

Algförekomst i råvatten och påverkan på dricksvattenproduktion

Rapport från Dricksvattenkvalitetsgruppen under
den Nationella samordningsgruppen för dricksvatten



Titel: Algförekomst i råvatten och påverkan på dricksvattenproduktion

Diarienummer hos Länsstyrelsen Norrbotten: 3190-2022

Tryckning: Endast digital upplaga

Publicerad: Mars 2022

Framtagen i ett samarbete mellan Vattenmyndigheterna, Svenskt Vatten,
Livsmedelsverket, Havs- och vattenmyndigheten & Folkhälsomyndigheten



Förord

Denna rapport är resultatet av ett projekt från Dricksvattenkvalitetsgruppen under den Nationella samordningsgruppen för dricksvatten som består av representanter från Vattenmyndigheterna, Livsmedelsverket, Havs- och vattenmyndigheten, Länsstyrelserna, Sveriges kommuner och regioner, Svenskt Vatten, Folkhälsomyndigheten och SGU.

Projektet initierades av Vattenmyndigheterna med målet att ta fram mer information om cyanotoxiner i råvatten och startades under 2020 av en projektgrupp med deltagare från Vattenmyndigheterna, Svenskt Vatten, Livsmedelsverket, Folkhälsomyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten. Vattenmyndigheterna har samordnat arbetet med hjälp av kansliet på Livsmedelsverket och övriga medlemmar i projektgruppen.

Utöver projektgruppen har även andra bidragit till projektet och denna rapport. Projektgruppen vill därför rikta ett särskilt tack till alla forskare som bidragit med information samt även till dricksvattenproducenter som bidragit med tid och kunskap om läget med frågan inom dricksvattenproduktionen.

Innehåll

Sammanfattning	3
1 Inledning och syfte	5
2 Bakgrund	6
3 Metod	7
3.1 Intervjuer med vattenproducenter	7
3.2 Kontakt med Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten	7
3.3 Riktade frågor till forskare	7
3.4 Litteraturstudie	7
4 Övervakning av cyanobakterier	8
4.1 Övervakningen idag	8
4.1.1 Vattentäktsarkivet	8
4.1.2 Miljödata MVM	9
4.1.3 Badplatsen	9
4.1.4 VISS	10
4.2 Lägesbild från dricksvattenproducenterna	11
4.2.1 Intervjuer med dricksvattenproducenter	11
4.3 Övrig omvärldsbevakning	13
4.3.1 Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten och Focal point	13
4.3.2 Livsmedelsverkets frågor till medlemsstaterna	13
4.3.2.1 Medlemsstaternas svar på Livsmedelsverkets frågor	13
4.3.2.1.1 Belgien	14
4.3.2.1.2 Cypern	14
4.3.2.1.3 Frankrike	14
4.3.2.1.4 Grekland	14
4.3.2.1.5 Irland	14
4.3.2.1.6 Nederländerna	14
4.3.2.1.7 Norge	15
4.3.2.1.8 Slovakien	15
4.3.2.1.9 Tjeckien	15
4.3.2.1.10 Tyskland	15
4.3.2.1.11 Ungern	16
4.3.2.1.12 Österrike	16
5 Vad finns det för stöd till kommuner och dricksvattenproducenter	17
6 Koppling till ett förändrat klimat	19
6.1 Torka	19
6.2 Översvämningar	19
6.3 Ett varmare klimat	19
6.4 Sammanfattning av algblomning och cyanotoxiner kopplat till ett förändrat klimat	19
7 Slutsatser och förslag till fortsatt arbete	20
8 Referenser	22

Sammanfattning

Denna rapport beskriver kunskapsläget kring alger och cyanotoxiner i råvatten i Sverige samt dricksvattenproducenters erfarenheter av detta. Rapporten beskriver även översiktligt hur ett förändrat klimat kan påverka framtida algbloomingar samt föreslår vad som kan behöva arbetas med fortsättningsvis i Sverige.

Rapporten är ett resultat av ett projekt från Dricksvattenkvalitetsgruppen under den Nationella samordningsgruppen för dricksvatten som utförts av en projektgrupp med representanter från Vattenmyndigheterna, Svenskt Vatten, Livsmedelsverket, Folkhälsomyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten.

Underlag till denna rapport har bestått av litteraturstudier, kontakt med forskare, frågor till medlemmar i Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (Efsa, European Food Safety Authority) och intervjuer med dricksvattenproducenter.

För att bedöma risk för förekomst av algblooming och cyanobakterier kan data över var bloomingar förekommit tidigare användas som underlag. Det kan också vara användbart att titta på parametrar som påverkar förutsättningarna för algblooming, såsom näringsämneshalter och vattentemperatur. Rapporten erbjuder en överblick vilken övervakningsdata och vilka databaser som finns i dagsläget.

Dricksvattenproducenter från tolv vattenverk intervjuades som underlag till denna rapport eftersom dessa i tidigare undersökningar utförda av Svenskt vatten informerat om algförekomst i sitt råvatten. Dricksvattenproducenterna uppger att den driftpåverkan som alger i råvattnet främst orsakat är kapacitetsbegränsningar på grund av igensättning av filter. Det har inte uppmätts påvisbara halter av algtoxiner i dricksvattnet vid något av de vattenverk som ingått i undersökningen. För fem av de tolv tillfrågade vattenverken angavs att algförekomst i råvattnet var återkommande. För tre av vattenverken gjordes bedömningen att blomningsperioden blivit längre. Inget vattenverk angav att man sett en ökning av halterna av algtoxiner i råvattnet.

Livsmedelsverket skickade ut frågor om cyanotoxiner till de andra medlemsstaterna via Efsa. Svaren visade att frågan hanteras mycket olika bland de olika medlemsstaterna. Av de 36 medlemsstaterna svarade 12 att de hade nationell information om cyanotoxiner. Flera av de svarande medlemsländerna meddelade att det inte finns lagligt bindande gränsvärden för cyanotoxiner men några nämnde att de använder WHO:s riktvärden i sitt arbete. Några av de svarande rapporterar en ökning av cyanotoxiner som förmodligen kan kopplas till ett förändrat klimat.

Gällande klimatförändringar och dess koppling till algförekomst och cyanotoxiner så tros torka och ett varmare klimat gynna tillväxten medan översvämning varken kan sägas gynna eller dämpa tillväxt. I framtiden förväntas fler algbloomingar som oftare blir toxiska, samt att de kommer att hända både tidigare och senare under året. Problem som uppstår för dricksvattentillgång är toxinbildning och mycket organiskt material som måste avlägsnas i vattenverket.

