltså inaktiveras men vid högre doser än de som används på de svenska vattenverken³³.

Ozon

Ozon är ett starkt oxidationsmedel som dels kan lysa, göra sönder, cyanobakterier och inaktivera cyanotoxiner. Framför allt används ozonbehandling på de svenska vattenverken för att minska mängden organiskt material och ta bort lukt och smak. Ozondosen anpassas till vattnets kvalitet, i svenska vattenverk används en dos på upp till 3 g O₃/m³.

Cyanotoxiner oxideras olika beroende på pH-värdet i vattnet vid ozonering. Mikrocystiner oxideras oberoende av pH. Anatoxin-a oxideras vid pH mellan 7 och 10. Oxidation av cylindrospermopsiner är också pH-beroende med god inaktiveringseffekt mellan pH 4 och 10. Ozon har ingen bevisad effekt för saxitoxiner³⁴. För att oxidera cyanotoxiner krävs 0,3 mg/l i ozonöverskott och kontakttid över fem minuter³⁵. Vid ozonering kan det bildas hälsofarligt bromat som biprodukt om råvattnet naturligt innehåller bromid. Oxidationseffekten med ozon påverkas av vattnets innehåll av NOM, pH och kontakttid³⁶.

³⁰ WQRA. (2010). *Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): A guide for Water utilities*. Adelaide: Water Quality Research Australia.

³¹ EPA. (2015). *Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water*.

³² Pessoa, M. F. (2012). Harmful effects of UV radiation in Algae and aquatic macrophytes – A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 510-526.

³³ WQRA. (2010). *Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): A guide for Water utilities*. Adelaide: Water Quality Research Australia.

³⁴ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

³⁵ WQRA. (2010). *Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): A guide for Water utilities*. Adelaide: Water Quality Research Australia.

³⁶ GWRC. (2009). *International Guidance Manual for the Management of Toxic Cyanobacteria*. London: Global Water Research Coalition.

Membrantekniker

Membran avskiljer föroreningar beroende på molekylen storlek och på vilka kemiska bindningar som finns. Membrantyperna delas in efter storleken på membranets porer. De brukar delas in i mikrofilter (> 100 nm), ultrafilter (10-100 nm), nanofilter (1-10 nm) och omvänd osmos (<1 nm).

Eftersom cyanobakterier generellt är 1000 nm eller större, är det möjligt att avskilja dem med alla olika membrantyper³⁷. Mikrofilter och ultrafilter kan endast avskilja hela cyanobakterier medan nanofilter och omvänd osmos även kan avskilja lösta toxiner. Oftast används en förbehandling av vattnet innan det behandlas med nanofilter eller omvänd osmos. Det steget är i många fall ultrafilter eller mikrofilter. Förbehandling görs för att minska belastningen på nanofiltret eller den omvända osmosen.

Studier har visat att nanofilter har förmåga att avskilja mikrocytiner, cylindropermopsiner, saxitoxiner och nodulariner^{38,39,40,41}. Anatoxin-a har i en studie⁴² avskilts med nanofilter. Toxinets storlek är 165 Dalton vilket kräver ett nanofilter med små porer. I studien användes ett membran som avskilde partiklar över 150 Dalton.

Omvänd osmos har förmåga att avskilja mikrocytiner, anatoxin-a, cylindropermopsiner, saxitoxiner och nodulariner^{43,44}.

Membranen kan ha olika förutsättningar beroende på dess tillverkning och material, och egenskaperna hos råvattnet som ska behandlas. Variationer i porstorlekar i membranen kan förekomma, vilket skulle kunna leda till att vissa föroreningar kan passera.

Det är viktigt att ha kontroll på att membranen är hela så att de motsvarar den förväntade avskiljningseffekten. Det är också viktigt att utreda varje specifikt vattenverk och dess förutsättningar, till exempel råvattenkvalitet och beredningssteg, innan man avgör vilken avskiljning man kan förvänta sig.

Aktivt kol

Aktivt kol har stor specifik ytarea vilket gör att substanser kan adsorbera till dess yta. Ytarea är stor tack vare kolets porer. Porernas storlek kan variera beroende på kolets råmaterial och framställningsprocess, vilket också påverkar vilka ämnen som kan avskiljas.

