

Miljøprojekt Nr. 716 2002

Håndbog om giftige alger i badevand

Hanne Kaas og Kristine Garde
DHI - Institut for Vand og Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSION	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	13
2 ALGE-INDSATSPLANER	19
2.1 INVOLVEREDE, ANSVAR OG KOMMUNIKATION	19
2.2 AKTIONER VED KRITISKE ALGEFOREKOMSTER	21
2.3 EKSISTERENDE INDSATSPLANER	26
3 INFORMATION AF BORGERNE	27
3.1 PROGNOSE	30
4 BADEVANDSKONTROL AF ALGER	31
5 STRATEGIER	35
6 UNDERSØGELSESMETODER	37
6.1 FELTUNDERSØGELSER	37
6.2 ALGEUNDERSØGELSER I LABORATORIET	40
6.3 TOKSICITETSTEST OG TOKSINANALYSER	41
7 BAGGRUNDSINFORMATION	45
7.1 TEGN PÅ ALGEPROBLEMER I BADEVAND	45
7.2 GIFTIGE ALGER	51
7.3 GIFTIGE BLÅGRØNALGER	51
7.3.1 <i>Arterne</i>	52
7.3.2 <i>Cyanotoksiner</i>	54
7.3.3 <i>Risikovurdering</i>	57
7.3.4 <i>WHO's grænseværdier</i>	58
7.4 ANDRE GIFTIGE ALGER - OPBLOMSTRINGER I HAVET	59
7.4.1 <i>Arterne</i>	59
7.4.2 <i>Toksinerne</i>	60

Bilag	
BILAG A CYANOTOKSINER	63
BILAG B MUSETEST	65
LITTERATURLISTE	67

Forord

Masseforekomst af alger forekommer hver sommer i søer og kystområder, der bruges til badning og andre rekreative aktiviteter. Da nogle alger producerer giftstoffer med humantoksiske effekter, kan algerne udgøre en sundhedsrisiko i lighed med forekomster af patogene bakterier og virus.

"Bekendtgørelse om badevand og badestrande"¹ og den hertil knyttede vejledning "Kontrol af badevand"² berører kort denne sundhedsrisiko og anbefaler, at "Badning bør derfor (på grund af risikoen for giftige alger) frarådes, når vandet er stærkt uklart, og i svære tilfælde af længere varighed bør der nedlægges badeforbud". Vejledningen stiller således krav til badevandets sundhedsmæssige og æstetiske kvalitet, herunder en række kemiske og fysiske parametre, der indikerer masseforekomst af alger. I tilfælde af overskridelse af kravene skal badevandskvaliteten vurderes, og det skal afgøres, om der er behov for skærpet overvågning eller eventuelt badeforbud, men der gives ikke en nærmere anvisning på, hvorledes algesituationer håndteres.

Denne håndbog giver råd og vejledning til myndigheder og andre institutioner, der er involveret i badevandskontrol, om hvordan algeopblomstringer kan overvåges og håndteres. Den præsenterer en række ideer og værktøjer om beredskab, administrativ forvaltning, information og kontrol, der kan bruges til opbygning af **algeprotokoller**.

Håndbogen skal ses i lyset af det pågående internationale arbejde rettet mod at integrere håndtering af algeproblemer i forvaltningen af badevand (og drikkevand). I WHO's "Guidelines for safe recreational water environments" behandles algeproblemer særskilt, og WHO-bogen "Toxic cyanobacteria in water" gennemgår problemstillinger vedrørende blågrøn-alger, som er den gruppe der udgør det største problem i badevand (Chorus & Bartram 1999). WHO's anbefalinger er inkluderet i håndbogen efter tilpasning til danske forhold. EU er i sin nye badevandspolitik også opmærksom på algeproblemer og foreslår, at det kommende EU-direktiv skal omfatte en protokol, der fastsætter, hvad der skal gøres, når algeopblomstringer indtræffer (Meddelelse fra Kommissionen, december 2000).

Erfaringer fra danske amter og kommuner, herunder eksisterende aktionsplaner for masseforekomst af alger i badevand, er ligeledes inddraget.

Håndbogen er finansieret af Miljøstyrelsen og projektet styregruppe bestod af repræsentanter fra Miljøstyrelsen (Linda Bagge), Sundhedsstyrelsen (Anders Carlsen), Amtsrådsforeningen (Helene Munk Sørensen), Ry Kommune (Peter Friebo), Danmarks Miljøundersøgelser (Jens Peder Jensen) og Rådet for større badesikkerhed (Michael B. Aller). Den er udarbejdet af Hanne Kaas og Kristine Garde, DHI - Institut for Vand og Miljø.

¹ nr. 292 af 23 juni 1983 og nr. 99 1999

² i det efterfølgende kaldet Badevandsvejledningen

Sammenfatning og konklusion

Masseopblomstringer af alger langs badestrande er et tilbagevendende problem hver sommer i søer og kystområder. Opblomstringerne medfører æstetiske gener, der gør det ubehageligt at bade. Mere alvorligt er det, at nogle alger producerer giftstoffer (toksiner) og dermed kan udgøre en sundhedsrisiko for badende og andre, der benytter rekreative områder.

Langs danske badestrande er det kun opblomstringer af blågrønalger, der giver tilbagevendende risiko for sundhedsmæssige problemer. Denne håndbog tager derfor udgangspunkt i forekomster af disse alger og deres giftstoffer cyanotoksinerne. En vurdering af badevandskvaliteten skal imidlertid omfatte forekomst af alle typer giftige alger og af opblomstringer af andre planktonalger og makrofyter. Beredskabsplaner, kontrolprogrammer og aktioner vil langt hen ad vejen være uafhængige af algetypen.

Der er ikke fastlagt **grænseværdier** for forekomst af giftige alger i badevand. I erkendelse af den potentielle sundhedsrisiko ved blågrønalgeopblomstringer har WHO imidlertid opsummeret den nuværende viden og givet forslag til vejledende grænseværdier (Chorus & Bartram 1999). Anbefalinger er nærmere omtalt i kapitel 7 og delvist inkorporeret i den danske anbefaling i kapitel 2.

Håndtering af algeopblomstringer må således ske på grundlag af de involverede myndigheders vurdering af den aktuelle situation, erfaringer fra tidligere tilfælde samt eksisterende viden om de alger der danner opblomstring.

Som udgangspunkt må alle blågrønalgeopblomstringer anses for giftige med mindre undersøgelser påviser det modsatte. Observerede effekter af blågrønalger i badevand og drikkevand dokumenterer, at **masseforekomst af blågrønalger** - hvor vandet er misfarvet - udgør en sundhedsmæssig risiko. Undersøgelser viser, at hovedparten af denne type opblomstringer i det danske vandmiljø indeholder giftige arter og cyanotoksiner.

Risikoen kan ikke kvantificeres og afhænger af den badendes følsomhed, varigheden af kontakt med algerne, koncentrationen af alger samt typen af cyanotoksiner. Risikoen anses for meget lille, så længe folk ikke bader i længere tid, ikke indtager algefarvet vand eller "spiser" skum og under forudsætning af, at de ikke er syge eller lider af overfølsomhed eller allergi. Der er ikke grundlag for at antage, at badning giver kroniske effekter. Symptomerne forsvinder i løbet af timer - få døgn.

Vand uden synlig algeforekomst indeholder normalt ikke høje koncentrationer af toksiner, og der er under normale omstændigheder ikke risiko for infektioner. Der er dog visse undtagelser, som omtales nærmere i håndbogen.

Opblomstringer af andre giftige alger end blågrønalger giver så vidt vides ikke problemer i badevand. Ved andre typer opblomstringer skal risikoen vurderes i hvert enkelt tilfælde og må bygge på kendskab til den givne art samt eventuelt toksicitets- og toksinmålinger.

Masseforekomster af trådformede makroalger kan også nedsætte badevandskvaliteten. Makroalgerne er ikke giftige og udgør ikke en sundhedsmæssig risiko.

Ansvar for kontrol af badevandets sundhedsmæssige og æstetiske kvalitet ligger i henhold til Badevandsbekendtgørelsen og Vejledningen for "Kontrol af Badevand" hos kommunerne. Resultaterne af badevandskontrollen skal løbende indsendes til amterne og embedslægeinstitutionen. Amterne skal årligt sammenfatte resultaterne af de foretagne undersøgelser og rapportere til Miljøstyrelsen. Myndighederne anvender endvidere resultaterne til information af borgerne. I situationer, hvor kravene til kvaliteten ikke er overholdt, skal kommunerne i samråd med amterne og embedslægeinstitutionen lade foretage yderligere undersøgelser og fastlægge nødvendige foranstaltninger samt eventuelt udstede badeforbud.

Specielt med henblik på alger anbefaler Badevandsvejledningen, at der sker en sundhedsmæssig vurdering ved opblomstringer af giftige alger, og at der ageres i henhold til den sundhedsmæssige risiko. Giftige opblomstringer giver ofte anledning til situationer, hvor der skal ske en hurtig indsamling af data og viden, vurdering af risici og formidling af information til andre myndigheder og offentligheden. For at lette denne proces og sikre, at algeproblemer håndteres så rationelt og operationelt som muligt anbefales det, at der udarbejdes en Algeprotokol.

En Algeprotokol kan støtte forvaltningen i den løbende badevandskontrol og i akutte situationer med algeopblomstringer. Protokollen skal give retningslinier for hvilken information, der skal indsamles, hvad der skal gøres i en given situation, hvem der skal gøres det, hvem der skal informeres og hvordan og hvornår.

Generel information af borgerne er central. Myndighederne kan aldrig kende badevandssituationen på alle badestrande til ethvert tidspunkt. Algerne kommer og forsvinder indenfor få timer, de transporteres og akkumuleres og spredes afhængigt af vind og strøm, og toksiciteten varierer. Et realistisk kontrolprogram kan aldrig dække denne heterogenitet i tid og rum. Borgerne skal derfor informeres, så de selv kan vurdere situationen

Det anbefales, at Algeprotokollen omfatter:

- En indsatsplan, der sikrer, at de rigtige mennesker involveres på de rigtige tidspunkter, at grundlaget for at tage beslutninger er tilstede, og at beslutningerne tages og gennemføres
- En informationsplan, der sikrer, at borgerne har tilstrækkelig viden til selv at tage ansvar for, hvornår de vil bade
- En overvågningsplan, der beskriver den løbende overvågning, samt hvad skal eller kan gøres i forbindelse med en opblomstring

Protokollens udformning og indhold afhænger af, hvilke og hvor store algeproblemer der optræder i de berørte badevandsområder.

Det anbefales, at protokollen udarbejdes i samarbejde mellem amt, kommuner og embedslæge.

I håndbogen er hvert af elementerne gennemgået med forslag til indhold i en Algeprotokol. Derudover gives som baggrundsinformation en summarisk beskrivelse af algerne.

Summary and conclusions

Massive algal blooms along the beaches are a recurring problem every summer in lakes and coastal areas. The blooms lead to aesthetic inconveniences which makes it unpleasant to bathe. A more serious problem is the toxins which some algae produce and which may present a health risk to bathers and holidaymakers visiting recreational areas.

Along the Danish beaches only blooms of blue-green algae (cyanobacteria) cause a recurring risk of health problems. Thus, the basis of this report is the presence of these algae and their toxins – the cyanotoxins. However, an assessment of the bathing water quality should include all types of toxic algae as well as blooms of other plankton algae and macrophytes. To a great extent, emergency plans, control programmes and actions will be independent on the type of alga.

There are no fixed **safe-guard values** for the presence of toxic algae in bathing water. WHO has realised the potential health hazard of blue-green algae blooms and has summarised the present knowledge and proposed guidelines for safe-guard values (Chorus & Bartram 1999). The recommendations are described in detail in Chapter 7 and partly incorporated in the Danish recommendations in Chapter 2.

Therefore, handling of the algal blooms must take place on the basis of the local authorities' assessment of the actual situation, experience from earlier incidents and existing knowledge on the types of algae causing the blooms.

All blue-green algae blooms must be considered toxic unless investigations prove otherwise. Observed effects of blue-green algae in bathing water and drinking water prove that a massive presence of blue-green algae – where the water is discoloured – presents a health hazard. Danish investigations show that the majority of this type of blooms contains toxic species and cyanotoxins.

The risk cannot be quantified and depends on the type of cyanotoxins, the concentrations of algae, the sensitivity of the bather and the duration of the contact with the algae. The risk is considered small as long as people do not bathe for longer periods, do not take in alga-coloured water or 'eat' foam, and assuming they are not ill or suffer from hypersensitivity or allergy or in other ways are infirmed. There is no reason to assume that bathing causes chronic effects. The symptoms disappear in a few hours – a few days at most.