Sammanfattningsvis kan sägas att algtoxiner för närvarande inte är ett stort problem för svensk dricksvattenförsörjning men det är viktigt att ha frågan under bevakning. Inte minst på grund av att ett förändrat klimat kan komma att leda till en ökad förekomst av toxinbildande alger i sjöar och vattendrag som används som råvattentäkter. Intervjuerna med dricksvattenproducenter tyder på att kännedom varierar kring det stöd som finns att få i

frågan om algblooming och cyanotoxiner i råvatten. Baserat på detta är det viktigt att se till att de nås av information om de stöd som finns, som exempelvis livsmedelsverkets handbok (Livsmedelsverket, 2018) och CyanoAlert (www.cyanoalert.com).

Det behövs mer detaljerad kunskap kring effekter på dricksvatten som följer av ett förändrat klimat. Det kan också behöva inventeras vilka teknikutvecklingsbehov som finns i vattenverken så att teknikerna finns klara att använda när de väl behövs.

1 Inledning och syfte

Cyanobakterier producerar hälsoskadliga cyanotoxiner, vilket gör att förekomst av cyanobakterier i större mängd (algbloomingar) i dricksvattentäkter är ett hot mot dricksvattenkvaliteten. Cyanobakterier påträffas regelbundet i ytvattentäkter i Sverige. Under de senaste åren har det skett en omfattande kunskapsuppbyggnad kring cyanobakterier och dricksvatten, som resulterade i bland annat att Livsmedelsverket publicerat en handbok om cyanotoxiner i dricksvatten 2018 (Livsmedelsverket, 2018).

Även om algblooming sker främst på sommaren, kommer det dock allt fler rapporter kring avvikande mönster i förekomsten av cyanobakterier i Sverige, exempelvis algblooming under hösten/vintern, algblooming inne i vattenverken och på ledningsnätet (VAKA, 2020). Därför kan det vara relevant att öka kunskapen kring avvikande förhållanden för algbloomingen och hur dricksvattenproducenter skall agera.

Denna rapport är ett resultat av ett projekt under den nationella Dricksvattenkvalitetsgruppen och syftar till att beskriva kunskapsläget inom området i Sverige i dagsläget samt att beskriva omfattningen av problem orsakade av alger och cyanobakterier hos svenska dricksvattenproducenter. Rapporten ska även beskriva de förändringar som kan komma av ett förändrat klimat samt föreslå vad som kan behöva arbetas med fortsättningsvis.

2 Bakgrund

Höga halter av cyanotoxiner i dricksvattnet kan 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 (Livsmedelsverket, 2018).

Globalt sett har många sjöar fått en ökad intensitet av algbloomning under sommaren de senaste 30 åren, vilket verkar vara kopplat till temperaturökning (Ho, Michalak, & Pahlevan, 2019).

Ett stort problem med alger och cyanotoxiner är att de är svåra att avskilja vid vattenberedningen och olika former av alger kräver olika form av rening. Cellbundet cyanotoxin kan renas med hjälp av filtrering och koagulering medan fria toxiner är svårare att rena bort och kräver ozon, aktivt kol, kaliumpermanganat och i vissa fall klor för effektiv avskiljning (Bomo, Hagman, & Haande, 2012).

Algbloomningen kan påverka halterna av andra förorenande ämnen och substanser i råvattnet, vilket innebär att cyanotoxiner inte bara är ett problem i sig utan även kan orsaka följdproblem. Exempelvis kan algbloomning leda till syrefria förhållanden som gör att ökade halter av bly frigörs från sedimentet alternativt att metylkvicksilver frigörs i vattnet (Lei, Nunes, Liu, Zhong, & Pan, 2019; Sun, o.a., 2019).

I den senaste IPCC-rapporten om forskningsläget kring klimatet och den globala klimatförändringen beskrivs att den globala klimatförändringen fortgår i snabb takt och att den globala medeltemperaturen ökar (IPCC, 2021). Om nuvarande ökningstakt fortsätter nås +1,5 °C inom något decennium och +2 °C om ytterligare 20–30 år. I Sverige förväntas temperaturökningen vara större i norra Sverige än i söder. En temperaturökning i kombination med skyfall, förändrade ljus- och näringsförhållanden kan öka risken för algproblem i vissa vatten. Särskilt kan brunifieringen förväntas öka risken för algtilllväxt eller tillväxt av andra mikroorganismer. Dessa förändringar kan försämra kvaliteten i råvatten och därmed medföra behov av utökade insatser i beredningen av dricksvatten. Det kan noteras att den försämrade vattenkvaliteten på grund av algtilllväxt också kan påverka dricksvatten för husdjur och därmed indirekt ge effekter på livsmedelsproduktion i bredare bemärkelse.

3 Metod

Denna rapport har baserats på intervjuer med dricksvattenproducenter, utskickat frågeformulär till Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten, riktade frågor till forskare samt på litteraturstudier. Hur dessa metoder gått till beskrivs nedan.

3.1 Intervjuer med vattenproducenter

Svenskt vatten har genomfört intervjuer med åtta vattenproducenter för att diskutera utbredningen av problematiken med alger och cyanotoxiner. Detaljer kring intervjuerna återfinns under kapitel 4.2 Lägesbild från dricksvattenproducenterna.

3.2 Kontakt med Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten

Den 5 maj 2021 skickade Livsmedelsverket ut frågor om cyanotoxiner till de andra medlemsstaterna via den Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (Efsa).

Medlemsstaterna fick information det pågående arbetet i Sverige med att se hur klimatförändringar påverkar cyanotoxiner i ytvatten samt fick ett antal frågor att besvara. Efsa och frågorna som ställdes till medlemsstaterna beskrivs mer i detalj under kapitel 4.3.

3.3 Riktade frågor till forskare

Vi har ställt frågor till ett antal forskare angående kunskapsläget hur algbloomningar kan påverka dricksvattenförsörjningen i ett förändrat klimat. Frågorna var brett ställda för att få in tips om var vi skulle kunna leta efter mer information. Frågorna har bevarats av forskare från Lunds universitet, Uppsala universitet och Linnéuniversitetet. De mest relevanta tipsen på vetenskapliga artiklar inom området har gått igenom och dessa återfinns i referenslistan i denna rapport. Utöver forskningsartiklarna har även Livsmedelsverkets handböcker använts som underlag till rapporten.

3.4 Litteraturstudie

Delvis har rapporten baserats på en litteraturstudie av främst forskningsartiklar men även av Livsmedelsverkets handböcker. Forskningsartiklarna har hittats via kontakt med forskare.

Information om hur övervakningen ser ut idag (kapitel 4.1) har hämtats från de beskrivningar av respektive databas för miljöövervakning som finns på webben, samt genom kompletterande frågor via mejl till Sveriges geologiska undersökning gällande Vattentäcksarkivet.