³⁷ American Water Works Association, Water Research Foundation. (2016). *Managing Cyanotoxins in Drinking Water: A Technical Guidance Manual for Drinking Water Professionals*.

³⁸ Awwa Research Foundation, Water Resources Research Institute. (2004). *Algae Detection and Removal Strategies for Drinking Water Treatment Plants*. Awwa Research Foundation.

³⁹ Coral, L. A., Proença, L. A., Bassetti, F. d., & Lapolli, F. R. (2012). Nanofiltration membranes applied to the removal of saxitoxin and congeners. *Desalination and Water Treatment*, 8-17.

⁴⁰ WHO. (1999). *Toxic Cyanobacteria in water*. Boca Raton: CRC Press.

⁴¹ Gijsbertsen-Abrahamse, A. J., Schmidt, W., Chorus, I., & Heijman, S. G. (2006). Removal of cyanotoxins by ultrafiltration and nanofiltration. *Journal of Membrane Science*, 252-259.

⁴² Teixeira, M. R., & Rosa, M. J. (2012). How does the adsorption of microcystins and anatoxin-a on nanofiltration membranes depend on their co-existence and on the water background matrix. *Water Science & Technology*, 976-982.

⁴³ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

⁴⁴ Vuori, E., Pelander, A., Himberg, K., Waris, M., & Niinivaara, K. (1997). Removal of nodularin from brackish water with reverse osmosis or vacuum distillation. *Water research*, 2922-2924.

Aktivt kol kan tillverkas från flera olika råmaterial, till exempel stenkol, trä eller kokos. Aktivt kol finns i två olika former, granulerat aktivt kol (GAC) och pulveriserat aktivt kol (PAC). Aktivt kol kan implementeras i processen antingen som ett filtersteg med GAC eller doseras som en slurry med PAC.

Kolfilter med GAC kan användas på två olika sätt, som aktiva kolfilter eller som biologiskt aktiva kolfilter (BAC). Aktiva kolfilter avskiljer huvudsakligen substanser genom adsorption i kolets porer och behöver regelbundet regenereras för att behålla sin funktion. I biologiskt aktiva filter har kolet en biofilm av mikroorganismer på sin yta som kan bryta ner substanser i vattnet.

Cyanotoxinerna har olika egenskaper och storlek vilket gör att alla kolsorter inte passar för alla olika cyanotoxiner. Därför måste man utreda vilket kol som passar innan man implementerar aktivt kol i beredningsprocessen.

Cyanobakterier kan avskiljas i både GAC- och BAC-filter men filterbädden kommer att sättas igen fort och det rekommenderas därför inte som en hållbar lösning utan till exempel en föregående kemisk fällning som avskiljer majoriteten av de hela cellerna⁴⁵.

En fördel med PAC är möjligheten att dosera säsongvis. Vid säsongvis dosering bör man utföra en noggrann kontroll innan doseringen avslutas för att säkerställa att inga toxiner är kvar i vattnet. Avskiljningen påverkas av flera faktorer: organiskt material, kontaktid, pH och temperatur.

Både GAC och PAC har förmåga att avskilja mikrocystiner, cylindrospermopsiner, anatoxin- a och saxitoxiner. Biologiskt aktiva filter anses däremot inte vara ett effektivt avskiljningssteg för cyanotoxiner^{46,47,48}.

⁴⁵ Colling, V., Jin, X., & Ndongue, S. (2014, Mars 25).

⁴⁶ American Water Works Association, Water Research Foundation. (2016). *Managing Cyanotoxins in Drinking Water: A Technical Guidance Manual for Drinking Water Professionals*.

⁴⁷ Westrick, J. A., Szlag, D. C., Soutwell, B. J., & Sinclair, J. (2010). A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/inactivation in drinking water treatment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1705-1714.

⁴⁸ Vlad, S. (2015). *Treatment of the Cyanotoxin Anatoxin-a via Activated Carbon Adsorption*. Waterloo: University of Waterloo.

Provtagning och analys av cyanotoxiner

Att analysera cyanotoxiner

Analys av cyanotoxiner i vatten kan utföras på olika sätt. Bland annat kan de mätas med avancerade instrument, oftast LC-MS/MS (vätskekromatografi-masspektrometri), eller med immunokemiska kit.