Water without visible algal growth does not usually contain high concentrations of toxins, and the risk of infections is on the whole absent. Exceptions are e.g. stagnant water just after the decay of a massive bloom, and water which is in contact with foam (fresh or dried). As a rule-of-thumb the toxins will disappear in a week or two. Current and mixing of the water reduce this period considerably.

There is no evidence that the blooms of other toxic algae cause problems in bathing water. In case of other types of blooms the risk must be assessed in

each single case and must be based on the knowledge of the given species and any existing measurements of toxicity and toxins.

Massive amounts of filamentous macroalgae may also reduce the quality of the bathing water. The macroalgae are not poisonous and do not present a health hazard. Initiatives to reduce the quality of the bathing water should therefore only aim to reduce the aesthetic inconveniences of these algae. Such initiatives are not within the frames of this handbook.

According to the Danish 'Bathing Water Instruction' and the 'Guide to Control of Bathing Water', the responsibility for the control of the hygienic and aesthetic quality of the bathing water lies with the local authorities. The results of the control of the bathing water must continuously be submitted to the counties and the health inspectorate. Every year the counties are to summarise the results of the bacteriological surveys and report them to the Danish Environmental Protection Agency. The authorities are recommended to use the results to inform the public. In case the quality requirements have not been met, the local authorities – in consultation with the counties and the health inspectorate - must carry out further investigations and decide on the necessary measures, and possibly even forbid bathing.

Especially in case of algae, the 'Bathing Water Instruction' requires that the presence of massive algal blooms and particularly of toxic algae is controlled, and that a hygienic assessment of the blooms of toxic algae takes place, and that action is taken in accordance with the hygienic risk. Toxic blooms often give rise to situations where quick retrieval of data and knowledge, assessment of risks and submission of information to other authorities and the public are essential. To ease this process and ensure that the problems with algae are handled as rationally and operationally as possible, it is recommended that an Algal Protocol should be elaborated.

An Algal Protocol may support the local management in its continuous control of the bathing water and in acute situations with algal blooms. The Register should draw up guidelines stating which kind of information should be gathered, what should be done in a given situation, and who should do it, who should be informed, how and when.

Recommended contents of the Algal Protocol:

- A plan of effort ensuring that the right persons are involved at the right time, that the basis for decision has been established, and that the decisions are made and carried out.
- An information plan ensuring that the public has sufficient knowledge to be able to decide when it is safe to bathe and when not.
- A surveillance plan describing the continuous surveillance and what must or can be done in connection with a bloom.

The design and contents of the Protocol depend on the types and sizes of the algal problems occurring in the affected bathing areas.

The information plan must be central, as it is impossible for the authorities to know the bathing water situation at all times. The algae appear and disappear within few hours, they are transported and accumulated and spread, depending on wind and current; and the toxicity varies. A realistic control programme can never cover this heterogeneity in time and space.

It is recommended that the Protocol should be prepared in a teamwork between the county, the local authorities, and the health inspector.

This handbook treats each of these elements and puts forward proposals for the contents of such an Algal Protocol. In addition a summary description of the algae is presented as background information.

1 Indledning

Masseopblomstringer af alger langs badestrande er et tilbagevendende problem hver sommer i søer og kystområder. Opblomstringerne medfører æstetiske gener, der gør det ubehageligt at bade. Mere alvorligt er det, at nogle alger producerer giftstoffer (toksiner) og dermed kan udgøre en sundhedsrisiko for badende og andre, der benytter rekreative områder.

Langs danske badestrande er det kun opblomstringer af blågrønalger, der giver tilbagevendende risiko for sundhedsmæssige problemer. Denne rapport tager derfor udgangspunkt i forekomster af disse alger og deres giftstoffer cyanotoksinerne. En vurdering af badevandskvaliteten skal imidlertid omfatte forekomst af alle typer giftige alger og af opblomstringer af andre planktonalger og makrofyter. Alle typer opblomstringer bliver derfor berørt. Beredskabsplaner, kontrolprogrammer og aktioner vil langt hen ad vejen være uafhængige af algetypen.

Eksposering for algetoksiner

Badende³ kan udsættes for algetoksiner ad flere veje:

- Via indtagelse af vand
- Ved direkte hudkontakt
- Ved indånding af aerosoler med alger og/eller algetoksiner

Alle eksponeringsveje har ført til sygdomstilfælde efter kontakt med blågrønalg-opblomstringer (se eksempler i Boks 1-1). For andre alger er der eksempler på hudirritation og effekter af aerosoler, men generelt er der få eksempler på effekter af badning.

Boks 1-1 Større sygdomsudbrud som følge af blågrønalgeforgiftning i badevand.

Canada 1959, hvor folk svømmede i en sø med blågrønalg-opblomstring på trods af advarsler, blandt andet underbygget af dødsfald hos husdyr. 13 personer blev syge med hovedpine, kvalme, muskelsmerter og smertefuld diarré. Hos en person, som havde slugt ca 300 ml vand, blev der fundet adskillige celler af *Microcystis* og *Anabaena* i fæces.

England 1989, hvor ti af 20 rekrutter viste tegn på forgiftning efter svømning og kanotræning i sø med tæt opblomstring af *Microcystis*. Symptomerne var opkastning, diarré, mavesmerter, blister på læberne og halssmerter. To af rekrutterne havde svær lungebetændelse, sandsynligvis på grund af indånding af algegiftstof. Der var en tæt relation mellem grad af symptomer og svømmeevne/indtaget vand.

Australien 1995, hvor en epidemiologisk undersøgelse omfattende 852 personer, der var i kontakt med blågrønalg-opblomstringer, viste, at graden af symptomer steg signifikant med varigheden af kontakt og koncentrationen af blågrønalger. De observerede symptomer var diarré, opkastning, feber, blærer i munden og irritationer af hud, øjne og ører.

Kilde: Chorus & Bartram 1999.

³ Betegnelsen "badende" skal forstås bredt, idet vandsport som surfing og vandski medfører samme sundhedsrisici.

Indtagelse af vand anses ikke for en stor risiko for voksne. Under normale omstændigheder vil folk ikke indtage kritiske mængder af vand, men som det fremgår af Boks 1-1 kan det ske. Personer, der i forvejen er syge eller lider af overfølsomhed og allergi, vil være ekstra udsatte. Børn udgør en særlig risikogruppe på grund af deres lille legemsvægt, og fordi de sluger mere vand samt kan finde på at spise skum og slikke på "forurenede" fingre og legetøj.

Hudkontakt med deraf følgende hudirritationer og allergi-lignende udslæt er ifølge en epidemiologisk undersøgelse fra Australien (Boks 1-1) den mest udbredte følge af badning i blågrønalgopløsmstringer. De mest ekstreme tilfælde, der ligner forbrændinger, er set i forbindelse med badning, hvor der er giftige bundlevende blågrønninger. Hudirritationer er også observeret i forbindelse med badning og dykning i opløsmstringer af andre typer alger. Irritationerne er særlig fremtrædende under badetøj og vådragter, som knuser algecellerne, så toksiner eller andre generende stoffer frigives.

At aerosoler med cyanotoksiner kan udgøre en risiko underbygges af forsøg med dyr og et tilfælde, hvor flere mennesker blev syge, efter de havde dyrket vandsport i en sø med blågrønalgopløsmstring. Fra Den Mexikanske Golf er det et tilbagevendende problem, at spredning af aerosoler med nervegift fra en furealge gør mennesker, der opholder sig langs kysten, syge.

Sygdomssymptomer

Tabel 1-1 opsummerer kendte akutte sygdomssymptomer som følge af kontakt med blågrønalg toksiner. Leverbetændelse samt kroniske effekter kendes kun fra indtagelse af cyanotoksiner med drikkevand.

Tabel 1-1. Symptomer som følge af kontakt med blågrønninger

Symptomer	Typisk diagnose
Rødme, kløe på huden	Hudirritation
Snue, rindende, øjne, astma	Lunge-inflammation
Feber	Influenza
Mavesmerter, mavekrampe, diarré, opkastning, feber, hovedpine	Mave-tarm katar
Appetitløshed, mavesmerter, hovedpine, feber, øm og forstørret lever	Leverbetændelse

I almindelighed registreres sygdomstilfælde som følge af blågrønalgforekomster ikke; dels fordi folk anser symptomerne som en "naturlig" følge af en lang dag ved stranden, som går over af sig selv; dels fordi lægerne ikke ved, at symptomerne kan skyldes giftige alger. Generelt er det ligesom for vandbårne bakterier problematisk at påvise en entydig sammenhæng mellem symptomer og årsag. Bortset fra de sværeste tilfælde er symptomerne identiske med følgerne af bakterieinfektioner. Når badende og vandsportsfolk rapporterer om ildebefindende er det oftest for sent at undersøge kilden, fordi forholdene er ændret, og algerne (og andre potentielle kilder) er døde eller transporteret væk.

Dødsfald hos mennesker er kun observeret efter indtagelse af cyanotoksiner under dialyse med forurenede vand.

Derimod er der mange eksempler på dødsfald hos husdyr, fugle og andre dyr. Dyrene har enten drukket store mængder vand med cyanotoksiner eller slikket på giftige mætter af blågrønalger.

Risikovurdering

Et klassisk spørgsmål i forbindelse med opblomstringer er "hvor giftige er algerne?". Dette spørgsmål kan ikke besvares. En egentlig risikovurdering af giftalgeopblomstringer i badevand er ikke mulig, da der ikke er tilstrækkelig med data om de humantoksiske effekter.

Der er derfor ikke fastlagt **grænseværdier** for forekomst af giftige alger i badevand. I erkendelse af den potentielle sundhedsrisiko ved blågrønalgeopblomstringer har WHO imidlertid opsummeret den nuværende viden og givet forslag til vejledende grænseværdier (WHO, Chorus & Bartram 1999). Anbefalinger er nærmere omtalt i kapitel 7 og delvist inkorporeret i den danske anbefaling i kapitel 2.

Håndtering af algeopblomstringer må således ske på grundlag af de involverede myndigheders vurdering af den aktuelle situation, erfaringer fra tidligere tilfælde samt eksisterende viden om de alger der danner opblomstring.

Retningslinier

Som udgangspunkt må alle blågrønalgeopblomstringer anses for giftige med mindre undersøgelser påviser det modsatte. Observerede effekter af blågrønalger i badevand (Boks 1-1) og drikkevand (WHO, Chorus og Bartram 1999) dokumenterer, at **masseforekomst af blågrønalger** - hvor vandet er misfarvet - udgør en sundhedsmæssig risiko. Undersøgelser viser, at hovedparten af denne type opblomstringer i det danske vandmiljø indeholder giftige arter og cyanotoksiner. Det er i overensstemmelse med udenlandske observationer.

Risikoen kan ikke kvantificeres og afhænger af den badendes følsomhed, varigheden af kontakten med algerne, koncentrationen af alger samt typen af cyanotoksiner. Risikoen anses for meget lille, så længe folk ikke bader i længere tid, ikke indtager algefarvet vand eller "spiser" skum og under forudsætning af, at de ikke er syge eller lider af overfølsomhed eller allergi. Der er ikke grundlag for at antage, at badning giver kroniske effekter. Symptomerne forsvinder i løbet af timer - få døgn.

Vand uden synlig algeforekomst indeholder normalt ikke høje koncentrationer af toksiner, og der er under normale omstændigheder ikke risiko for infektioner. Undtagelser er stillestående vand umiddelbart efter nedbrydning af en massiv opblomstring, vand i kontakt med døende alger på sø/havbunden, og vand der er i kontakt med skum (frisk eller tørret). Som tommelfingerregel forsvinder toksinerne i løbet af 1-2 uger. Strøm og opblanding af vandet nedsætter denne periode betydeligt. Ved vurdering af algesituationen skal man være opmærksom på, at belægnings af blågrønalger på sø-/havbunden kortvarigt kan medføre toksinrisiko, hvis algerne hvirvles op fra bunden.

Opblomstringer af andre giftige alger end blågrønalger giver så vidt vides ikke problemer i badevand. Ved andre typer opblomstringer skal risikoen vurderes

i hvert enkelt tilfælde og må bygge på kendskab til den givne art samt eventuelt toksicitets- og toksinmålinger.

Masseforekomster af trådformede makroalger kan også nedsætte badevandskvaliteten. Makroalgerne er ikke giftige og udgør ikke en sundhedsmæssig risiko.