4 Övervakning av cyanobakterier

4.1 Övervakningen idag

För att bedöma risk för förekomst av algblooming och cyanobakterier kan data över var blomningar förekommit tidigare användas. Det kan också vara användbart att titta på parametrar som påverkar förutsättningarna för algblooming, såsom näringsämneshalter och vattentemperatur. Detta avsnitt innehåller en sammanställning av relevanta databaser för miljöövervakningsdata och går igenom vilken information som finns var.

4.1.1 Vattentäcksarkivet

Vattentäcksarkivet är en databas som innehåller information om Sveriges dricksvattenproduktionsanläggningar (SGU, 2020). I databasen finns grundläggande anläggningsinformation om vattenverk och vattentäkter, samt vattenkvalitetsdata. Vattentäcksarkivet tillhör Sveriges geologiska undersökning, SGU.

Den grundläggande informationen om anläggningarna som finns i Vattentäcksarkivet är uppgifter om bland annat uttagsmängd, läge, användning av vattnet (till exempel permanentboende, jordbruk med mera), antal anslutna och förekomst av skydd. Dessa uppgifter lämnas in av behörig person hos kommunen eller annan vattenproducent via ett webbformulär på SGUs webbplats.

Arbetet med insamling av information pågår och ny information om vattenverk och vattentäkter registreras löpande i Vattentäcksarkivet. I maj 2020 fanns information om 2 042 vattentäkter knutna till allmänna vattenverk, varav 1 842 grundvattentäkter och 200 ytvattentäkter, samt information om 731 större enskilda vattentäkter.

Den vattenkvalitetsdata som finns i vattentäcksarkivet kommer från vattenproducenternas råvattenkontroll. Vattenproducenterna ger sitt medgivande till att SGU får ta del av deras prover, och SGU hämtar dessa från de analyslaboratorier som vattenproducenterna anlitar. I Vattentäcksarkivet finns vattenkvalitetsinformation från ungefär 1 060 000 vattenprover.

Sju olika typer av cyanobakterier finns med i Vattentäcksarkivets parameterlista för vattenkvalitetsdata. Databasen innehåller dock få analyser för dessa, totalt enbart 72 stycken (SGU, 2021). De analyser av cyanobakterier som finns har enheterna antal/100ml eller mg/l. I Vattentäcksarkivet finns också data för parametrar som kan hjälpa till att bedöma risken för förekomst av cyanobakterier och algblooming, till exempel halter av fosfor och kväve samt vattentemperatur.

Många av uppgifterna i Vattentäcksarkivet är sekretessreglerade och informationen finns därför inte öppen och tillgänglig för allmänheten. Uppgifterna är främst till för myndigheter som behöver informationen inom sitt arbete med vattenförvaltning och miljömålsuppföljning, samt för vattenproducenter som rapporterat in data till Vattentäcksarkivet. Dessa kan göra en beställning till SGU för att få ta del av data från databasen.

4.1.2 Miljödata MVM

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, är nationell datavärd¹ för data som insamlats från sötvatten inom nationell och regional miljöövervakning, samt från lokal övervakning inom recipientkontroll, egenkontroll och kommunal övervakning. Informationen tillgängliggörs i databasen Miljödata MVM (SLU, 2021). Webb tjänsten är byggd så att det ska vara enkelt att hitta data oavsett var och i vilken undersökning de är utförda inom. Informationen är öppen och tillgänglig för allmänheten.

I databasen finns flera olika parametrar som kan vara intressant för vattenproducenter kopplat till cyanobakterier och risk för algblooming. Parametern *Cyanobacteria* visar förekomst av cyanobakterier, som för varje mätillfälle anges med taxonnamn, täthet (celler/l) och biovolym (mm³/l). Det finns också ett beräknat index, *Andel cyanobakterier*, som anger hur stor andel av den totala biomassan växtplankton som utgörs av cyanobakterier. Indexet används som en indikator på stigande näringsnivåer. I databasen finns också flera parametrar som kan användas för att bedöma risk för förekomst av cyanobakterier, till exempel halter av näringsämnen kväve och fosfor, samt uppgifter om vattentemperatur vid provtagningstillfällena.

Hur ofta provtagning sker inom miljöövervakningen skiljer sig åt mellan de olika undersökningarna. Det är också stor skillnad på hur många vattenförekomster som omfattas. En del undersökningar, till exempel det nationella trendprogrammet, sker främst i sjöar och vattendrag som saknar lokal påverkan, medan exempelvis recipientkontroll sker i vatten där föroreningar från till exempel industrier släpps ut.

4.1.3 Badplatsen

Om det finns en badplats i vattentäkten kan det finnas relevant information om algbloomingar på Havs- och vattenmyndighetens webbplats Badplatsen (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). På webbplatsen Badplatsen samlas inrapporterade uppgifter om vattentemperatur och eventuell algblooming vid svenska större badplatser (EU-bad² och andra bad). Det är kommunen som är ansvarig för provtagning av så kallade EU-bad. Vid dessa bad ska vattenprover tas minst 3-4 gånger per badsäsong. För övriga bad bestämmer kommunen om provtagning ska ske och hur ofta det ska göras. När analysen är klar rapporteras analysresultaten in på webbplatsen Badplatsen, där uppgifterna är tillgängliga för allmänheten. I karttjänsten visas resultaten från det senaste provtagningstillfället. Det finns också en sida där all statistik från tidigare provtagningstillfällen tillgängliggörs.

Vid provtagning av EU-bad mäts vattentemperaturen och det gör sen okulär bedömning av om det är algblooming i vattnet. Förekomst av algblooming anges som "Blooming", "Förekomst", "Liten förekomst", "Ingen blomning" eller "Ingen uppgift". Normalt sett görs inga ytterligare analyser av förekomst av alger, cyanobakterier och toxiner i badvatten. En

¹ SLU:s uppdrag från Havs- och vattenmyndigheten är att lagra, kvalitetssäkra och tillgängliggöra vattenkemiska och biologiska data för sjöar och vattendrag.

² Inom EU ska större offentliga badplatser registreras som EU-bad. På dessa badplatser kontrolleras badvattnet regelbundet enligt vissa regler. Skyltar som visar kvaliteten på badvattnet ska finnas på alla EU-bad. I Sverige ska de badplatser som har mer än 200 badande per dag under badsäsongen registreras som EU-bad. Kommuner kan även frivilligt registrera och kontrollera övriga bad enligt reglerna. EU-baden omfattas av bestämmelserna i Badvattenförordningen (2008:218) och Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om badvatten (HVMFS 2012:14).

anledning är att förekomsten kan variera snabbt beroende på väderförhållanden vilket gör det svårt att få en uppfattning om aktuell förekomst genom provtagning.

Däremot görs en laboratorieanalys där det undersöks om vattenprovet innehåller bakterierna *Escherichia coli* (*E. coli*) och intestinala enterokocker. Dessa bakterier är så kallade indikatorbakterier som normalt finns i avföringen hos människor och andra varmblodiga djur. Om de finns i höga halter i badvattnet är det ett tecken på att vattnet har förorenats på något sätt, till exempel via avloppsvatten eller markavrinning efter regn, vilket också kan innebära en förhöjd risk för algbloomning.