Det finns skillnader mellan de två sätten att analysera. LC-MS/MS ger svar på vilken variant av en cyanotoxin och hur mycket av den som finns i provet. Immunokemiska kit ger svar på om det finns cyanotoxiner i provet och ger en ungefärligt halt, men de specificerar inte vilken variant av cyanotoxin. LC-MS/MS är en kostsam och specialiserad analys som endast vissa laboratorier kan utföra. Immunokemiska kit är däremot enklare och snabba och fungerar därför utmärkt i driftkontrollen på ett vattenverk. Däremot krävs det en viss kunskap för att kunna hantera immunokemiska kit på rätt sätt. Därför rekommenderar Livsmedelsverket att dricksvattenproducenter antingen utbildar sig, till exempel via andra dricksvattenproducenter som har ett laboratorium med kompetent personal som kan assistera vid analyserna. Alternativt kan proverna skickas till ett laboratorium som är ackrediterat för att använda immunokemiska kit.

I dagsläget finns det kommersiella immunokemiska kit för alla fyra grupper av cyanotoxiner. Detektionsgränsen för de immunokemiska kiten (Limit of Detection, LOD), alltså den lägsta halten som kan mätas, bör ligga under Livsmedelsverkets rekommenderade åtgärdsgränser.

Analys med immunokemiska kit bygger på principen att en antikropp binder till en specifik yta på en molekyl, i det här fallet cyanotoxinet. De immunokemiska kiten är specifika för varje grupp av cyanotoxiner. Därför behövs olika typer av immunokemiska kit för att kunna täcka upp samtliga grupper av cyanotoxiner. Det finns flera olika leverantörer som erbjuder immunokemiska kit för att mäta cyanotoxiner. Hur man analyserar med immunokemiska kit är väl beskrivna i manualerna till kitet.

Under 2017 anordnade Livsmedelsverket ett ringtest där andelen falska positiva svar för anatoxin-a var relativt högt (24 procent). Orsaken till detta är okänt. För att minska antalet falska positiva rekommenderar Livsmedelsverket att dricksvattenproducenterna analyserar en egen ”känd blank” parallellt med proverna för att få en blank referens. Testlinjen bör alltid bedömas mot kontrollinjen och testlinjer bör inte bedömas mellan olika teststickor. I ringtestet hade nästan alla laboratorier (95 procent) svarat rätt på det prov som innehöll 1 µg/l anatoxin-a.

Provtagning av vatten för analys

Proverna bör hanteras med omsorg för att säkerställa tillförlitliga resultat, oavsett om de analyseras med hjälp av ett immunokemiskt kit på vattenverket eller av ett laboratorium. Livsmedelsverket rekommenderar att provtagningen följer de provtagnings- och hanteringsrutiner som har fastställts inom metoden eller av det laboratorium som utför analysen.

För laboratorieanalys rekommenderar Livsmedelsverket att i första hand ta kontakt med det berörda laboratoriet. Detta eftersom de som utför analysen oftast har tydliga instruktioner för provtagningen. Till exempel bör man använda provbehållare från laboratoriet för att samla vattenprover.

Oftast används bruna glasbehållare vid provtagning för att undvika potentiell adsorption av cyanotoxiner förknippad med vissa plastbehållare och för att minimera exponering för solljus. Proverna ska kylas omedelbart efter insamling, både under frakt och i avvaktan på analys vid laboratoriet. Helst bör prover skickas samma dag som de samlas in. Prover ska i allmänhet analyseras inom fem dagar från det att de insamlats.

Tänk på att eftersom en massförekomst av cyanobakterier kan innehålla toxiner i höga koncentrationer bör man alltid ta på sig handskar när man tar prover.

Ta kontakt med Swedac⁴⁹ för information om ackrediterade laboratorier för analys av cyanotoxiner.

⁴⁹ Sveriges nationella ackrediteringsorgan.

Bilaga 1

Här följer en kort sammanfattning av bakgrunden till Livsmedelsverkets rekommenderade åtgärdsgränser för olika cyanotoxiner i dricksvatten.

Mikrocystiner

Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för mikrocystiner i dricksvatten grundas på informationen nedan. Den fullständiga riskvärderingen för mikrocystiner i dricksvatten finns på Livsmedelsverkets webbplats.

Tabell 3. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för mikrocystiner.