Algeprotokol

Ansvar for kontrol af badevandets sundhedsmæssige og æstetiske kvalitet ligger i henhold til Badevandsbekendtgørelsen og Vejledningen for "Kontrol af Badevand" hos kommunerne. Resultaterne af badevandskontrollen skal løbende indsendes til amterne og embedslægeinstitutionen. Amterne skal årligt sammenfatte resultaterne af de bakteriologiske undersøgelser og rapportere til Miljøstyrelsen. Myndighederne anvender endvidere resultaterne til information af borgerne. I situationer, hvor kravene til kvaliteten ikke er overholdt, skal kommunerne i samråd med amterne og embedslægeinstitutionen lade foretage yderligere undersøgelser og fastlægge nødvendige foranstaltninger samt eventuelt udstede badeforbud.

Specielt med henblik på alger anbefaler Badevandsbekendtgørelsen, at der sker en sundhedsmæssig vurdering ved opblomstringer af giftige alger, og at der ageres i henhold til den sundhedsmæssige risiko. Giftige opblomstringer giver ofte anledning til situationer, hvor der skal ske en hurtig indsamling af data og viden, vurdering af risici og formidling af information til andre myndigheder og offentligheden. For at lette denne proces og sikre, at algeproblemer håndteres så rationelt og operationelt som muligt anbefales det, at der udarbejdes en Algeprotokol.

En Algeprotokol kan støtte forvaltningen i den løbende badevandskontrol og i akutte situationer med algeopblomstringer. Protokollen skal give retningslinier for, hvilken information der skal indsamles, hvad der skal gøres i given situation, hvem der skal gøre hvad, hvem der skal informeres og hvordan og hvornår (Boks 1-2).

Boks 1-2. Nøgleelementerne i en Algeprotokol

Nøgleelementerne i en Algeprotokol *sammen med embedslægen* er:

- En indsatsplan, der sikrer, at de rigtige mennesker involveres på de rigtige tidspunkter, at grundlaget for at tage beslutninger er tilstede, og at beslutningerne tages og gennemføres
- En informationsplan, der sikrer, at borgerne har tilstrækkelig viden til selv at tage ansvar for, hvornår de vil bade
- En overvågningsplan, der beskriver den løbende overvågning, samt hvad skal eller kan gøres i forbindelse med en opblomstring

Protokollens udformning og indhold afhænger af, hvilke og hvor store algeproblemer der optræder i de berørte badevandsområder.

Informationsplanen er central, da myndighederne aldrig kan kende badevandssituationen på alle badestrande til ethvert tidspunkt. Algerne kommer og forsvinder indenfor få timer, de transporteres og akkumuleres og spredes afhængigt af vind og strøm, toksiciteten varierer. Et realistisk kontrolprogram kan aldrig dække denne heterogenitet i tid og rum.

Det anbefales, at protokollen udarbejdes i samarbejde mellem amt, kommuner og embedslæge.

I de følgende kapitler omtales hvert af elementerne nærmere med forslag til indhold i en Algeprotokol.

2 Alge-indsatsplaner

Indsatsplanen skal sikre, at information om store algeforekomster når de relevante personer, og at der sker en hurtig effektiv og koordineret indsats i tilfælde af især giftige algeopblomstringer. Så vidt muligt beskrives **alle** procedurer og subprocedurer nøje i Algeprotokollen.

Planen skal afspejle forholdene i de berørte badevandsområder, herunder den rekreative udnyttelse, erfaringerne med forekomst af opblomstringer (tilbagevendende og usædvanlige/sporadiske), observationer af sundhedsmæssige problemer og effekter på økosystemet (f.eks. faunadød).

Ved udarbejdelse af en indsatsplan er det vigtigt at gøre følgende punkter klar:

- Hvem er de involverede parter?
- Hvilke data indsamles, hvorfra og hvordan?
- Hvilken rolle spiller de enkelte parter - hvem har ansvar for hvad?
- Hvorledes sikres tilstrækkelig og rettidig information myndighederne imellem?
- Procedurer ved kritiske algeforekomster
- Hvornår og hvordan informeres borgerne

Sidstnævnte behandles i et særskilt kapitel.

2.1 Involverede, ansvar og kommunikation

Boks 2-1 angiver, hvem der er involveret i håndteringen af algeforekomster og deres roller. Kommune, amt og embedslæge er selvskrevne. Kommunen har ansvaret for den løbende badevandskontrol. Amtet og embedslægen skal vejlede kommunen, hvis badevandskvaliteten ikke er overholdt, eller der er usikkerhed om de sundhedsmæssige risici, f.eks. ved algeopblomstringer. De tre instanser skal i samråd bestemme, hvilke foranstaltninger der skal igangsættes.

Borgerne kan inddrages som observatører i den løbende badevandskontrol og i akutte situationer. For at undgå for mange falske alarmer foreslås det primært at bruge livreddere, kystvagt og flyklubber, som kan oplæres i at observere algerne.

Figur 2-1 giver et forslag til indsatsdiagram for håndtering af alger i badevand. Kort fortalt er den beskrevne procedure: Kommunen indsamler information fra badevandskontrollen samt andre kilder og vurderer forholdene. Hvis der ikke er noget at bemærke, fortsættes den rutinemæssige badevandskontrol (trin I). I tilfælde af algeopblomstringer eller andre indikationer på sundhedsmæssige risici orienterer kommunen amtet og embedslægeinstitutionen (netværket aktiveres), og i samråd med disse besluttet, hvilke undersøgelser og foranstaltninger der skal sættes i værk (trin II og III).

Da amtet normalt har den største erfaring med forekomster af alger, er det naturligt, at amtet foretager en supplerende inspektion for at klarlægge

situationen, når kommunens kontrol giver mistanke om algeopblomstringer og/eller giftige alger.

Boks 2-1. Oversigt over rollefordeling i forvaltningen af algeforekomster i badevand.

Kursiveret tekst angiver ansvarsområder som er fastlagt i den nuværende Bekendtgørelse og Badevandsvejledning.

Kommunerne har ansvaret for kontrol af badevandskvaliteten i henhold til Bekendtgørelsen og Badevandsvejledningen. Deri ligger, at kommunen har pligt til at indsamle badevandsdata for at kontrollere, at kravene til såvel den bakteriologiske som den generelle sundhedsmæssige og æstetiske kvalitet er overholdt. Kommunen har således ansvaret for løbende at overvåge forekomsten af generende alger, herunder specielt giftige alger og for, at de nødvendige foranstaltninger til sikring af badevandskvaliteten gennemføres.

Amterne har ansvar for den overordnede koordinering af badevandskontrollen og for den årlige indberetning af kommunernes badevandsdata til Miljøstyrelsen og bør informere borgerne om badevandskvaliteten. Sammen med embedslægen vejleder Amtet kommunerne i situationer, hvor kravene til badevandskvaliteten ikke er overholdt, herunder om det er nødvendigt at udstede badeforbud. I praksis styrer amtet hyppigst indsatser i forbindelse med opblomstringer af giftige alger, da algerne ikke kun udgør en sundhedsrisiko for mennesker men også kan true økosystemerne. Denne arbejdsfordeling har den fordel, at amterne har den største faglige kompetence på området. Amterne har ansvaret for den almindelige recipientovervågning.

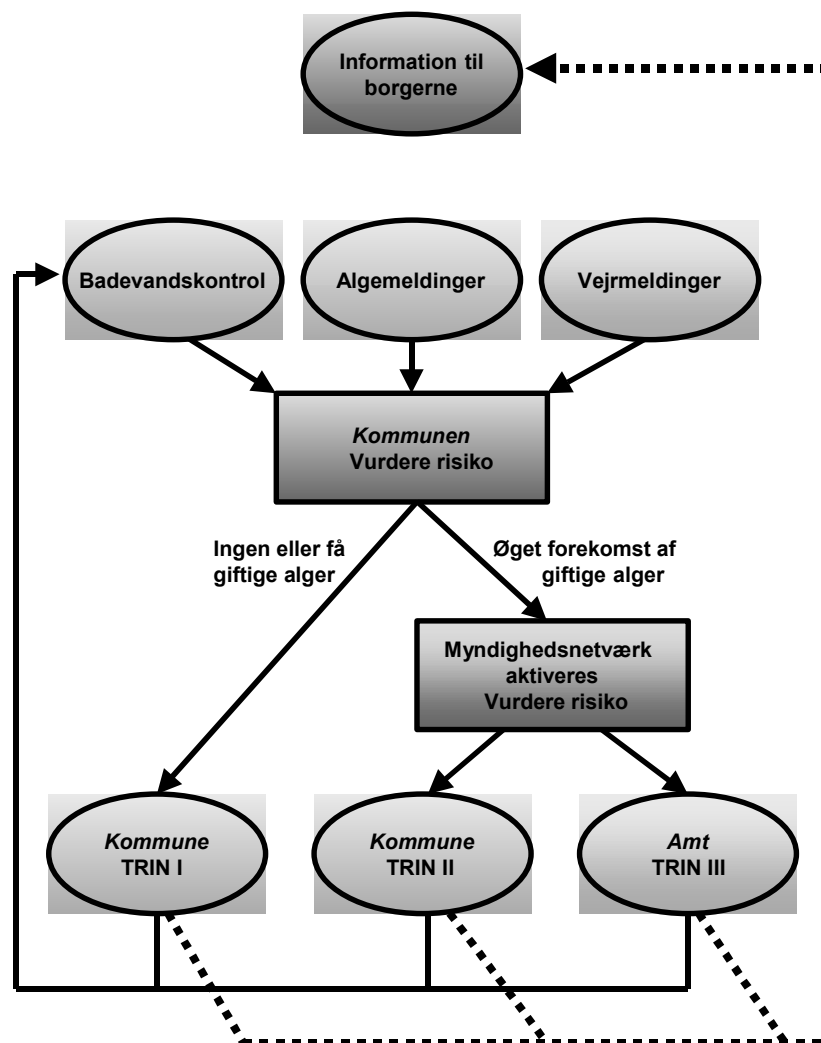
Embedslægen vejleder kommunen i situationer, hvor de sundhedsmæssige krav til badevandskvaliteten ikke er overholdt, herunder om det er nødvendigt at udstede badeforbud. Embedslægen bør være ansvarlig for information af de praktiserende læger. Dette kan ske i form af generelle oplysninger om potentielle problemer ved algeopblomstringer, hvor det også angives, hvordan lægen skal forholde sig i tilfælde af algeforgiftningssymptomer. Det anbefales, at embedslægen ved slutningen af sæsonen indsamler information fra de praktiserende læger, således at der dannes et samlet billede af forekomsten af symptomer, der kan relateres til algeopblomstringer. Derved forbedres grundlaget for fastlæggelse af den fremtidige håndtering af algeopblomstringer.

Andre personer og interessegrupper, herunder Rådet for Større Badesikkerhed, kan inddrages i overvågningen af algeforekomster. Livreddere kan visuelt vurdere badevandskvaliteten dagligt eventuelt suppleret med målinger af sigtddybden. Naturskoler placeret i nærheden af badevandsområder i søer kan ligeledes overvåge algeforekomster. Gennem flyklubber kan der skabes kontakt til sportsflyvere, som jævnligt flyver over kystområder og søer. Deres observationer kan være til hjælp både i forbindelse med forvarsling og under en opblomstring. Specielt ved store opblomstringer i kystområder kan flyklubber samt kystvagt og SOKs olieberedskab give nyttig information om udbredelse og spredning af algeopblomstringer. Mandskab på faste søfartsruter kan også være mulige informationskilder. Inddrages "græsrodde", bør der gennemføres temamøder, hvor deltagerne oplæres som overvågere (introduktionsmøder og/eller trykt materiale).

Amtet er ansvarlig for recipientovervågningen, som også inkluderer overvågning af alger på og omkring overvågningsstationerne. I badesæsonen orienterer amtet kommunerne om observationer, der er af betydning for badevandskvaliteten. Også information fra områder uden badevand kan hjælpe kommunerne i deres forvaltning.

2.2 Aktioner ved kritiske algeforekomster

Overordnet kan de tre aktionstrin karakteriseres som angivet i Boks 2-2 på næste side. Forslag til afgrænsning af trin I, II og III og aktioner er givet i Tabel 2-1.



Figur 2-1. Forslag til overordnet håndtering af algeforekomster i badevand. I kursiv er det foreslået, hvem der har det overordnede ansvar i en givne situation.