4.1.4 VISS

Vatteninformationssystem Sverige, VISS, är en databas och karttjänst som innehåller information om svenska sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten (VISS, Vatteninformationssystem Sverige, 2021). Informationen är tillgänglig för allmänheten. VISS förvaltas av Länsstyrelsen i Jönköping. I databasen lagras bland annat information om provtagningar i Sveriges olika vatten och bedömningen av deras status. Vattenkartan ger en geografisk överblick av den information som finns i databasen.

För varje vattenförekomst finns information i VISS om bland annat:

- Påverkan på vattnet, anger om det till exempel finns betydande påverkan av näringsämnen från jordbruk, reningsverk mm inom avrinningsområdet.
- Statusklassning, både en övergripande bedömning av hur vattnet mår (ekologisk status och kemisk status) men även underliggande bedömningar på till exempel näringsämnen och övergödning.
- Miljöövervakning, i form av ett metadataregister som visar var och vad som mäts inom olika nationella och regionala miljöövervakningsprogram. VISS innehåller inte uppgifter om mätvärden.
- Skyddade områden, ett register över skyddade områden som ingår i vattenförvaltningsförordningen.
- Åtgärder, både föreslagna och genomförda åtgärder för respektive vattenförekomster presenteras.

4.2 Lägesbild från dricksvattenproducenterna

Svenskt vatten har genomfört enkätundersökningar om svensk dricksvattenberedning 2014 och 2018. I undersökningarna har det ingått en fråga om problem orsakade av alger och cyanobakterier. Eftersom frågan är ospecifikt formulerad kan ett JA på frågan antingen betyda påverkan på driften, t ex kapacitetspåverkan på grund av igensättning av filter eller påverkan på dricksvattenkvaliteten.

I undersökningen som genomfördes 2014 var det 40 av 1470 vattenverk som svarade JA på frågan om de haft problem orsakade av alger och cyanobakterier. Av de vattenverk som besvarade undersökningen 2014 var 130 ytvattenverk. Vattenverken som svarade JA på frågan försörjde ca 2,6 miljoner människor. 2018 var det 48 av 1424, varav 150 ytvattenverk, som svarade JA på samma fråga. Dessa vattenverk försörjde ca 3,1 miljoner människor. Andelen ytvattenverk som svarade JA på frågan om alger och cyanobakterier var alltså i stort sett oförändrad mellan 2014 och 2018, 31 respektive 32 %.

Tabell 1. Antal vattenverk som lämnat uppgifter om algtoxiner i enkätundersökningar utförda av Svenskt vatten åren 2014 och 2018.

	Antal vattenverk totalt	Antal ytvattenverk	Antal vattenverk som svarat JA på frågan om alger och cyanobakterier	Andel av ytvattenverk som svarat JA
2014	1470	130	40	31%
2018	1424	150	48	32%

Det var 14 vattenverk som angav problem orsakade av alger och cyanobakterier både 2014 och 2018.

Vattenverken som svarade JA vid båda undersökningstillfällena försörjde 2018 ca 2 miljoner människor med dricksvatten. De 12 dricksvattenproducenter som svarar för driften av de 14 vattenverken kontaktades via mejl för att boka tider för intervjuer. En av dricksvattenproducenterna svarade att processen var ändrad och att problem orsakade av alger och cyanobakterier inte längre var aktuellt. Tre av dricksvattenproducenterna svarade inte trots upprepade påminnelser. Intervjutider bokades med resterande åtta dricksvattenproducenter.

4.2.1 Intervjuer med dricksvattenproducenter

Intervjuerna genomfördes per telefon eller som digitala möten under hösten 2021. Vid en av intervjuerna framkom det att byte av vattentäkt genomförts och det byggts ett nytt vattenverk så algproblematiken inte längre var aktuell. Vid övriga sju intervjuer diskuterades i en del fall även andra vattenverk, än de som svarat JA på frågan om algproblem både 2014 och 2018. Redogörelsen nedan bygger på uppgifter om tolv vattenverk som har lämnats av sju dricksvattenproducenter. Vattenverken hade en årsproduktion mellan 18 000 m³ och 88 000 000 m³. Åtta av vattenverken hade en årsproduktion som var större än 3 000 000 m³. På nio av de 12 vattenverken ingår konstgjord infiltration och/eller långsamfiltrering i beredningsprocessen. På två av tre vattenverk som varken har långsamfiltrering eller konstgjord infiltration blandas ytvatten och grundvatten. Det är bara på ett av vattenverken som filtrering genom aktiverat kol ingår i beredningsprocessen, i kombination med långsamfilter. På två vattenverk finns utrustning för dosering av pulverkol installerad sedan

ca 20 år tillbaka men den har hittills inte använts. På ytterligare två vattenverk har pulverkol diskuterats som ett alternativ för kompletterande beredning men har hittills inte använts.

För fem av de 12 vattenverken angavs att algförekomst i råvattnet var återkommande. För tre av vattenverken gjordes bedömningen att blomningsperioden blivit längre. Ett vattenverk sa att förekomst av vattenpest och musslor i vattentäkten hade ökat men inte algproblemen. Av de åtta vattenverk som hade en årsproduktion större än 3 Mm³ mätte sju vattenverk regelbundet algtoxiner i råvattnet. Vid det verk där algtoxiner inte mättes gjordes visuella kontroller av algförekomst i råvattentäkten. Inget vattenverk angav att man sett en ökning av halterna av algtoxiner i råvattnet.

Den driftpåverkan som alger i råvattnet orsakat är i första hand kapacitetsbegränsningar på grund av igensättning av filter. Påverkan begränsas genom tätare backspolning av snabbfilter och genom att skrapa ytan på långsamfilter oftare. En dricksvattenproducent tog upp tvätt av snabbfiltersand som en åtgärd för att minska påverkan från algblomning. En åtgärd som nämndes för att minska risken för algtoxiner i dricksvattnet var att ha kontroll på att det inte samlas slam i flockningsbassänger. Algtoxiner kan frigöras vid nedbrytning av algernas celler. Andra åtgärder som nämnts är ökad dosering av fällningskemikalier vid algblomningar. En dricksvattenproducent tog upp minskad dosering av polymer som hjälpkoagulant vid algblomning.

Tre dricksvattenproducenter, med sammanlagt fyra vattenverk, uppgav att det förekommit enstaka klagomål från konsumenter på lukt och smakstörningar som kunde varit algrelaterade. För åtta av de 12 vattenverk som uppgifter hämtats in om har det inte konstaterats några lukt- och smakstörningar som bedöms vara orsakade av algblomningar.