Åtgärdsgräns	1 µg/l
Hälsoeffekter	Mikrocystiner är toxiner som i första hand påverkar levern, men även andra organ kan drabbas av skador. Svår akut förgiftning av mikrocystiner kan leda till dödsfall på grund av inre blödning i levern.
Förekomst	Söt-, bräckt och marina vatten

Åtgärdsgräns

Om halten mikrocystiner i dricksvatten (utgående eller hos användare) överskrider 1 µg/l bör åtgärder för att sänka halterna vidtas av producenten eller tillhandahållaren av dricksvatten. En bedömning bör göras från fall till fall om konsumenterna ska informeras om att inte dricka vattnet.

Motiv för rådet

Riskvärdering

- Mikrocystiner kan bildas av flera olika arter av cyanobakterier och förekommer i söt-, bräckt och marina vatten. Toxinerna bildas och finns inuti cellen, men kan frisättas och lösas ut i omgivande vatten.
- Mikrocystiner har lever som första målorgan. En välkänd effekt av toxinerna är påverkan på och nedbrytning av leverceller, vilket också kan ge en inre blödning i levern. Vid en svår akut förgiftning av mikrocystiner kan det bli en så stor inre blödning i levern att individen avlider av cirkulationssvikt. En mindre allvarlig förgiftning kan ge mindre allvarliga skador på leverceller.
- Det saknas studier över kronisk toxicitet och cancerogenitet för mikrocystiner.
- Mikrocystin-LR har länge ansetts som den mest toxiska varianten av mikrocystiner, men det finns också försök som indikerar att andra varianter av mikrocystiner kan ha högre toxicitet än mikrocystin-LR. Sammantaget finns det för lite data för att dra någon generell slutsats.
- För spädbarn (upp till tre veckor) där 100 procent av intaget av mikrocystiner kommer från dricksvatten kan ett riktvärde på 0,24 µg/l dricksvatten beräknas. Det finns stora osäkerheter inbyggda i detta teoretiskt beräknade värde.

Andra faktorer som har påverkat beslutet

- Dricksvattnet får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Det enligt 7 § SLVFS 2001:30.
- Alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka dricksvatten under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker. Det gäller dricksvatten som omfattas av SLVFS 2001:30.
- WHO:s riktvärde för mikrocystin-LR i dricksvatten är 1 µg/l dricksvatten. Riktvärdet är beräknat för en vuxen person som väger 60 kg och som dricker två liter dricksvatten per dag. I beräkningen har 80 procent av intaget av mikrocystin-LR beräknats komma från dricksvatten. Enligt WHO ska värdet ge en säkerhet vid en livslång daglig konsumtion av dricksvatten som innehåller toxinet. Värdet kan överskridas under kortare perioder utan att risken ökar.
- WHO:s riktvärde för mikrocystin-LR används i många länder. Riktvärden som ligger mellan 1 och 1,5 µg mikrocystin-LR (eller mikrocystiner)/l används i Australien, Brasilien, Kanada, Tjeckien, Danmark, Frankrike, Nya Zeeland, Singapore, Spanien, Turkiet, Uruguay och Sydafrika.
- I dagsläget är WHO:s riktvärde för mikrocystin-LR det bästa värdet som finns för att få grepp om vid vilken mängd och halt av intaget dricksvatten som mikrocystiner kan börja innebära en hälsofara för alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn).

Slutsats

Livsmedelsverket bedömer att det är befogat med en rekommendation om åtgärdsgräns på 1 µg/l för mikrocystiner i dricksvatten för att undvika hälsorisker hos konsumenterna.

Anatoxin-a och homoanatoxin-a

Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för anatoxin-a och homoanatoxin-a i dricksvatten grundas på informationen nedan. Den fullständiga riskvärderingen för anatoxin-a och homoanatoxin-a i dricksvatten finns på Livsmedelsverkets webbplats.

Tabell 4. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för anatoxin-a och homoanatoxin-a.

Åtgärdsgräns	1 µg/l
Hälsoeffekter	Anatoxin-a och homoanatoxin-a är nervtoxiner som kan ge förlamning av skelett- och andningsmuskulatur, vilket kan leda till dödsfall.
Förekomst	Söt- och bräckt vatten

Åtgärdsgräns

Om halten anatoxin-a och homoanatoxin-a i dricksvatten (utgående eller hos användare) överskrider 1 µg/l bör åtgärder för sänka halterna vidtas av producenten eller tillhandahållaren av dricksvatten. En bedömning bör göras från fall till fall om konsumenterna ska informeras om att inte dricka vattnet.