Boks 2-2. Aktionstrinene

- TRIN I Tegn: Ingen indikationer på algeproblemer.
Aktion: Den rutinemæssige badevandskontrol fortsættes som sædvanligt
- TRIN II Tegn: Giftige alger er almindelige og/eller erfaringen siger, at de givne vejrforhold hyppigt medfører opblomstringer.
Aktion: Opmærksomheden skærpes. Badevandskontrollen forbereder sig på at tage ekstra prøver. Recipientovervågningen er opmærksom på tegn. Den sundhedsmæssige risiko vurderes. Risikoen for forværring vurderes. Borgere og praktiserende læger informeres.
- TRIN III Tegn: Algeopblomstring som giver misfarvning af vandet, der hvor algerne koncentrerer. I alvorlige tilfælde rapporter om faunadød, syge/døde hund og kvæg, sygdomstegn hos mennesker.
Aktion: Badevandskontrollen intensiveres = ekstra inspektioner og prøvetagning. I alvorlige tilfælde udtages prøver til toksicitetstest, og der nedlægges evt. badeforbud. Prognose udarbejdes. Borgere og praktiserende læger informeres.

Tabel 2-1. Forslag til indsats ved algeproblemer i badevand. Opsummeret i Boks 2-2.

	Trin I	Trin II	Trin III
Generelt	Ingen indikationer på algeproblemer Niveau A i Tabel 2-2	Algemængden forhøjet Moderat mængde giftige alger Niveau B i Tabel 2-2	Algeopblomstring Mange giftige alger Niveau C og D i Tabel 2-2
Hyppighed	Alm badevandskontrol + evt.oplysninger fra "græsrodde"	Ugentligt	2-3 gange ugentligt
Aktioner	Almindelige overvågning fortsætter	Kommunen sammenstiller den tilgængelige viden og sender information+prognose til amt og embedslæge Reaktion afstemmes med risiko for ændring mod niveau III. Hvis risiko for forværring: Amtet og/eller kommunen intensiverer overvågningprogrammet (se Tabel 4-1) Embedslægen indsamler information fra de praktiserende læger	Som trin B, kommunen og/eller amtet sammenstiller den tilgængelige information Alarmgruppe bestående af kommune- og amtsrepræsentanter samt embedslæge fastlægger i samråd detaljer for indsats Overvågningsprogram intensiveres yderligere (se Tabel 4-1) Embedslægen sammenstiller information fra de praktiserende læger
Information, -- af borgerne	Kommunen informerer generelt om risici og fornuftige forholdsregler ved badning i sommermånederne i lokalaviser og med pjecer på bibliotek (materiale findes, f.eks. fra MST) Skiltning (kommunen): Almen information om alger og sundhedsmæssige risici, gode råd for badning	Kommunen eller amtet informerer i lokalaviser og –TV, herunder fremmedsprogede kanaler, om hvor der er risiko ved badning. Information kan også lægges på internettet. Skiltning (kommunen): Info om aktuelle situation. Advarsel om risikoen ved vandkontakt.	Som trin II. Vigtigt at informere om der er konstateret gifteffekter på mennesker og husdyr. Skiltning (kommunen): Info om aktuelle situation. Advarsel om risikoen ved vandkontakt. Frarådning af badning. Evt badeforbud
-- af læger	Embedslægen informere generelt om risici ved badning i sommermånederne og udsender skemaer til registrering af symptomer	Embedslægen informerer om, hvor der specifikt er risiko ved badning og hvad prognosen er	Som trin II
-- af myndigheder	-	-	Amtet informerer statslige myndigheder (DMU, MST, SNS)

Tabel 2-2. Forslag til algeniveauer, der kan danne grundlag for forvaltningen af algeproblemer i badevand.

Hvert niveau er karakteriseret ved et antal indikatorer, og vurderingen bygger på om en eller flere er "positive". Indikatorer angivet i kursiv indgår i den almindelige badevandskontrol. Forslaget bør tilpasses de lokale forhold. I venstre kolonne er angivet hvilke instanser der naturligt kan være ansvarlig for de indikatorer. *1 oplysninger fra screening af prøver indsamlet i forbindelse med badevandskontrol eller indhentet fra recipientovervågningsprogram, hvis et sådan findes. *2 Oplysninger indhentes fra recipientovervågningsprogrammet, hvis et sådan findes. De angivne celletal er baseret på erfaringer med toksiciteten af Microcystis.

	Niveau A	Niveau B	Niveau C	Niveau D
Generelt	Ingen indikationer på algeproblemer	Algemængden øges Moderat mængde giftige alger	Algeopblomstring Mange giftige alger	Kraftig skumdannelse eller opblomstring af giftige alger
Ansvar Kommunen	Indikatorer <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vandet er ikke misfarvet</i> • <i>Sigtedybden er større end 1 m</i> • <i>Der er ingen skumdannelse</i> • <i>Der er ingen større ansamlinger af alger</i> • <i>pH ikke over 9</i> • Der er ingen døde fisk eller andre dyr 	Indikatorer <ul style="list-style-type: none"> • Som niveau A 	Indikatorer <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vandet er misfarvet</i> • <i>Sigtedybden er under 1 m</i> • <i>Der er mindre skumdannelse</i> • <i>Der kan være små-store ansamlinger af alger</i> • <i>pH over 9</i> • Der er døde fisk eller andre dyr 	Indikatorer <ul style="list-style-type: none"> • Som trin C, men yderligere • Kraftig skumdannelse • Der er store ansamlinger af alger
Kommune/Amt (aftales mellem de to myndigheder)	<ul style="list-style-type: none"> • Algesamfundet er varieret og toksiske arter er fraværende eller fåtallige*1 • Blågrøn-alger er fraværende eller fåtallige*1 	<ul style="list-style-type: none"> • Toksiske arter er almindelige*1 • Blågrøn-alger er almindelige*1 	<ul style="list-style-type: none"> • Toksiske arter er dominerende*1 • Blågrøn-alger er meget almindelige*1 	<ul style="list-style-type: none"> • Toksiske arter er alt-dominerende*1 • Blågrøn-alger er alt-dominerende*1
Kommune/Amt (aftales mellem de to myndigheder)	<ul style="list-style-type: none"> • Der er mindre end 15.000 blågrøn-alg-celler pr ml*2 • Klorofyl-konc. <10 µg chl a pr liter*2 	<ul style="list-style-type: none"> • Der er omkring 20.000 blågrøn-alg-celler pr ml*2 • Klorofyl-konc. >10 µg chl a pr liter*2 	<ul style="list-style-type: none"> • Der er omkring 100.000 blågrøn-alg-celler pr ml*2 • Klorofyl-konc. >50 µg chl a pr liter*2 	<ul style="list-style-type: none"> • Klorofyl >150 µg chl a pr liter på badevands-lokaliteten Som trin C
Embedslæge	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen rapporter om sygdoms-tilfælde relateret til alger 	<ul style="list-style-type: none"> • Som niveau A 	<ul style="list-style-type: none"> • Som niveau A 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporter om sygdoms-tilfælde relateret til alger
Sundhedsrisici iflg. WHO	Ingen	Kan give korttidsgener, som hudirri-tation, kvalme, opkast, og hovedpine.	Korttidsgener. Kan ved indtagelse af vand (>200 ml) give alvorlige skader	Kan give alvorlige sundhedsskader

Reaktionerne ved trin II/niveau B afstemmes med risikoen for at der sker en udvikling i retning mod trin III/niveau C+D. Vurderingen af risiko bygges på observationerne samt de vejrmæssige forhold, strømforhold og observationer fra andre lokaliteter/stationer.

Badeforbud eller frarådning af badning

Ved forekomster af giftige alger anbefales det generelt at fraråde badning og at opsætte skilte, der advarer om risici ved badning.

Ifølge bekendtgørelsen skal der nedlægges badeforbud, når en konstateret forurening ikke straks kan nedbringes til det hygiejnisk forsvarlige. Badeforbud som følge af algeforekomster er forbundet med række problemer. Det er ikke muligt at fastlægge entydige regler for hvornår et forbud skal indføres, og hvornår forbuddet kan ophæves. Hyppigst berører algeproblemerne kun en begrænset del af et badevandsområde, og det er i praksis ikke muligt at forbyde badning i delområder. Derfor foreslås det at der kun nedlægges badeforbud i tilfælde hvor der er håndgribelig risiko for, at mennesker bliver syge eller kan dø. Indikationerne på en sådan risiko er dødsfald hos hunde og kvæg, epidemiologiske sygdomsudbrud hos mennesker og/eller høje koncentrationer af nervetoksiner i prøver af vandet. Observationerne kan stamme fra den aktuelle eller fra tidligere opblomstringer af samme alge(r).

I Tabel 2-2 er foreslået 4 algeniveauer, som kan danne grundlag for vurdering af indsatsen. Niveau C og D svarer til situationer, hvor det iflg. den eksisterende vejledning for Kontrol af Badevand er aktuelt at fraråde eller forbyde badning. Niveau B kan opfattes som et forvarsel, der indikerer, at man bør være ekstra opmærksom på udviklingen. Endelig er Niveau A den normale situation, hvor der gennemføres almindelig badevandskontrol.

Beskrivelsen af niveauerne skal vurderes og tilpasses. De angivne grænser for blågrønalgeceller og klorofyl bygger på WHO's anbefalinger (se kapitel 7). Såvel afgrænsning og aktioner skal tilpasses forholdene i den givne kommune/det givne badevandsområde. Til eksempel er de vejledende værdier for høje når det gælder Knudsø og Ravnsø, hvor gifteffekter optræder ved betydelig lavere algekoncentrationer/større sigtgybder. Skemaet kan suppleres med værdier for den totale blågrønalgebiomasse udtrykt som klorofyl-ækvivalenter (se kapitel 6).

Niveauerne må ikke opfattes stringent. Den sundhedsmæssige risiko afhænger af, hvilke arter og dermed algetoksiner, der er tilstede. Algekoncentrationer svarende til niveau B kan således udløse aktioner lig niveau D, hvis der er tegn på humantoksiske eller andre alvorlige effekter. Situationen i Knudsø og Ravnsø er eksempel på dette. Omvendt kræver meget høje koncentrationer af alger, der ikke er sundhedsfarlige, kun almen information om risici ved badning.

De angivne sundhedsrisici bygger ligesom grænserne for koncentration af blågrønalger og klorofyl på WHO's anbefalinger. Begge dele tager udgangspunkt i microcystinproducerende *Microcystis*-opblomstringer, og sundhedsvurderingen er sket på basis af en voksen gennemsnitsvømmer, der formodes at indtage 100-200 ml vand. For yderligere forklaring refereres til Kapitel 7.

2.3 Eksisterende indsatsplaner

Enkelte amter og kommuner har i samarbejde udarbejdet sådanne procedurer. Et eksempel på en indsatsplan, som anvendes af sjællandske amter, er givet i Boks 2-3.

Indsatsplanen følges af amtet op af årlige informationsmøder, hvor planen genopfriskes for de ansvarlige instanser samt øvrige involverede, for eksempel livreddere.

Boks 2-3. Eksempel på indsatsplan for overvågning af badevand ved badestrande og badesøer i tilfælde af masseforekomst af alger.

Planen bruges af sjællandske amter og kommuner med mindre modifikationer inden for de enkelte amter.

Kommunerne er jvf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 292 af 23. Juni 1983 om badevand og badestrande kap. 3, ansvarlig myndighed for tilsynet med og kontrollen af badevandskvaliteten i badesøer og kystnære områder. Kommunerne skal sikre, at masseforekomst af alger, der observeres i forbindelse med udtagning af de rutinemæssige badevandsprøver, straks rapporteres til amtet. Ved henvendelse fra borgere om lignende observationer, er kommunen ansvarlig for, at der ved besigtigelse undersøges, om der er tale om masseforekomst. I badesæsonen er det kommunens ansvar, at der i perioder med stille og varmt vejr observeres for, om der er usædvanlig udvikling af vandets sigtbarhed, skumdannelser, eller uklarheder i form af fnug, striber eller bræmmer på vandoverfladen.