Det har inte uppmätts påvisbara halter av algtoxiner i dricksvattnet vid något av de vattenverk som ingått i undersökningen. Vid fem vattenverk har mätningar genomförts i dricksvatten, vid ytterligare två vattenverk har mätningar genomförts i råvatten utan att påvisbara halter påvisats.

Kännedomen om Livsmedelsverkets handbok "Dricksvattenrisker cyanotoxiner i dricksvatten" varierar mellan dricksvattenproducenterna som intervjuats, allt från att ha medverkat i de projekt genom vilken handboken togs fram till att inte känna till att handboken finns. Det finns alltså anledning till öka informationsspridningen om handboken. De som hade använt handboken tyckte att den var ett bra stöd men det fanns önskemål om kompletteringar och förtydliganden av handboken. Det var framför allt avsnittet om provtagning och analys samt okulär kontroll av algblomningar som dricksvattenproducenterna önskade skulle vara mer utförliga.

Två av de intervjuade dricksvattenproducenterna medverkar i projektet som ger underlag till Cyanoalert. Övriga dricksvattenproducenter kände inte till tjänsten. Det finns alltså anledning att öka informationsspridningen om Cyanoalert.

Fyra av dricksvattenproducenterna har i varierande grad haft samråd med den lokala kontrollmyndigheten angående alger och cyanobakterier. Ingen av de intervjuade dricksvattenproducenterna har haft kontakter med sjukvården angående eventuella effekter av alger och cyanobakterier som påverkat dricksvattnet.

När det gäller kompletterande underlag för att bedöma risker för dricksvattenkvaliteten orsakade av alger och cyanobakterier framförde ett par av dricksvattenproducenterna följande idéer och önskemål:

- Övervakning av vattenkvaliteten i vattentäkten på olika djup med hjälp av sensorer. Utvecklingsarbete pågår hos en dricksvattenproducent.
- Analys av fler algtoxiner. Antikroppsbaseade analysmetoder som mäter fler toxiner.

4.3 Övrig omvärldsbevakning

4.3.1 Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten och Focal point

Den Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (Efsa, European Food Safety Authority) har i uppdrag att ge oberoende vetenskaplig rådgivning om möjliga risker i livsmedelskedjan, att kommunicera risker till intressenter från producent till konsument samt att verka för samarbete inom livsmedelssäkerhetsområdet i Europa. Livsmedelsverket är nationell kontaktpunkt för Efsa i Sverige, så kallad Focal Point. Syftet med Focal point är att stötta Sveriges samverkan med Efsa, vilket Livsmedelsverket gör tillsammans med den nationella representanten i Advisory Forum. I korthet ingår i uppdraget:

- Att bidra till utbyte av vetenskaplig information,
- Att uppmuntra samverkan med nationella experter genom nätverk,
- Att stötta organisationer som vill ansöka om medel från Efsa, samt
- Att öka synligheten av det vetenskapliga arbete som utförs av Efsa.

4.3.2 Livsmedelsverkets frågor till medlemsstaterna

Den 5 maj 2021 skickade Livsmedelsverket ut frågor om cyanotoxiner till de andra medlemsstaternas kontaktpunkter inom Focal point-nätverket.

Medlemsstaterna fick information om Livsmedelsverkets handbok om cyanotoxiner i dricksvatten samt att det pågår ett arbete i Sverige med att se hur klimatförändringar påverkar cyanotoxiner i ytvatten. De specifika frågorna som ställdes till medlemsstaterna gällde;

1. om länderna har sammanfattat nationella halter av cyanotoxiner i ytvatten och om de har gjort en riskvärdering där de har tagit fram hälsobaserade gränsvärden, samt
2. om länderna har gjort en prediktion på hur klimatförändringarna påverkar och kommer att påverka cyanotoxiner.

I förfrågan betonades att Livsmedelsverket är särskilt intresserade av information rörande nya cyanotoxiner, men också av effekter på sammansättningen av cyanotoxiner och halter av dessa. Medlemsstaterna fick även information om att vi främst är intresserade av rapporter som inte finns i den vetenskapliga litteraturen, men att sådan information också är varmt välkommen.

4.3.2.1 Medlemsstaternas svar på Livsmedelsverkets frågor

Sista svarsdatum på frågorna var den 31 maj 2021. Av de 36 medlemsstaterna inom Focal point svarade 12 att de hade nationell information om cyanotoxiner. Flera av de svarande medlemsländerna meddelar att det inte finns lagligt bindande gränsvärden för cyanotoxiner men några nämner att de använder WHO:s riktvärden i sitt arbete. Några av de svarande rapporterar en ökning av cyanotoxiner som förmodligen kan kopplas till ett förändrat klimat.

Informationen från de svarande medlemsländerna är sammanfattad och förkortad nedan. Mer detaljerad information om bland annat analyser från respektive land finns i Bilaga 1.

4.3.2.1.1 Belgien

Världshälsoorganisationens (WHO) gränsvärde på 1 µg mikrocystin-LR/L (MC-LR/L) används för kronisk exponering via dricksvatten.

WHOs gränsvärde på 20 µg MC-LR/L används för vatten som används till fritid/rekreation.

Regionala gränsvärden har även tagits fram för mikrocystin (vid förekomst av ett flytande lager med cyanobakterier) i ytvatten som används för skaldjur (20 µg MC-LR/L).

Ny forskning av belgiska forskare visar att perioder med stratifiering av sjöar kommer att pågå under en längre tid i ett varmare klimat. Dessa långa perioder med stratifiering kan driva på toxiska algbloomningar (Woolway, o.a., 2021).

4.3.2.1.2 Cypern

Vatten från Cyperns största ytvattenreservoarer analyseras regelbundet för mikrocystiner. Analyserna görs både i råvattenprover från ytvattenreservoarer vid inflödet från alla stora vattenverk och i det behandlade vattnet.

Vid sidan av analyserna ovan är inte cyanotoxiner regelbundet övervakade i ytvatten på Cyperns inland. Däremot är cyanobakterier regelbundet övervakade i alla stora vattenreservoarer på Cypern, inom ramen för programmet för fytoplanktonövervakning inom ramdirektivet för vatten. I mindre reservoarer analyseras cyanobakterier när det sker intensiva algbloomningar. När det sker intensiva algbloomningar, eller i de fall det bedöms som nödvändigt, skickas prover till specialiserade laboratorier för analys av vissa cyanotoxiner.

4.3.2.1.3 Frankrike

I Frankrike finns det inga specifika lagligt bindande gränsvärden eller riktvärden för cyanotoxiner för jordbruksanvändning.

Det finns en förordning som innehåller en rekommendation om en kvalitetsgräns på 1 µg/L av totala mängden mikrocystiner i dricksvatten.