Motiv för rådet

Riskvärdering

- Anatoxin-a och homoanatoxin-a är potenta nervtoxiner som kan produceras av cyanobakterier.
- Masstillväxt av cyanobakterier som producerat anatoxin-a eller homoanatoxin-a har varit orsak till död hos djur som druckit sjövattnet med toxiner eller ätit av den tjocka massa av cyanobakterier som kan ansamlas i strandkanten när blomningar driver iland.
- Anatoxin-a och homoanatoxin-a kan förekomma både inneslutna i cyanobakterieceller och fritt löst i vatten. Om en människa eller annat däggdjur får i sig cyanobakterier som innehåller toxinerna, frigörs toxinerna när cyanobakteriecellerna bryts ned i mag-tarmkanalen.
- Akuta effekter av anatoxin-a hos djur kan vara diarréer, gångsvårigheter, konvulsioner och slutligen död på grund av förlamning av andningsmuskulaturen.
- Det saknas information om eventuella kroniska effekter av anatoxin-a och homoanatoxin-a.
- För spädbarn (upp till tre veckor) där 100 procent av intaget av anatoxin-a och homoanatoxin-a kommer från dricksvattnet kan ett riktvärde på 7,5 µg/l dricksvattnet beräknas. Om man utgår från att toxiciteten av homoanatoxin-a är lika stor som för anatoxin-a blir riktvärdet detsamma för båda toxinerna. Det finns mycket stora osäkerheter inbyggda i detta värde.

Andra faktorer som har påverkat beslutet

- Dricksvattnet får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Det enligt 7 § SLVFS 2001:30.
- Alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka dricksvattnet under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker. Det gäller dricksvattnet som omfattas av SLVFS 2001:30.
- Ett fåtal länder har gränsvärden eller riktvärden för hantering av anatoxin-a eller homoanatoxin-a i dricksvattnet.
- United Kingdom Water Industry Research (UKWIR) rekommenderar "suggested no adverse response level" (SNARL⁵⁰). 24-timmars SNARL för anatoxin-a är 3 µg/l och 7-dagars är 1,5 µg/l.
- De amerikanska delstaterna Ohio och Oregon har "guidance value" på 20 respektive 3 µg/l för anatoxin-a.

Slutsats

Livsmedelsverket bedömer att det är befogat med en rekommendation om åtgärdsgräns på 1 µg/l för anatoxin-a och homoanatoxin-a i dricksvattnet för att undvika hälsorisker hos konsumenterna.

⁵⁰ SNARL kan förklaras som maximal dos eller koncentration som kan tolereras utan att innebära någon risk.

Cylindrospermopsiner

Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för cylindrospermopsiner i dricksvatten grundas på informationen nedan. Den fullständiga riskvärderingen för cylindrospermopsiner i dricksvatten finns på Livsmedelsverkets webbplats.

Tabell 5. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för cylindrospermopsiner.

Åtgärdsgräns	1 µg/l
Hälsoeffekter	Främsta målorgan för cylindrospermopsiner är sannolikt lever och njure. Cylindrospermopsiner kan ge symtom som kräkning, huvudvärk, feber och blodiga diarréer.
Förekomst	Söt-, bräckt och marina vatten

Åtgärdsgräns

Om halten cylindrospermopsiner i dricksvatten (utgående eller hos användare) överskrider 1 µg/l bör åtgärder vidtas för sänka halterna av producenten eller tillhandahållaren av dricksvatten. En bedömning bör göras från fall till fall om konsumenterna ska informeras om att inte dricka vattnet.

Motiv för rådet

Riskvärdering

- Cylindrospermopsiner är ett toxin som kan bildas av flera arter av cyanobakterier, och kan förekomma i söt-, bräckt och marina vatten. Toxinet kan finnas intracellulärt i cyanobakterier, eller frisättas till vattenmassan. Cylindrospermopsiner är relativt stabila.
- Enligt nuvarande kunskap är främsta målorgan för toxicitet av cylindrospermopsiner lever och njure.
- Det saknas information om eventuella kroniska effekter av cylindrospermopsiner.
- För spädbarn (upp till tre veckor) där 100 procent av intaget av cylindrospermopsiner kommer från dricksvatten kan ett riktvärde på 0,6 µg/l dricksvatten beräknas. Det finns stora osäkerheter inbyggda i detta värde.