- Hvis kommunen vurderer, at der er tale om masseforekomst af alger kontaktes amtet, som derefter vil besigtige området. Amtet som forestår recipienttilsynet overvåger bl.a. de åbne farvande, og vil i badesæsonen løbende orientere kommunerne i tilfælde af masseforekomst af alger i tæt beliggende farvand, f.eks. observeret i naboamter eller i udland (Sverige, Finland).
- Amtet orienterer i tilfælde af masseforekomst af alger de berørte kommuner, naboamter, og embedslægen. Amtet udsender løbende pressemeddelelse om situationen ved amtets badesteder til kommunerne, embedslæge, og pressen.
- Kommunen informerer borgerne i lokalområdet, og fraråder badning ved opsætning af skilte, og evt. flagning med gult flag eller nedtagning af blåt flag ved overvågede badestrande. Amtet giver anbefaling til udformning af skilte. Af skiltningen vil det fremgå, hvordan vandet ser ud i tilfælde af masseforekomst. Skiltningen bør opretholdes, selvom algerne midlertidigt er væk, da situationen hurtigt kan ændres. Kommunerne opfordres til at informere turistkontorer, samt de institutioner og foreninger, der færdes i de berørte områder.
- Kommunerne overvåger badevandssituationen dagligt i den efterfølgende periode, og orienterer amtet om situationen. Amtet udtager algeprøver i det omfang, det skønnes nødvendigt for at vurdere badevandskvaliteten i relation til masseforekomst af alger. Amtet sammenfatter meldingerne fra kommunerne til et samlet overblik, og varetager information til og fra naboamter.
- Hvis der opstår behov for badevandsforbud pga. sundhedsrisiko i forbindelse med algeopblomstring aftales dette mellem kommunen, amtet, og embedslægen.
- Når amtet vurderer, at risiko for masseforekomst af alger ikke længere er tilstede, orienteres kommunerne og embedslægen herom. Samtidig udsendes pressemeddelelse om, at badning atter kan finde sted uden risiko.
- Kommunerne nedtager de opsatte skilte og flag, og meddeler lokalt, at der ikke længere er risiko for masseforekomst af alger.

3 Information af borgerne

Et centralt aspekt i forvaltningen af algeopblomstringer er formidling af information. Informationen har to mål:

- At skabe forståelse for, at badende selv skal vurdere, om det er forsvarligt at bade. Myndighederne kan ikke følge algesituationen, så de kan give information om badevandskvaliteten alle steder til hver en tid.
- At give badende tilstrækkelig viden til, at de selv kan vurdere, om de vil bade, og om de vil lade deres børn bade.

Skiltning på stedet er obligatorisk. Ifølge Badevandsvejledningen skal badeforbud bekendtgøres offentligt, f.eks. i de lokale uge- og dagblade samt ved skiltning på stedet. Frarådning af badning skal ligeledes offentliggøres ved skiltning på stedet.

Derudover kan en lang række andre medier tages i anvendelse:

- Pjecer på biblioteker og andre steder, hvor der kommer mange borgere
- Artikler og situationsrapporter i lokalblade
- Artikler og situationsrapporter på kommunen/amtets hjemmeside
- Indslag i lokalradio
- Pressemeddelelser
- Informationstavler ved strandene

Informationen kan deles ind i den almen oplysende og den aktuelle, som beskriver situationen her og nu. Til sidstnævnte er især internettet velegnet. Hvis der kræves særlig opmærksomhed på grund af alvorlig sundhedsfare, bør formidlingen ske via pressemeddelelser og dermed radio og dagblade. Også den alment oplysende information kan med fordel lægges på amtets hjemmeside, så den er nemt og løbende tilgængelig. Da folks vaner og tilgang til de forskellige medier er meget forskellige, bør et bredt spektrum af medier anvendes.

En tidsplan for informationsstrømmen kan være:

Ved badesæsonens start:

- artikler i lokalaviser
- information til turistkontorer, biblioteker, naturskoler, livreddere
- opfriskning af amtets hjemmeside
- opfriskende information til praktiserende læger
- opsætning af informationstavler ved strande, hvor algeproblemer er almindelige

Ved opblomstringer

- opsætning af skilte på strande, hvor der er sundhedsrisici
- opsætning af informationstavler hvis det ikke er gjort
- aktuel information lægges på amtets hjemmeside
- aktuel information til praktiserende læger aktuel information til turistkontorer
- i særlig kritiske situationer udsendes pressemeddelelser
- aktuel information til centrale myndigheder

Når opblomstring er ovre

- skilte med Frarådning af badning/Badeforbud nedtages
- alle, der har fået information om opblomstringen, skal have oplysning om, at algerne er forsvundet

Informationen skal være enkel, og råd om hvordan badende kan vurdere algesituationen og hvad de skal gøre, skal være centrale. I Kapitel 7 er angivet referencer til hjemmesider og pjecer, som kan bruges som inspiration til udformning af materiale. Et eksempel på enkel information givet i forbindelse med en badeadvarsel kan ses i Boks 3-1.

Boks 3-1 Eksempel på simpel skil tning.

ADVARSEL MOD BADNING

Pga. risiko for masseforekomst af sundhedsfarlige alger

Også vandsport som windsurfing og vandski frarådes

Sundhedsfarlige alger producerer giftstoffer, som ved badning eller anden vandkontakt kan give udslæt og hudirritationer. Giftstofferne kan også give hovedpine, svimmelhed, mavesmerter, opkast og diarré. Særligt små børn og folk med svagt helbred er udsatte. I tilfælde af sygdomssymptomer efter badning i algeholdigt vand bør der straks tages kontakt til læge.

Du kan undgå gener ved at følge nogle simple regler

1. Bad aldrig, hvis vandet er så uklart, at du ikke kan se dine egne tæer, når du vader ud, eller hvis vandet er grumset af fnug eller striber
2. Bad ikke i bræmmer af sammenskyllede alger og lad ikke børn lege eller soppe i alger, der er skyllet op på strandbredden
3. Lad ikke børn, husdyr eller kvæg drikke af algeholdigt vand
4. Lad ikke hunde svømme i algeholdigt vand

Informationstavler

Informationstavler skal give generel information om algeproblemer, sundhedsrisici, om hvornår og hvor ofte de ses på den givne strand samt give råd til, hvordan badegæsten skal forholde sig og henvisning til, hvor man kan få information om den aktuelle situation. På tavlerne skal det markeres tydeligt, at de bør læses af alle besøgende.

Centrale dele af teksten bør oversættes til engelsk og/eller tysk. Nogle steder vil det også være relevant at give informationen på serbokroatisk, tyrkisk samt andre sprog.

Tavlerne er permanente i den forstand, at informationen ikke ændres fra år til år. I tillæg kan der opstilles tavler, der beskriver den aktuelle situationen: resultater fra sidste badevandskontrolbesøg, aktuelle observationer af giftige alger, aktuelle sundhedsmæssige risici, prognoser etc.

I New Zealand og Australien er det almindeligt at opstille barometre, hvor det med en bevægelig pind (nål) angives, om der er minimal, middel eller høj risiko for forekomst af giftige blågrøn alger ved at pege på forskellige farver

(grøn-gul-rød). Problemet med denne type skiltning er, at de kræver en løbende opdatering for at undgå falsk tryghed/frygt hos badegæsterne.

Andre tavler kan give mere generel miljø og naturhistorisk information, f.eks. om algearter, om betydningen for livet i havet(søen), om årsager til opblomstringer etc.

Frarådning af badning/Badeforbud - Skiltning

Skilte med frarådning af badning - respektivt badeforbud - skal være tydelige og enkle, så budskabet ikke tilsløres. I Boks 3-1 er givet et eksempel på skiltetekst. ***Det er vigtigt, at skiltene fjernes når risikoen er overstået.***

Budskaber om frarådning af badning og badeforbud skal formidles på en måde så børn, der endnu ikke er stærke læsere, kan forstå det. For at sikre dette kan skiltningen indeholde let forståelige pictogrammer. Det foreslås, at der udvikles en national model, således at skiltningen bliver ensartet. Det kan f.eks. ske gennem Rådet for Større Badesikkerhed.

Centrale dele af teksten bør oversættes til relevante sprog, som serbokroatisk, tyrkisk samt engelsk og/eller tysk. Anvendes pictogrammer, begrænses behovet for oversættelser.

Ligeledes bør der tages hensyn til svagtseende.

Hjemmeside

Samme information, som findes på informationstavler og skilte, lægges på kommunens/amtets hjemmeside, så borgerne her kan gå ind og få oplysninger om, hvor der er gode badeforhold. En badevandshjemmeside har den fordel, at information formidles hurtigt. For eksempel kan oplysninger fra et badevandskontrolbesøg lægges på internettet samme dag.

Prognoser for de kommende dage kan ligeledes nemt opdateres på en hjemmeside.

Hjemmesiden kan ligeledes være informationsvejen til praktiserende læger, idet embedslægen ved sæsonen start gør dem opmærksom på, at de her kan læse om algerne og om den aktuelle situation. Det er vigtigt, at embedslægen hvert år ved badesæsonens start minder lægerne om denne mulighed for information.

Turistkontorer kan også informeres via hjemmesiden. Også her er det vigtigt at de hvert år bliver mindet om hjemmesidens eksistens.

Pjecer o.lign.

Miljøstyrelsen har udarbejdet en pjecce om badning i vand med algeforekomster. Pjecen kan rekvireres fra Miljøbutikken.

Boks 3-2 Vigtig information

Informationstavler, pjecer, hjemmesider bør:

- Vise billeder af typiske tegn på algeforekomst
- *Påpege de "små tegn"* i strandkanten, der indikerer algeproblemer. Det kan være grønne vandpytter, farvet "snask" og skum.
- Gøre opmærksom på vigtigheden af de "små tegn"; uanset at vandet i øvrigt synes badevenligt.
- Udpege steder, hvor risikoen for koncentrering af algerne er særlig stor (mellem tagrør, i vandhuller i strandkanten, i små vige etc.)
- Gøre opmærksom på den særlige risiko for børn, der leger i vandkanten
- Gøre opmærksom på risikoen hvis husdyr eller kvæg drikker af algeholdigt vand

3.1 Prognoser

For badegæster er det i højere grad udsigterne for de kommende dage end hvad der skete i sidste uge, der er interessant.

En forudsætning for at opstille prognoser er viden om den normale algeudvikling og betydningen af variationen i de fysiske/kemiske og meteorologiske forhold. Denne viden kan stamme fra den givne badevandslokalitet eller fra sammenlignelige lokaliteter.

Prognoser kan være kvalitative og bygge på tidligere erfaringer om sammenhæng mellem parametre som vejrforhold, saltholdighed og algeforekomster i den forudgående periode. Eventuelt sammenholdt med algevarsler fra andre kilder. Hvilke parametre der er relevante må vurderes for den enkelte lokalitet. For Østersøkysterne giver varsler om store forekomster i den centrale Østersø sammenholdt med de aktuelle vejr- og strømforhold for eksempel et godt grundlag for at vurdere risikoen for opblomstringer af den **giftige *Nodularia spumigena***.

Præcise kvantitative prognoser kræver modeller, som kalibreres med indsamlede data. Modellerne kan spænde fra simple empiriske modeller til avancerede dynamiske modeller. Data kan indsamles ved kontrolbesøg eller med on-line måleinstrumenter, der løbende måler for eksempel saltholdighed, mængden af alger og/eller mængden af blågrønalger.

Operationelle prognoser opnås ved at bruge dynamiske modeller, hvori de tilgængelige data assimileres. For danske kystområder er der udviklet et varslingsystem, som testes for et antal marine strande gennem sommeren 2001. Systemet bygger på et abonnementssystem, hvor hver kommune kan abonnere på prognoser for specifikke områder. Varslingen omfatter i øjeblikket kun pathogene bakterier, men forventes på længere sigt også at kunne opstille algeprognoser.

4 Badevandskontrol af alger

Bekendtgørelsen og vejledningen om badevand, badestrande og badevandskontrol angiver en række kontrolparametre, som er tegn på store koncentrationer af alger, herunder giftige arter (se kapitel 7). Parametrene er givet i kursiv i Tabel 2-2, hvoraf det også fremgår, hvornår parametrene tyder på store algeforekomster er.

Den eksisterende badevandskontrol giver således langt hen ad vejen grundlag for at vurdere, om der er aktuelle problemer med algeforekomster. Følgende elementer bør dog overvejes i forbindelse med den løbende kontrol:

- Badevandskontrolskemaet suppleres med felter til algeobservationer
- Kontrollørerne trænes i at observere tegn på algeforekomster
- Ved uklart vand eller fnug i vandet udtages vandprøver til nærmere analyse af årsagen
- Ved kraftige opblomstringer udtages vandprøver til alge- og toksinanalyser
- En samlet konklusion om algesituationen og forventet udvikling udarbejdes i forbindelse med hvert kontrolbesøg.
- Anden tilgængelig information, f.eks. fra recipientovervågningen (oplysninger om klorofyl og algesammensætning) inddrages.