4.3.2.1.4 Grekland

Miljöanalyslaboratoriet på institutet för nanovetenskap och nanoteknologi vid det nationella centret för vetenskaplig forskning "DEMOKRITOS" har gjort studier på förekomst av cyanotoxiner i grekiska ytvatten. En studie påvisar förekomst av cyanotoxiner och cyanopeptider i vatten som används för bevattning, fiske och fritid/rekreation (Zervou, o.a., 2021). Dessa fynd visar att det behövs fler utvärderingar av förekomsten av cyanotoxiner och cyanobakteriella metaboliter i sjöar som kan bidra till riskvärderingar med relevans för mänsklig exponering.

4.3.2.1.5 Irland

Irländska EPA genomför analyser av fytoplankton och de ser ofta organismer som bildar cyanotoxiner. De gör dock inga analyser av typ av toxin eller kvantifiering av dessa. Inom EPA STRIVE-projektet skrevs en rapport 2008 som beskriver förekomsten av toxiner i irländska sjöar (EPA Ireland, 2008).

4.3.2.1.6 Nederländerna

Nederländernas motsvarighet till livsmedelsverket NVWA (Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority) forskar för närvarande på hälsorisker av cyanotoxiner i ytvatten för jordbruksanvändning.

Arbete pågår med en rapport om förekomst av cyanotoxiner i ytvatten det senaste decenniet. Rapporten är inte offentlig ännu men Nederländerna meddelar Sveriges Focal point-kontakter när den publiceras.

4.3.2.1.7 Norge

Den norska vetenskapskommittén (VKM) publicerade den 21 juni 2021 en riskvärdering om cyanobakterier och cyanotoxiner i norska dricksvattenkällor (Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM), 2021). Riskvärderingen sammanfattar kunskapsläget inom området samt utreder hur det kan vara en utmaning för dricksvattenproduktion, se kort sammanfattning nedan.

Norge har ingen systematisk övervakning av förekomsten av cyanobakterier och/eller cyanotoxiner. Det finns inga kända fall av akut förgiftning kopplat till dricksvatten. Riskvärderingen slutleder att det finns ett ökat behov för kunskap om hur klimatförändringar kommer påverka förekomsten av cyanobakterier. De påpekar även att det behövs kunskap inom hur kombination av flera olika varianter av bakterier påverkar effekten av cyanotoxiner.

4.3.2.1.8 Slovakien

Krav på vattenkvalitet i ytvatten är specificerat i ett dekret från Slovakiens hälsoministerium No. 308/2012 Coll. I vatten som används för fritid/rekreation är övervakning av cyanobakterier fokuserat på att övervaka tillväxt och produktion av cyanotoxiner. Ett kontrollprogram har utvecklats i Slovakien för visuell kontroll, övervakning och utvärdering av cyanobakteriell tillväxt i vatten för fritid/rekreation.

Gränsvärden för cyanotoxiner i vatten för fritid/rekreation tas inte fram i Slovakien. Det finns heller inga gränsvärden för innehållet av cyanotoxiner för bevakningsvatten.

I samband med förändrade klimatförhållanden har cyanobakterien *Cylindrospermopsis raciborskii* övervakats och registrerats på flera orter med höga vattentemperaturer. Cyanobakterien förväntas expandera ytterligare eftersom fler badplatser har tillkommit inom de områden där den har registrerats.

4.3.2.1.9 Tjeckien

Ingen riskvärdering har gjorts i Tjeckien.

Det antas generellt att klimatförändringarna kommer att orsaka ökad utveckling av alger och därefter ökade nivåer av cyanotoxiner (Plaas & Paerl, 2021; Paerl & Barnard, 2020).

4.3.2.1.10 Tyskland

Cyanotoxiner mäts i Tyskland i samband med vetenskapliga projekt, liksom i vissa råvattentäkter och badvatten. På grund av de olika ansvarsområdena finns det dock ingen sammanfattning av nationella halter av cyanotoxiner tillgängliga. Den tyska miljömyndigheten (UBA) gjorde en screening år 2007-2010 (UBA, 2011).

EU:s badvattendirektiv begär övervakning av cyanobakterier i badvatten. Därför har badvattenkommissionen vid UBA publicerat ett vägledningsdokument för riskbedömning och hantering av cyanotoxiner i badvatten. För dricksvatten finns det ett beslutsstödverktyg online baserat på UBAs koncept för en vattensäkerhetsplan (UBA, 2021).

Det mest aktuella dokumentet för aktuell riskbedömning och hantering av cyanotoxiner är WHO-monografen "Toxic cyanobacteria in Water" som publicerades 2021 och redigerades av UBA (WHO, 2021). Eftersom WHO har publicerat nya riktvärden (publiceras också i boken) kommer Tyskland att uppdatera sitt nationella vägledningsdokument i enlighet med detta.

4.3.2.1.11 Ungern

Det nationella centret för folkhälsa (NCPH) och dess föregångare har inte gjort någon summering. Däremot finns det mätresultat för mikrocystin LR-ekvivalent toxin sedan ett par år tillbaka. Om algbloomningar misstänks i ett naturligt badvatten utförs analys av vattnet för att undersöka toxinhalten. Sedan 2019 har totalt 25 vattenprover testats och toxinkoncentrationen av mikrocystin LR-ekvivalent översteg inte den lägre gränsen 0,20 µg/L i något av fallen.

4.3.2.1.12 Österrike

Det finns inga nationella gränsvärden eller riktvärden men det finns en databas över kvalitén i badvatten (AGES, 2021).

5 Vad finns det för stöd till kommuner och dricksvattenproducenter

I dagsläget saknas rättsligt bindande gränsvärden för cyanotoxiner i dricksvatten, dock får dricksvatten inte innehålla ämnen i sådana halter att det kan innebära en risk för människors hälsa (7 § SLVFS 2001:30). Det finns även ett krav på undersökningar av andra parametrar än sådana som det finns gränsvärden för, om det finns skäl att misstänka att de förekommer i halter som skulle kunna innebära en risk för människors hälsa (13 § SLVFS 2001:30).

Livsmedelsverket har tagit fram åtgärdsgränser för cyanotoxiner i dricksvatten, vilka är tänkta att kunna användas av dricksvattenproducenter för att avgöra om halterna i dricksvattnet är så höga att de kan utgöra en hälsorisk. Vid halter över åtgärdsgränsen bör åtgärder vidtas för att snabbt sänka halten, alternativt bör konsumenter avrådas från att dricka av vattnet. Åtgärdsgränserna är baserade på riskvärderingar utförda av Livsmedelsverket, dessa är tillgängliga på Livsmedelsverkets webbplats (Livsmedelsverket, 2021). I det nya dricksvattendirektivet (EU 2020/2184) finns ett gränsvärde för mikrocystin-LR i dricksvatten, 1 µg/l. Parametern ska undersökas vid potentiella blomningar i vattentäkten.