Andra faktorer som har påverkat beslutet

- Dricksvattnet får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Det enligt 7 § SLVFS 2001:30.
- Alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka dricksvatten under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker. Det gäller dricksvatten som omfattas av SLVFS 2001:30. 1 µg/l bedöms vara det mest tillförlitliga värdet för när intaget av dricksvatten som innehåller cylindrospermopsiner kan börja innebära en hälsofara för alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn).
- Australien ("health alert value") och Nya Zeeland ("provisional maximum allowable value") använder sig av värdet 1 µg cylindrospermopsiner/l dricksvatten som riktvärde. Även de

amerikanska delstaterna Ohio och Oregon använder sig av detta värde som ett ”guidance value”.

Slutsats

Livsmedelsverket bedömer att det är befogat med en rekommendation om åtgärdsgräns på 1 µg/l för cylindrospermopsiner i dricksvatten för att undvika hälsorisker hos konsumenter.

Saxitoxiner

Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för saxitoxiner i dricksvatten grundas på informationen nedan. Den fullständiga riskvärderingen för saxitoxiner i dricksvatten finns på Livsmedelsverkets webbplats.

Tabell 6. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för saxitoxiner.

Åtgärdsgräns	3 µg/l
Hälsoeffekter	Symtom på förgiftning av PSTs (Paralytic Shellfish Toxins, där saxitoxiner ingår) kan variera i svårighetsgrad. Mildare fall kan begränsa sig till stickningar kring mun, läppar och tunga. Vid allvarligare förgiftning sprider sig detta till ansikte och hals, muskelsvaghet och känselbortfall i armar och ben kan följa. Vid svår förgiftning följer andningssvårigheter, och muskelförlamning som kan vara total. Om förlamningen även påverkar andningsmuskulaturen, leder detta till döden om inte respiratorvård kan ges.
Förekomst	Söt-, bräckt och marina vatten

Åtgärdsgräns

Om halten saxitoxiner i dricksvatten (utgående eller hos användare) överskrider 3 µg/l bör åtgärder för sänka halterna vidtas av producenten eller tillhandahållaren av dricksvatten. En bedömning bör göras från fall till fall om konsumenterna ska informeras om att inte dricka vattnet.

Motiv för rådet

Riskvärdering

- Saxitoxiner är ett nervtoxin som ingår i gruppen PSTs (Paralytic Shellfish Toxins).
- PSTs kan bildas av vissa cyanobakteriearter i söt- och bräckt vatten.
- På senare tid har toxiska blomningar som innehåller PSTs uppmärksammats i dricksvattentäkter i olika delar av världen. Det mesta som finns publicerat om PSTs rör förgiftningar som orsakats av att personer ätit skaldjur som innehållit toxiner. Det finns jämförelsevis inte mycket publicerat om PSTs i dricksvatten men de allmänna data som rör toxinerna, och de data som kommer från skaldjursförgiftningar om doser och effekter, kan också användas i dricksvattensammanhang. Det har vad man vet inte förekommit några fall av förgiftning via dricksvatten.

- PSTs verkar genom att blockera jonkanaler i cellmembran, vilket hindrar impulser att överföras till muskel- eller nervceller, vilket leder till paralytisk av muskelceller och kan ge total förlamning. Stickningar och känselbortfall kan uppträda i läppar, munhåla och tunga redan minuter efter det att livsmedel som innehåller toxiner ätit, vilket tyder på att det kan ske en lokal absorption av toxiner genom läppar och munslemhinna.
- För spädbarn (upp till tre veckor) där 100 procent av intaget av PSTs som kommer från dricksvatten kan ett riktvärde på 3 µg saxitoxiner/l dricksvatten beräknas.

Andra faktorer som har påverkat beslutet

- Dricksvattnet får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Det enligt 7 § SLVFS 2001:30.
- Alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka dricksvatten under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker. Det gäller dricksvatten som omfattas av SLVFS 2001:30.
- Åtminstone tre länder använder sig av värdet 3 µg saxitoxiner/l dricksvatten som riktvärde. I Australien är denna halt en "health alert level", i Brasilien ett "guidance value", i Nya Zeeland ett "provisional maximum value" och i Oregon USA ett "guideline value".