Kontrol-programmet tilpasses den enkelte lokalitet under hensyntagen til risikoen for opblomstringer af giftige alger, således at der er ekstra opmærksomhed på de strande, hvor erfaringen viser, at der er en potentiel sundhedsrisiko, eller der ofte optræder store ansamlinger af alger. Tre væsentlige principper at have for øje under planlægningen af tiltag er:

- Kontrollens omfang skal svare til problemets størrelse på den givne badestrand
- Borgerne skal have information, så de selv kan vurdere, om de vil bade eller ej
- Beredskabet skal kunne aktiveres hurtigt, hvis der opstår sundhedsmæssige problemer

For at have en kvalificeret baggrund for at tilrettelægge kontrolprogrammet bør badevandsprofilen beskrives. Badestrandsprofilen med hensyn til alger omfatter en beskrivelse af hvilke algegener, der forekommer, hvilke alger der er tale om, og om de udgør en sundhedsmæssig risiko. Profilen kan bygge på tilgængeligt materiale. I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at fremskaffe baggrundsviden via undersøgelser, f.eks. for at klarlægge artssammensætningen i årligt tilbagevendende opblomstringer og bestemme om opblomstringerne er toksiske og i givet fald hvilke toksiner der er tale om.

Badevandskontrollørerne skal være træned i at observere algeforekomster, ikke alene i form af observationer på selve badevandsstationen (vandgennemsigtighed o.lign.), men også tegn på algeansamlinger langs strandkanten og i vegetationen.

I forbindelse med den løbende badevandskontrol anbefales det at mistanke om større algeforekomster og specielt giftige alger fører til undersøgelser der:

- identificerer årsagen til "overskridelsen" af de i Badevandsbekendtgørelsen nævnte krav
- identificerer algetoksinproblemer
- øger tilsynsfrekvensen, hvis der er tale om potentielt giftige alger, eller hvis vejrforholdene kombineret med kendskab til lokaliteten indikerer potentiel risiko for større forekomster af giftige alger
- kortlægger omfang ved store opblomstringer i havet

I kapitel 7 er givet baggrundsinformation, som kan hjælpe, når årsagen til at badevandskravene er overskredet skal findes.

Tabel 4-1 giver forslag til overvågningstiltag. De 3 trin i tabellen svarer til indsatstrinene i Tabel 2-1.

Tabel 4-1. Forslag til algerelateret kontrolundersøgelser ved forskellige grader af algeforekomst i badevand.

	<i>Trin I</i>	<i>Trin II</i>	<i>Trin III</i>
Status	Ingen indikationer på algeproblemer Niveau A i Tabel 2-2	Algemængden øges. Moderat mængde giftige alger Niveau B i Tabel 2-2	Algeopblomstring Mange giftige alger Niveau C og D i Tabel 2-2
Hyppighed	Alm. badevandskontrol	Ugentligt	Ugentligt og op til 2-3 gange ugentligt
Sigtdybde ¹	Måles på stedet	Måles på stedet	Måles på stedet
Vandprøver	+, (udtages som bakteriologiske) oparbejdes eventuelt kun ved senere opblomstring, hvis der er behov for at undersøge udvikling	+ udtages repræsentativt	+ udtages repræsentativt plus fra ansamlinger
Alger og Klorofyl	Information fra andre kilder, f.eks. analyser af arter, klorofyl, pigment målt på recipientovervågnings-stationer	Når det er sæson for og/eller vejrforholdene fremmer opblomstring: • Screening for algemængde og -sammensætning og/eller • Klorofyl • Pigment målt på udvalgte (recipient-overvågnings-) stationer	• Algesammensætning karakteriseres semikvantitativt • Toksiske arter kvantificeres ved tælling eller ved måling af pigment • Klorofyl • Pigment
Toksicitet Generelt	-	Vurderes ud fra artssammensætning Kan suppleres med musetest	Ved mistanke om toksicitet: musetest
Specifik	-	Er der begrundet mistanke til bestemt algetoksiner kan der udføres en specific bioassay	Er der begrundet mistanke til bestemt algetoksiner kan der udføres en specific bioassay
Algetoksiner	-	Vurderes ud fra artssammensætningen Kan suppleres med kemisk analyse	Kemisk analyse

1) sammen med observationer af andre standard kontrolparametre med relation til algeforekomster, se Tabel 2-2 og Boks 7-2 og 7-3.

Ovennævnte anbefalinger adskiller sig fra den eksisterende kontrol ved at inddrage undersøgelser af vandprøver for Alger og Klorofyl og for Toksicitet.

Alger og klorofyl

Målet med undersøgelserne er at få et forvarsel om opblomstring af giftige alger og i situationer hvor opblomstringen er tilstede, at følge udviklingen i denne.

De giftige alger kan ikke identificeres med sikkerhed i felten. Vandets farve, skumdannelse og døde dyr kan give indikationer på giftige forekomster (Boks 7-2 og Boks 7-3), men hvis der er behov for mere præcis information er det nødvendigt at bruge algeindikatorer som artssammensætning, klorofyl og pigment.

I kapitel 6 findes en nærmere omtale og kommentarer til de i tabel 2-2 foreslåede indikatorer.

Procedurer udarbejdes for hver badestrand under hensyntagen til lokalitetens karakteristika mht. algeforekomster, årstidsvariation, geografisk variation, andre kilder til information etc.

Generelt kan badevandskontrollen koncentreres om blågrønalger, men man skal være opmærksom på den potentielle sundhedsrisiko, som andre giftige alger udgør. Det gælder i særlig grad i kystområderne, hvor andre typer giftige alger med mellerum danner giftige opblomstringer (se kapitel 7).

Det er normalt planktonarter, der er årsag til sundhedsrisici. Man skal dog være opmærksom på, at blågrøngebelægninger på sten ligeledes kan være giftige (se kapitel 1 og 7).

Tidlig varsling af algeopblomstringer kan operationaliseres ved brug af automatiske målesystemer. Der findes i dag sensorer, som giver mål for den totale mængde klorofyl og for mængden af de forskellige algegrupper (se kapitel 6).

Anvendelse af dynamiske modeller er en anden metode, der både kan give forvarsler og prognoser. Sammenlignet med bøjemålinger og observationer på udvalgte stationer har modeller den fordel, at de dækker et stort geografisk område.

Toksicitet

Som tommelfingerregel er større forekomster af blågrønalger ensbetydende med tilstedeværelse af algetoksiner. Artssammensætningen giver en indikation af, hvilke toksiner der er tilstede (se kapitel 7). En sikker identifikation kræver toksicitetstest og toksinanalyser.

For andre algetyper, såsom giftige furealger, kan man hyppigt forudsige præcist, hvilke algetoksiner der kan være tale om, men ikke om de ***de facto*** er tilstede og i givet fald i hvor høje koncentrationer.

Hvis der optræder større koncentrationer af potentielt giftige alger (trin III i Tabel 2-1 og 3-1 samt niveau C og D i Tabel 2-2), skal de ansvarlige myndigheder tage stilling til, om og i givet fald hvordan der skal undersøges for forekomst af toksiner. Det anbefales altid at gennemføre sådanne undersøgelser, hvis der er tegn på toksiske effekter i miljøet eller på mennesker og husdyr. Med mindre toksinsammensætningen kan forudsiges med rimelig sikkerhed ud fra artssammensætningen (for eksempel producerer ***Nodularia*** alene nodularin) anbefales det at få udført en toksicitetstest. Det kan være en

musetest eller hvis toksinsammensætningen er forudsigelig andre test/analyser som invertebrattest, ELISA, PPI-assay, HPLC-analyser. Metoderne er nøjere beskrevet i kapitel 6. Normalt kan testene give en indikation af toksiciteten inden 24-48 timer.

Musetesten giver et samlet udtryk for toksiciteten for pattedyr. Observationer af musenes reaktioner giver en indikation af, hvilken type toksiner der er tale om (nervetoksiner, levertoksiner etc.). Hvis toksicitetstesten er positiv, kan kilden - og dermed også potentielle effekter - identificeres mere præcist ved assays eller kemiske analyser (Boks 6-1) for udvalgte markør-toksiner⁴. Markør-toksiner vælges ud fra musetesten (der indikerer gifttype) og artssammensætningen (dominans af *M. aeruginosa* peger f.eks. typisk på forekomst af microcystin, Tabel 7-2).

I kapitel 6 findes en nærmere omtale og kommentarer til toksicitetstest og toksinanalyser.

⁴ Ved markør-giftstof forstås et algegiftstof, der giver en god indikation af toksiciteten og de potentielle toksiske effekter

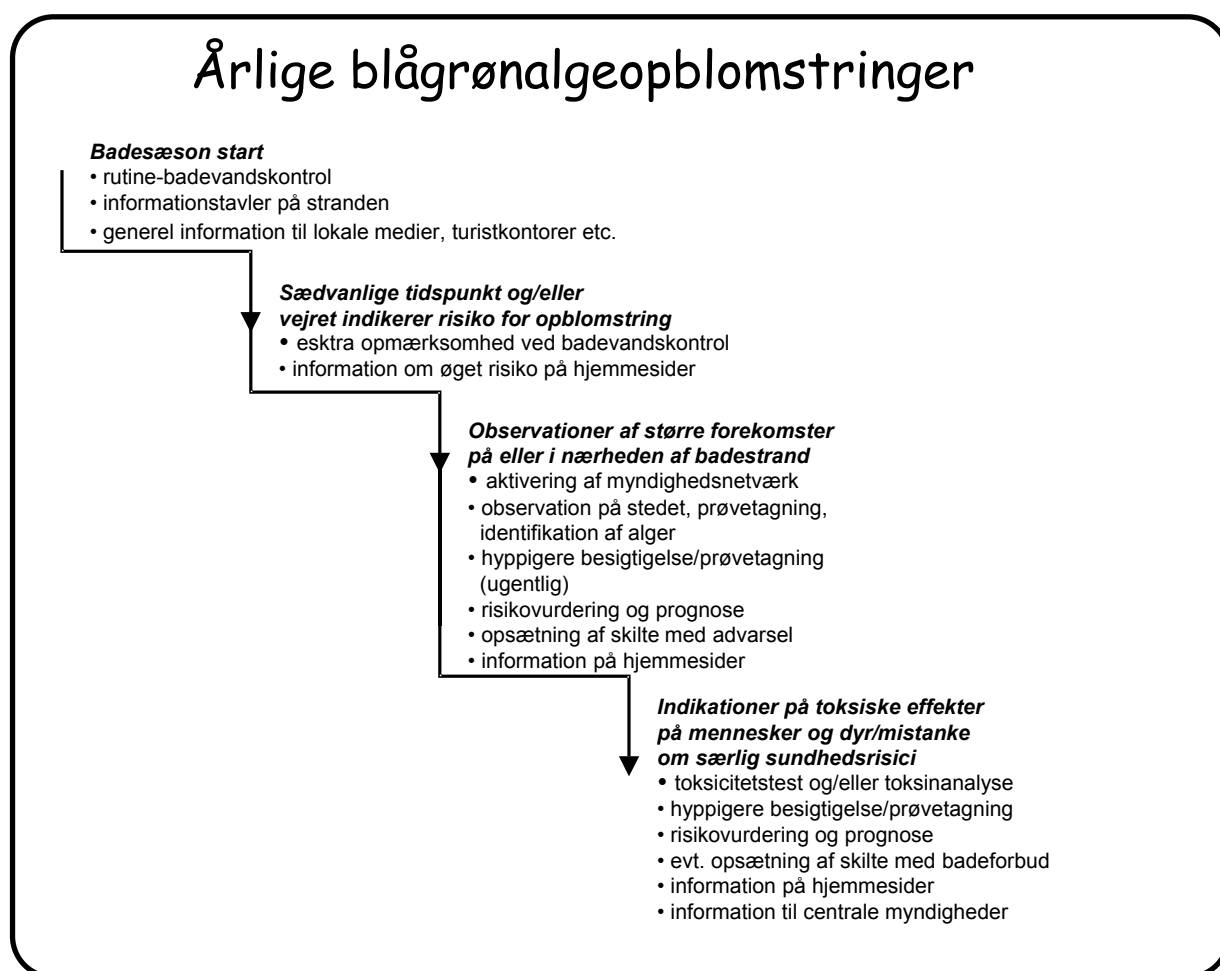
5 Strategier

I boks 5-1 og 5-2 er givet forslag til strategier for tiltag i forbindelse med algeopblomstringer for:

- Årligt tilbagevendende blågrøn algeopblomstringer med kendt toksinprofil
 - Se boks 5-1
- Blågrøn algeopblomstringer med kendt toksinprofil forekommer nu og da.
 - Samme strategi som for årlige tilbagevendende
- Opblomstringer af andre alger med kendt toksinprofil
 - Se boks 5-2
- Opblomstringer af giftige alger med ukendt toksinprofil
 - Se boks 5-2

Detaljer om de enkelte aktioner er givet i kapitel 2-4 og 5.