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

Som ett stöd till producenter och tillhandahållare av dricksvatten samt kontrollmyndigheter har Livsmedelsverket tagit fram en handbok: Dricksvattenrisker – Cyanotoxiner i dricksvatten 2018.

Utöver allmän information om cyanotoxiner och deras uppkomst, information om hälsoeffekter av olika toxiner samt de tidigare nämnda åtgärdsgränserna och bakgrunden till dessa innehåller handboken även handfasta råd och rekommendationer vid förekomst av cyanotoxiner i rå- eller dricksvatten. Vidare finns beskrivningar av de beredningsmetoder som kan avskilja eller inaktivera cyanobakterier och cyanotoxiner i vattenverket. De olika grupperna av cyanobakterier har olika förutsättningar när det gäller just inaktivering eller avskiljning.

Förebyggande arbete är förstås det bästa, här finns viss rådgivning som rör dels hur man förebygger risken för cyanotoxiner i dricksvattnet och dels vilka parametrar man kan använda sig av för att övervaka eventuell förekomst.

Dricksvattenproducenter ska utföra en faroanalys, det finns även krav på hänsyn till råvattnets beskaffenhet vid beredning av dricksvatten. I faroanalysen ingår att identifiera potentiella hälsofaror i samtliga steg av processen för att kunna hantera dessa på ett lämpligt sätt. Vägledning om faroanalys finns tillgänglig för dricksvattenproducenter och kontrollpersonal via Kontrollwiki – Livsmedelsverkets webbplats för fördjupning samt i

Svenskt vattens publikation P111 – Handbok för egenkontroll vid produktion och distribution av dricksvatten.

6 Koppling till ett förändrat klimat

Generellt har alger som producerar microcystin och neurotoxiner bra förutsättningar i ett varmare klimat, så kan vi förvänta oss att problemet uppstår oftare än in nuläget (Münzner, 2021).

Ett förändrat klimat förväntas leda till förhöjda nivåer av kväve i vattenförekomster vilket i sin tur leder till generellt högre microcystinproduktion (Burford, o.a., 2019).

6.1 Torka

Det har gjorts en liten dataanalys (av SLU:s miljödata) om hur torkan år 2018 påverkade algbiomassa i 290 sjöar jämfört med ett vanligt år (2017). Det blev betydligt högre biomassa för grönalger och cyanobakterier under det torrare året. Potentialen för toxiska blomningar och risken för problem för vattenrening (höga mängder organiskt material att filtrera ut) höjs troligen då, speciellt i områden som också är utsatta för övergödning (Münzner, 2021).

6.2 Översvämningar

Översvämning kan inte uteslutande kategoriseras som varken en drivande eller dämpande faktor för primärproduktion och algbiomassa eftersom dessa faktorer är starkt beroende av andra variabler så som övergödning, siktdjup, betande m.m. (Talbot, o.a., 2018). Dock kan det konstateras att översvämning leder till höga näringsvärden och omsättningstid som är tillräckligt lång för att algblooming ska kunna formas och ackumuleras (Pearl, o.a., 2016).

6.3 Ett varmare klimat

Algerna kommer att ha en längre växtperiod i ett varmare klimat, då vattnet värms upp tidigare på året och stratifieras (speciellt i grunda sjöar), och förblir varmt längre in på hösten (Burford, o.a., 2019). Detta innebär att algbloomingar kan uppstå både tidigare och senare på året, samt vara längre (Münzner, 2021). Detta kan påverka tillgång till dricksvatten samt även vatten som används inom lantbruket.

En stark stratifiering gynnar många cyanobakterier som blommar under sommaren men när stratifieringen bryts kan de även gynnas av att fler alger frigörs från sediment. En sådan brytning av stratifieringen kan även avsluta en blomning, det är inte helt klargjort hur de processerna fungerar men det verkar bland annat vara beroende av algart (Cottingham, Weathers, Ewing, Greer, & Carey, 2020).

6.4 Sammanfattning av algblooming och cyanotoxiner kopplat till ett förändrat klimat

Vi kan förvänta oss flera algbloomingar som oftare blir toxiska, samt att de kommer att hända både tidigare och senare under året. Problem som uppstår för dricksvattentillgång är toxinbildning och mycket organiskt material som måste avlägsnas i vattenverket.

De största riskerna finns antagligen i områden med övergödning och grunda sjöar. Det blir dock svårt att förutse, dels för att vädret påverkar mycket, samt dels för att vi inte förstår exakt hur alger frigörs från sedimentet och på så vis påverkar algbloomingar (Cottingham, Weathers, Ewing, Greer, & Carey, 2020).

7 Slutsatser och förslag till fortsatt arbete

Algtoxiner är för närvarande inte ett stort problem för svensk dricksvattenförsörjning men det är viktigt att ha frågan under bevakning. Inte minst på grund av att ett förändrat klimat kan leda till en ökad förekomst av toxinbildande alger i sjöar och vattendrag som används som råvattentäkter.

Intervjuerna med dricksvattenproducenter tyder på att kännedom varierar kring det stöd som finns att få i frågan om algblooming och cyanotoxiner i råvatten. Baserat på detta är det viktigt att se till att de nås av information om de stöd som finns, som exempelvis Livsmedelsverkets handbok (Livsmedelsverket, 2018) och Cyanoalert (www.cyanoalert.com). Det kan även vara värdefullt för dricksvattenproducenter med kompletteringar och förtydliganden av Livsmedelsverkets handbok. Det var framför allt avsnittet om provtagning och analys samt okulär kontroll av algbloomingar som dricksvattenproducenterna önskade skulle vara mer utförliga.

Alger kommer att ha en längre växtperiod i ett varmare klimat, och detta kan i framtiden påverka råvattnets kvalitet. Klimatförändringen påverkar också avrinningsmönster, vilket leder till ökad avrinning vid skyfall och minskad avrinning under perioder med lite nederbörd. I båda situationerna ökar risken för att koncentrationen av de näringsämnen som krävs för algernas tillväxt kommer upp en nivå som gynnar algutväxten. I sammanhanget är timingen mellan olika händelser viktig. Skyfall som faller på nygödslad åkermark och kan föra ut fosfor till vattnet samtidigt som temperaturen är hög är ett riskscenario. När avrinning av organiskt material fortgår under lång tid, till exempel under vintermånader utan minusgrader, till vattensystem med långsam vattenomsättning kan koncentrationen av organiskt material gynna algutväxt under vår och sommar. Detta kan vara ett annat riskscenario.

Det behövs mer detaljerad kunskap kring effekter på dricksvatten som följer av ett förändrat klimat. Det kan gälla saltvatteninträngning, algblooming, brunifiering, mikrobiologiska risker och påverkan på beredningssystemen.