Slutsats

Livsmedelsverket bedömer att det är befogat med en rekommendation om åtgärdsgräns på 3 µg/l för saxitoxiner i dricksvatten för att undvika hälsorisker hos konsumenterna.

Nodulariner

Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för nodulariner i dricksvatten grundas på informationen nedan. Den fullständiga riskvärderingen för nodulariner i dricksvatten finns på Livsmedelsverkets webbplats.

Tabell 7. Åtgärdsgräns och hälsoeffekter i dricksvatten samt förekomst i råvatten för nodulariner.

Åtgärdsgräns	1 µg/l
Hälsoeffekter	Nodulariner är toxiner som i första hand påverkar levern, men även andra organ kan drabbas av skador. Svår akut förgiftning av nodulariner kan leda till dödsfall på grund av inre blödning i levern.
Förekomst	Bräckt vatten

Åtgärdsgräns

Om halten nodulariner i dricksvatten (utgående eller hos användare) överskrider 1 µg/l bör åtgärder för sänka halterna vidtas av producenten eller tillhandahållaren av dricksvatten. En bedömning bör göras från fall till fall om konsumenterna ska informeras om att inte dricka vattnet.

Motiv för rådet

Riskvärdering

- Nodulariner och mikrocystiner är strukturlika. De skiljer sig genom att nodulariner innehåller fem aminosyror och mikrocystiner sju, och deras toxicitet bygger till stor del på samma strukturelement och gemensam verkningsmekanism. Därför behandlas nodulariner på samma sätt som mikrocystiner i denna riskvärdering.
- Nodulariner kan bildas av flera olika arter av cyanobakterier och förekommer främst i bräckt vatten. Nodulariner har även hittats i sötvatten men inte vid analys i svenska sötvatten. Toxinerna bildas och finns inuti cellen, men kan frisättas och lösas ut i omgivande vatten.
- Nodulariner har lever som första målorgan. En välkänd effekt av toxinerna är påverkan på och nedbrytning av leverceller, vilket även kan ge en inre blödning i levern. Vid en svår akut förgiftning av nodulariner kan det bli en så stor inre blödning i levern att individen avlider av cirkulationssvikt. En mindre allvarlig förgiftning kan ge mindre allvarliga skador på leverceller.
- Det saknas studier över kronisk toxicitet och cancerogenicitet för nodulariner.
- Mikrocystin-LR är den enda variant av mikrocystiner där det finns tillräckligt bra studier som underlag för ett NOAEL⁵¹. I avsaknad av tillräckliga underlag vad gäller toxiciteten av andra mikrocystiner liksom för nodulariner finns möjligheten att utnyttja NOAEL för mikrocystin-LR för bedömningar av toxicitet även av andra mikrocystiner liksom nodulariner. Det motiveras med utgångspunkt i toxinernas strukturlikhet och kunskapen om att de har en gemensam verkningsmekanism.

Andra faktorer som har påverkat beslutet

- Dricksvattnet får inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa. Det enligt 7 § SLVFS 2001:30.
- Alla konsumentgrupper (inklusive spädbarn) ska kunna dricka dricksvatten under en längre tid utan oacceptabla hälsorisker. Det gäller dricksvatten som omfattas av SLVFS 2001:30.
- Endast ett land, Nya Zeeland, har någon form av reglering av nodulariner. Halten uppgår till 1 µg/l. Anledning till att inte fler länder har ett riktvärde för nodulariner är troligen att nodulariner framförallt förekommer i bräckt vatten och att de flesta länder inte ser någon anledning att toxinet ska förekomma i deras ytvattentäkter som består av sötvatten. Med tanke på den vattenbrist som finns återkommande i delar av Sverige kommer avsaltningssystem för beredning av dricksvatten bli allt vanligare.

Slutsats

Livsmedelsverket bedömer att det är befogat med en rekommendation om åtgärdsgräns på 1 µg/l för nodulariner i dricksvatten för att undvika hälsorisker hos konsumenterna.

⁵¹ NOAEL (no observed adverse dose level) kan förklaras som den högsta dos i en toxicitetsstudie som inte ger förgiftningseffekter.



Serien för dricksvattenrisker
Ett samarbetsprojekt



Livsmedelsverket