Boks 5-1 Aktionsplan for årligt tilbagevendende blågrøn algeopblomstringer



Andre algeopblomstringer

Melding om opblomstring der kan ramme badestrandene

- ekstra opmærksomhed ved badevandskontrol
- oplysninger fra amt
- information om algen og risici på hjemmeside

Observationer af større forekomster på eller i nærheden af badestrand

- aktivering af myndighedsnetværk
- hyppigere besigtigelse/prøvetagning (ugentlig)
- observation på stedet, prøvetagning
- hvis ukendt: identifikation af alge
- toksicitet bestemmes ud fra litteratur eller analyser
- risikovurdering og prognose
- opsætning af skilte med information,
- skilte med advarsel hvis algen udgør en sundhedsrisiko
- information på hjemmeside

Indikationer på toksiske effekter på mennesker og dyr/mistanke om særlig sundhedsrisici

- toksicitetstest og/eller toksinanalyse
- hyppigere besigtigelse/prøvetagning
- risikovurdering og prognose
- opsætning af skilte med advarsel
- information på hjemmesider
- information fra/til centrale myndigheder

6 Undersøgelsesmetoder

6.1 Fel tundersøgelser

Den almindelige badevandskontrol omfatter udover de bakterielle undersøgelser:

- Observationer af vejrforhold: skydække, nedbør, vindretning og -styrke og lufttemperatur
- Måling af sigtdybden og pH.
- Observationer af misfarvning af vand (herunder ansamlinger af alger på steder, hvor sandsynligheden for sammenskyl er størst⁵), film på vandoverfladen, forekomst af skum, phenollugt og ansamlinger af affald

I relation til Algeproblemer ved badestrande anbefales det yderligere at:

- Udtage vandprøve til analyser for alger og toksiner.

For nogle badestrande er forekomsten af algeproblemer sammenfaldende med fald i saliniteten. Her anbefales det at:

- Måle saliniteten

Måling og prøvetagning i felten

Sigt dybden. Måling udføres med en hvid skive på 30 cm i diameter med et lod på undersiden. Loddet under skiven skal være tungt nok til at holde linen lodret. Skiven ophænges i en line eller wire, som ikke kan strække sig. På linen/wiren er afmærkning for hver 10 cm.

Skiven sænkes ned i vandet, til den forsvinder og trække derefter op, til den lige netop er synlig. Målingen skal foretages, således at solglimt ikke giver reflekser på vandoverfladen.

Målingen foretages om muligt på 1 m vand og helst fra badebro for at undgå ophvirvling af bundmateriale. På lavvandede kyster gennemføres målingen på så stor dybde som muligt men inden for det område, hvor der bades. Hvis der er sigt til bunden, angives sigt dybden som $> \text{ ” } (= \text{ vanddybden}) \text{ m}$, dvs. normalt $> 1 \text{ m}$.

pH måling iflg. Dansk Standard. Sker bedst på stedet.

Misfarvning, skum etc. Se kapitel 7.

Måling af salinitet. Måles på stedet med salinometer eller refraktometer. Målingen kan operationaliseres ved opsætning af automatisk måleinstrument, der kontinuert sender data til de ansvarlige for badevandskvaliteten.

Udtagning af alge- og toksinprøver. Prøver udtages så vidt muligt på ca. 1 m vand - se under sigt dybde. Det tilstræbes, at der hvirvles så lidt sediment op som muligt. Prøvetagningen bør derfor helst ske fra badebro. Hvis dette ikke

⁵ hvor der er pålandsvind, i små vandhuller, små vige, omkring og i vegetationen (rørskoven)

er muligt, bør prøvetageren placere sig, så "forurening" af prøven undgås (f.eks. med front mod strømmen).

Er der en meget ujævn fordeling af alger, noteres dette, og der udtages repræsentativ prøve/prøver.

Til prøvetagningen af alger bruges plastikbøtter, plastikdunke, brune glasprøveflasker eller lignende. Det er vigtigt, at beholderen er grundigt rensset og skyllet, så den ikke indeholder rester fra tidligere brug eller fra rensningen. Vandprøven udtages under overfladen, idet dunken/flasken sænkes ned i vandet med åbningen ned af og vendes i "albedybde", hvorfra den fyldes. Hvis der ved prøvetagningen er usikkerhed om, hvor mange analyser der skal udføres, indsamles 5-10 liter.

For samtlige vandprøver gælder det, at de skal opbevares mørkt og køligt under transporten fra prøveområdet til laboratoriet, samt i laboratoriet inden yderligere oparbejdelse. Den samlede transport og opbevaringstid må ikke overskride 24 timer.

Vandprøve til kvalitativ og kvantitativ opgørelse af artssammensætning af alger:

- Til kvalitativ og kvantitativ opgørelse af alger udtages som minimum én vandprøve, som konserveres i plastikbøtte eller medicinflaske. Vandprøven udtages fra prøvetagningsdunk/flaske (ovennævnte vandprøve) eller - hvis der kun udtages "algeartsprøve" - direkte i vandet fra "albedybde". Der udtages mindst 100 ml, og prøven konserveres ved tilsætning af 0,5-1 ml lugol-opløsning pr. 100 ml prøve. Lugol tilsættes med pipette på stedet, eller flasker/bøtter forberedes hjemmefra ved at tilsætte lugolen.
- Lugolopløsning kan bestilles på apoteket eller fremstilles på følgende måde:
20 g kalium-iodid (KI)
10 g iod
200 ml destilleret vand
- Netprøve til kvalitativ algebestemmelse og toksicitets/toksintest:
For at lette artsbestemmelsen og til kvalitative analyser for toksicitet og toksinforekomst er det en fordel at tage en koncentreret prøve. Dette gøres med et planktonnet (20 µm i maskestørrelse) hvorpå der er sat en ren glas- eller plastflaske (100-500 ml), gerne med skruelåg. Flasken skylles med vand fra prøveområdet, inden den monteres. Planktonnetet skylles ved at trække det baglæns gennem vandet. Derefter tages en vertikal prøve ved at sænke nettet ned til bunden og langsomt trække det op. Lad vandet løbe fra. Gentag proceduren 3-10 gange, indtil prøven skønnes at være tæt af alger (kraftig farvet). Hæld algekoncentratet på flasken.

Koncentrerede prøver kan også tages direkte fra ansamlinger af alger. Prøven skal ikke konserveres. Pga. den høje koncentration af alger er holdbarheden af prøven begrænset. Viderebearbejdning skal derfor ske i løbet af højst 4 timer (konservering, frysning).

- Vandprøve til kvantitativ toksicitetstest og toksinanalyse
Vandprøven udtages i en ren plastdunk (2,5-5 l), som skylles med vand fra prøveområdet, inden prøven udtages. Vandprøven udtages under overfladen, idet flasken sænkes ned i vandet med åbningen ned af og

vendes i "albuedybde", hvorfra den fyldes. Der udtages minimum 5 liter, hvis mængden af toksiner, der er opløst i vandet, skal bestemmes, da denne type måling normalt kræver en opkoncentrering. Ved høje koncentrationer af giftige alger kan prøvemængden nedsættes til 1 liter. Prøven skal ikke konserveres.

Hvis det ikke er muligt at overholde "leveringstiden" på 24 timer, anbefales det at foretage en første prøveforberedelse af prøver til pigment- og toksinanalyser med HPLC. En delprøve afmåles og filtreres ned på et GF/C-glasfiberfilter. Vandvolumenet skal være så stort, at filteret får en synlig grøn eller brun farve. Sædvanligvis filtreres mellem 50-500 ml. Filteret foldes på langs, pakkes i et stykke mærket sølvpapir og nedfryses i -20 °C indtil analyse på HPLC. Koncentrerede prøver (f.eks. sammenskyll, netprøver) kan frysetørres inden de leveres til et laboratorium, hvis man har mulighed for dette.

Det anbefales at aftale procedurer med det laboratorium, der skal måle prøverne.

Automatiske målestationer (bøjer) giver kontinuerte målinger, som via kommunikationssystemer sendes direkte til en server på land. Afhængigt af formålet kan stationen instrumenteres simpel (ét instrument) eller med en række som fluorometer eller spektrometer, der måler alge-indikatorer som klorofyl og pigmenter og CTD, autoanalyser, ADCP etc. til måling af parametre som salinitet, næringsstoffer, strøm m.m. Data kan, alt efter hvordan systemet bygges op, give den ansvarlige myndighed løbende information, direkte eller ved integration i dynamiske modeller. Samme information kan præsenteres for borgerne på hjemmesiden. Løsningen er især relevant, hvor der kan ske en kobling mellem badevandskontrollen og den almindelige recipientovervågning.

Kortlægning af en algeopblomstring i havet kan ske på flere måder. Den hyppigst anvendte strategi er at observere og tage prøver fra skibe. Er algerne samlet i tætte koncentrationer ved overfladen, er "remote sensing" (jordobservation) en effektiv metodik, som giver et hurtigt overblik over store områder. Flyovervågning har været brugt med succes ved kortlægning af blågrøn-algeopblomstringer langs Østersø-kysterne. Et problem ved almindelig flykortlægning, hvor der tages still foto eller videofilm, er imidlertid, at det ikke er muligt at identificere algerne fra luften. Der opstår også ofte tvivl om der reelt er tale om alger eller om sediment. Brug af farve-scannere monteret på fly eller satellitter kan delvist afhjælpe det sidste problem, idet de giver mulighed for at skelne mellem alger og sediment. Bortset fra blågrøn-alger er denne teknik derimod ikke brugbar til at identificere de enkelte algegrupper på nuværende tidspunkt. Fly-overvågning skal derfor kombineres med prøvetagning fra skib eller fra kysten. Satellitovervågning er på grund af den ringe opløsning endnu kun effektiv i større åbne havområder som Østersøen, Kattegat og Nordsøen, men nye sensorer med bedre opløsning er for nyligt sendt i kredsløb, og flere er på vej, så det bliver muligt at også analysere mere kystnære områder.

Bearbejdede satellit-billeder vil ofte være tilgængelige på internettet under store opblomstringer af blågrøn-alger i Østersøen. På internettet kan der ligeledes løbende findes information fra "ships-of-opportunity" målinger af algesituationen i Østersøen.

6.2 Algeundersøgelser i laboratoriet

Screening for giftige alger. Screeningen skal fokusere på, om enkelte arter er ved at blive dominerende, og i givet fald hvilken algegruppe de tilhører. Der skal være speciel opmærksomhed på dominans af furealger og blågrønalger. Med hensyn til blågrønalgerne bør dominans af gruppen som helhed (og ikke nødvendigvis af enkelt arter) give anledning til ekstra vurdering af situationen.

Screening af algeprøver for forekomst af giftige arter og vurdering af koncentrationen af alger kan gennemføres af ikke-eksperter efter en tilbundsgående oplæring. I tilfælde af tvivl, bør eksperter konsulteres (se nedenfor).

Ved screening af prøver bruges ved tynde prøver (niveau A i Tabel 2-2) et 10 ml's sedimentationskammer, der fyldes med den indsamlede lugol-prøve, efter at prøveflasken er vendt op og ned flere gange (se Teknisk Anvisning for Marin Overvågning, Fytoplankton. DMU). For mere tætte prøver anvendes et celtællekammer. Tællekammeret har den fordel, at prøverne ikke skal sedimentere, og der kan anvendes ukonservet prøvemateriale.

Det noteres, hvilke algegrupper og hvis muligt arter der dominerer samfundet. For at kunne følge udviklingen, bør prøverne oparbejdes af den samme person hver gang, og der kan laves en semikvantitativ vurdering efter følgende skala:

- 5 **dominerende, uanset forstørrelse er der mange enheder i hvert synsfelt**
- 4 **almindelig, uanset forstørrelse er der flere-mange celler i næsten alle synsfelter**
- 3 **spredt forekomst, uanset forstørrelse er der flere-mange celler i enkelte synsfelter**
- 2 **sjældent, få-flere celler i hvert synsfelt**
- 1 **meget sjældent, en-få celler i tællekammeret**

Kvantitativ prøvebearbejdning. Nøjere undersøgelser inklusiv kvantitative opgørelser kan kun udføres af eksperter og bør følge de tekniske anvisninger til det nationale overvågningsprogram. I den aktuelle sag afgøres det, om oparbejdning skal ske til celleantal eller volumen/biomasse, samt hvor detaljeret bestemmelsen af organismer skal være.

Klorofylanalyser måles iflg. DS. Analysen er rutine-ydelse hos danske miljøanalyselaboratorier.

Pigmentanalyser. Der findes ikke en DS metode for måling af pigmenter. Det anbefales at følges Schlüter & Havskum (1997).