Det kan behöva inventeras vilka teknikutvecklingsbehov som finns i vattenverken så att teknikerna finns klara att använda när de väl behövs. En fråga som kan utredas vidare är om det finns analysmetoder för alla algtoxiner som bör övervakas i rå- och dricksvatten?

8 Referenser

- AGES. (den 17 juni 2021). *Badegewässermonitoring*. Hämtat från Badegewässerdatenbank: <https://www.ages.at/themen/umwelt/wasser/badegewaesser/>
- Bomo, A.-M., Hagman, C. H., & Haande, S. (2012). Bruk av klor, UV og ozon for fjerning av cyanotoksiner i drikkevann – en vurdering av vannbehandlingsens kapasitet i dag og i et fremtidig klima. *VANN*, 02.
- Burford, M., Carey, C., Hamilton, D., Huisman, J., Paerl, H., Wood, S., & Wulff, A. (den 16 April 2019). Perspective: Advancing the research agenda for improving understanding of cyanobacteria in a future of global change. *Harmful Algae*, 91, ss. 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.04.004>
- Cottingham, K. L., Weathers, K. C., Ewing, H. A., Greer, M. L., & Carey, C. C. (den 22 December 2020). Predicting the effects of climate change on freshwater cyanobacterial blooms requires consideration of the complete cyanobacterial life cycle. *Journal of Plankton Research*, 43, ss. 10-19. doi:10.1093/plankt/fbaa059
- CyanoAlert. (u.d.). *www.cyanoalert.com*. Hämtat från Space based cyanobacteria information & services: <https://www.cyanoalert.com/>
- EPA Ireland. (2008). *Molecular Diversity and Dynamics of Toxigenic Blue-green Algae in Irish Lakes*. EPA. Hämtat från https://www.epa.ie/publications/research/water/STRIVE_88_web.pdf
- Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2020/2184 av den 16 december 2020 om kvaliteten på dricksvatten (omarbetning). (u.d.).
- Havs- och vattenmyndigheten. (2021). *Badplatser och badvatten*. Hämtat från <https://www.havochvatten.se/badplatser-och-badvatten.html>
- Ho, J. C., Michalak, A. M., & Pahlevan, N. (den 14 Oktober 2019). Widespread global increase in intense lake phytoplankton blooms since the 1980s. *Nature*, 574, ss. 667-670. doi:10.1038/s41586-019-1648-7
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lei, P., Nunes, L. M., Liu, Y.-R., Zhong, H., & Pan, K. (den 01 Maj 2019). Mechanisms of algal biomass input enhanced microbial Hg methylation in lake sediments. *Environment International*, 126, ss. 279-288. doi:10.1016/j.envint.2019.02.043
- Livsmedelsverket. (2018). *Handbok Dricksvattenrisker - Cyanotoxiner i dricksvatten*. Livsmedelsverket. Hämtat från <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2018/2018-handbok-dricksvattenrisker-cyanotoxiner-i-dricksvatten.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1>
- Livsmedelsverket. (2021). *Kontrollwiki - Webbplats för fördjupning*. Hämtat från Riktvärden och åtgärdsgränser för vissa ämnen: <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/381/riktvarden-och-atgardsgranser-for-vissa-amnen>
- Münzner, K. (2021). Kontakt per epost.
- Paerl, H. W., & Barnard, M. A. (juni 2020). Mitigating the global expansion of harmful cyanobacterial blooms: Moving targets in a human- and climatically-altered world. *Harmful Algae*, 96. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101845>

- Pearl, H. W., Gardner, W. S., Havens, K. E., Joyner, A. R., McCarthy, M. J., Newell, S. E., . . . Scott, J. T. (den 1 April 2016). Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, 54, ss. 213-222. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.09.009>
- Plaas, H. E., & Paerl, H. W. (2021). Toxic Cyanobacteria: A Growing Threat to Water and Air Quality. *Environmental Science & Technology*, 55(1), 44-64. doi:10.1021/acs.est.0c06653
- SGU. (2020). Vattentäktssarkivet. Hämtat från <https://www.sgu.se/grundvatten/vattentaktsarkivet/>
- SGU. (juni 2021). Kontakt per epost.
- SLU. (2021). <https://miljodata.slu.se/MVM/> . Hämtat från Miljödata MVM.
- SLVFS 2001:30. (u.d.). Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten.
- Sun, Q., Lin, J., Ding, S., Gao, S., Gao, M., Wang, Y., & Zhang, C. (den 15 November 2019). A comprehensive understanding of enhanced Pb mobilization in sediments caused by algal blooms. *Science of The Total Environment*, 691, ss. 969-980. Hämtat från <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.152>
- Talbot, C. J., Bennett, E. M., Cassell, K., Hanes, D. M., Minor, E. C., Pearl, H., . . . Xenopoulos, M. A. (den 11 Maj 2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141, ss. 439-461. doi:[https://doi.org/10.1007/s10533-018-0449-7\(0123456789\(\).,-volV\(0123456789\(\).,-volV](https://doi.org/10.1007/s10533-018-0449-7(0123456789().,-volV(0123456789().,-volV)
- UBA. (2011). *Development of Toxic Nostocales (Cyanobacteria) in the Course of Declining Trophic State and Global Warming*. Hämtat från <https://publications.kompetenz-wasser.de/pdf/Wiedner-2011-455.pdf>
- UBA. (2021). *Decision support tool for the development of a setting-specific strategy from catchment to consumer against the occurrence of cyanotoxins in drinking-water*. Hämtat från Cyanocenter: <https://toxic-cyanobacteria.com/> den 10 09 2021
- VAKA. (2020). Muntlig kommunikation mellan Livsmedelsverket och VAKA.
- Vattenmyndigheterna. (2021). VISS, Vatteninformationssystem Sverige. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/>
- Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM). (2021). *Cyanobakterier og cyanotoksiner i norske drikkevannskilder*. Hämtat från https://vkm.no/download/18.3aa5a08617a1a8ba34d8edc0/1624443386193/endelig_20210622_Vurdering%20cyanobakterier%20og%20cyanotoksiner%20i%20vann.pdf
- WHO. (2021). *Toxic cyanobacteria in water - Second edition*. Hämtat från <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition>
- Woolway, R. I., Sapna, S., Weyhenmeyer, G. A., Debolskiy, A., Golub, M., Mercado-Bettín, D., . . . Jennings, E. (2021). Phenological shifts in lake stratification under climate change. *Nature Communications*, 12. doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22657-4>
- Zervou, S.-K., Moschandreu, K., Paraskevopoulou, A., Christophoridis, C., Grigoriadou, E., Kaloudis, T., . . . Hiskia, A. (2021). Cyanobacterial Toxins and Peptides in Lake Vegoritis, Greece. *Toxins*, 13(6). doi:<https://doi.org/10.3390/toxins13060394>