Kommentarer til algetoder

Mikroskopering af vandprøve for **screening af algesammensætning.** Forudsat at der sker en oplæring, kan screeningen foretages af teknikere på de laboratorier, der udfører den almindelige badevandskontrol. Prøvetagning kan ske i forbindelse med den eksisterende badevandskontrol. Fordel: Kan udføres hurtigt og uden avanceret udstyr. Negativt: Laboratorierne har ikke algeeksperter, som kan hjælpe i tvivlstilfælde. Det kan undgås ved at sende prøverne til algeanalyselaboratorier.

Mikroskopering af vandprøve for **kvantitativ bestemmelse af algesammensætning.** Sikker artsbestemmelse og kvantificering kræver ekspertviden. For blågrønalger kan artsbestemmelse og kvantificering være vanskelig. På basis af erfaringer om sammenhæng mellem forekomst af enkelte arter og forekomst af

algetoksin kan kvantificeringen i nogle tilfælde begrænses til udvalgte arter. Fordel: Giver indikationer om, hvilke arter der er problematiske, hvilket er af værdi for planlægning af screening og af fremtidig overvågning. Negativt: Da algetoksinerne kan optræde hos flere arter, kan det ikke generelt anbefales at fokusere ensidigt på enkelte arter.

Klorofylanalyse. Ud fra eksisterende erfaringer kan der fastlægges en grænseværdi, som udløser undersøgelse af algesammensætningen og skærpet opmærksomhed om algeudviklingen. Analysen indgår allerede i recipientovervågningen, så oplysningen kan "lånes" herfra, såfremt der findes en repræsentativ station i nærheden af badestranden, og målingerne sker hver fjortende dag eller hyppigere. I tabel 2-2 er der foreslået en grænse på 10 µg klorofyl pr liter. I tilfælde med dominans af for eksempel blågrønalger (trin B og C) kan klorofylanalyse kombineret med screening for algesammensætning give tilstrækkeligt grundlag til at vurdere situationen. Fordel: Rutinemetode på laboratorierne. Mange prøver kan analyseres samtidig. I nogle tilfælde måles klorofyl allerede på nærliggende station. Negativt: Resultat foreligger først den følgende dag.

Pigmentanalyse. Ud fra pigmentsammensætning kan man identificere de dominerende algegrupper og estimere deres biomasse udtrykt som klorofyl-ækvivalenter. For blågrønalger vil et sådan mål for gruppen som helhed give en god indikation for tilstedeværelse af cyanotoksiner (over 90% af alle blågrønalgeopblomstringer producerer toksin, se kapitel 7). Hvis andre algegrupper bliver dominerende og/eller deres biomasse øges markant, er en mikroskopisk analyse nødvendigt for at afgøre, om der er tale om dominans af en giftig art. En undtagelse er *G.-mikimotoi*-gruppen, der danner giftige opblomstringer i havet. Denne gruppe kan identificeres på forekomsten af markør-pigmentet gymnodiaxanthin. Fordel: Giver et kvantitativt mål, der ikke kræver special-kendskab til algearter. Mange prøver kan analyseres samtidigt. Negativt: Kræver avanceret udstyr (HPLC). Resultat foreligger den følgende dag.

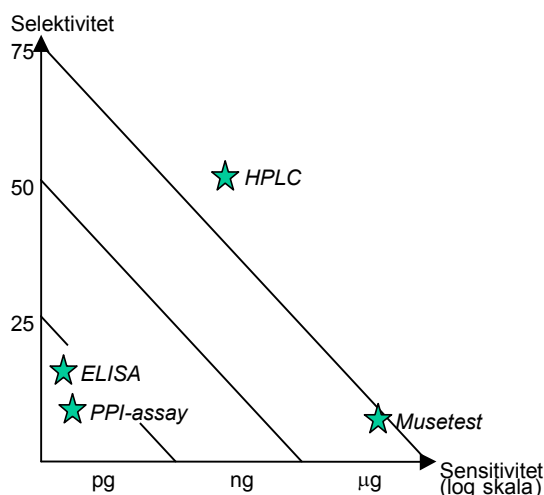
6.3 Toksicitetstest og toksinanalyser

Til identifikation og kvantificering af algetoksiner og deres toksicitet eksisterer der i dag flere testmetoder (Boks 6-1). Metoderne varierer i sensitivitet og selektivitet (Figur 6-1), hurtighed og pris. Af de mest anvendte metoder er: bioassay på en udvalgt organisme (f.eks. mus, krebsdyr og bakterier), ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) og enzym-inhiberingsassays samt detektion ved højtrykskromatografi (HPLC). Der findes derudover en række andre metoder efter de samme principper, men disse er ikke implementerede på danske laboratorier. Generelt giver bioassay et billede af den samlede toksicitet, mens de øvrige metoder mere eller mindre præcist identificerer specifikke toksiner.

Toksicitetstest og toksinanalyser skal udføres på laboratorier med erfaring inden for denne type analyser (se Appendix B).

Boks 6-1. Metoder til identifikation af algetoksinproblemer

- *Vurdering ud fra artssammensætningen.* Det er under alle omstændigheder det første trin i vurderingen af den potentielle sundhedsfare i forbindelse med større algeforekomster i badevand
- *Bioassays og biokemiske assays.* Traditionelt anbefales musetest, fordi denne metode giver et samlet udtryk for toksiciteten overfor pattedyr og ikke kræver et forhåndskendskab til toksintypen. Denne metode anbefales, når der er begrundet mistanke om forekomst af toksiner, og man ønsker at få et samlet billede af toksiciteten. Har man begrundet formodning om, hvilke toksiner der er tale om (f.eks. ud fra tidligere undersøgelser eller ud fra artssammensætningen) kan man i stedet bruge mere specifikke og præcise metoder. Denne type metode er dog kun udviklet/testet til en begrænset antal toksiner.
- *Kemisk analyse.* Traditionelt bruges HPLC. Kemiske analyser kræver, at man ved præcist, hvilke toksiner man leder efter, og at der findes standarder. Metoden anbefales, hvis der ønskes en præcis identifikation af udvalgte toksiner. Metoden giver mulighed for analyse af et stort antal prøver på kort tid.



Figur 6-1 Sammenligning af sensitivitet og selektivitet af forskellige metoder til detektion af toksicitet og toksiner

Kommentarer til toksicitetstest og toksinanalyser

Da der ikke eksisterer én testmetode, som er i stand til at måle for alle naturligt forekommende algetoksiner, skal der tages stilling til, hvilket præcisions- og identifikationsniveau der ønskes, før der vælges testmetode. I det følgende gives en kort beskrivelse af metodikkerne.

Bioassays giver i princippet et uspecifikt mål for toksiciteten uden hensyn til toksinsammensætningen.

Musetest er den internationalt anerkendte og mest anvendte metode til detektion af algetoksiner i fødevarer (primært muslinger). Det har længe været diskuteret om musetest kan tillades set fra et dyreetisk synspunkt, men der er stadig ikke fundet en brugbar alternativ metode. Musetest er derfor stadig den internationalt anerkendte metode, når potentielle humantoksiske effekter af algetoksiner skal vurderes. Metodens styrke er, at testorganismen er et pattedyr, hvis reaktion ligner menneskers, samt at den registrerer tilstedeværelsen af alle (slags) toksiner, og man behøver dermed ikke kende toksinprofilen. Metoden giver således, til forskel fra de kemiske analyser, et udtryk for den totale toksicitet. Ud fra musenes reaktion får man indikation af, hvilke typer toksiner der er tilstede (levertoksiner, nervetoksiner osv.), men man skal være opmærksom på, at effekten af én type kan dække over andre typer. Metodens svaghed er, at den ikke er særlig følsom (Figur 6-1). Se Bilag B.

Af **andre bioassays** kan nævnes test med invertebrater, bl.a. saltsøregen *Artemia salina* og *Daphnia*, bakterier (Microtox assay) og levende celler. Fælles for disse test er, at deres anvendelighed kan variere med toksinsammensætningen, hvilket man skal være opmærksom på, når resultaterne vurderes.

Immunologiske assays er udviklede til specifikke toksiner, men krydsreagerer med beslægtede forbindelser, herunder derivater. Man skal således være opmærksom på forekomst af falsk positive. Reaktion med derivater er normalt ikke problematisk, da assays hyppigst er udviklet mod de mest giftige typer toksin.

ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) er en hurtig, følsom (Figur 6-1) og let-håndterbar metode, der ikke kræver dyrt udstyr at gennemføre. Der er fremstillet antistoffer for de mest almindeligt forekommende microcystiner, bl.a. microcystin-LR. Detektionsgrænsen er ned til 100 pg pr liter. Antistoffer kryds-reagerer med andre microcystin-varianter og nodularin i forskellig grad, hvilket i nogle tilfælde kan medføre en underestimering af toksinkoncentrationen, som udtrykkes i microcystin-LR ækvivalenter. Ydermere kan der forekomme microcystin-varianter, der ikke kan detekteres ved denne metode pga. manglende binding imellem toksinet og de anvendte antistoffer. På nuværende tidspunkt findes der kommercielt tilgængelige ELISA's til detektion af microcystiner.

Biokemiske assays. Den mest benyttede enzym-test er **proteinfosfatase inhiberingsassay (PPI-assay)**, som benyttes til detektion af levertoksiner, bl.a. microcystiner og nodularin. Toksiciteten af levertoksiner kan tilskrives deres specifikke hæmning af de celleregulerende enzymer proteinfosfatase. Denne egenskab udnyttes ved proteinfosfatase inhiberingsassayet, hvor hæmningen af proteinfosfatase benyttes til kvantificering af toksinerne. Denne metode er, ligesom ELISA-metoden, hurtig, følsom (detektionsgrænsen er ca. 100 pg pr liter) og let-håndterbar, mens den ikke er i stand til at skelne imellem forskellige microcystin-varianter. Den giver således et samlet udtryk for vandprøvens indhold af levertoksiner.

Der eksisterer ydermere et Acetylcholinesterase inhiberingsassay, der kan benyttes til detektion og kvantificering af nervetoksinet anatoxin-a(s).

Kemiske analyser. Til detektion og kvantificering af specifikke toksiner er Højtryksvæskekromatografi (**HPLC**) i dag den mest benyttede metode; eventuelt koblet sammen med et massespektrometer (MS). Der findes

standardmetoder til analyse for alle de almindeligt kendte toksiner. HPLC-metoden til kvantificering af levertoksinerne microcystin og nodularin er identisk, mens der skal bruges andre HPLC-metoder til kvantificering af nerve- og saxitoksiner. Det er derfor vigtigt, at man ved, hvilke toksiner man forventer at finde i vandprøven, inden HPLC-kørslen påbegyndes. Fordelen ved HPLC er, sammenlignet med de ovenstående beskrevne metoder, at den er selektiv og giver et præcist overblik over tilstedeværende toksiner. Detektionsgrænsen for HPLC-metoden (ca. 400 ng pr liter) er lavere end for musetesten, men højere end for ELISA og enzyminhiberingstesten. En ulempe ved metoden (og andre kemiske metoder) er, at en sikker detektion og kvantificering kræver at standarder for hver enkelt toksin, dvs. man skal vide, hvilke toksiner man leder efter og standarder skal være tilgængelige. For microcystin er der i dag identificeret over 50 derivater, mens der kun er tilgængelige standarder for et begrænset udvalg. Problemet omgås ved at bruge en tilgængelig standard, normalt det højtoksiske microcystin-LR. På den måde fås en koncentration, der svarer til den værste tænkelige situation.

Selve HPLC-udstyret er en dyr investering, men når apparaturet og rutinen er indkøbt, er det en billig, hurtig og objektiv metode til detektion og kvantificering af kendte toksiner i alger og vand.

7 Baggrundsinformation

7.1 Tegn på algeproblemer i badevand

Gener som følge af algeforekomster i fersk- og havvand skyldes både bundlevende alger og planktonalger. De bundlevende alger omfatter løstliggende trådalger og mattedannende blågrønalger (også kaldet blågrønalgebelægninger). På den modstående side er de tre typer generende alger kort beskrevet.

En række tegn indikerer, at der er større algeforekomster på badestranden og dermed risiko for gener for badende og andre gæster. Nogle af disse, såsom vandets gennemsigtighed og farve, er nævnt i Badevandsbekendtgørelsen, som giver en oversigt over de vigtigste parametre, der kan bruges til at vurdere, om der er algeproblemer ved badestranden.

Vandets gennemsigtighed og farve

Ifølge den nuværende vejledning skal gennemsigtigheden (= sigtddybden) på badevandslokaliteter være større end 1 m. Begrundelsen er, at mindre sigtddybde kan skyldes alger, og at algerne kan være giftige.

Uklart vand skyldes en række faktorer (Boks 7-3). Oftest kan årsagen ikke identificeres i felten, men kilden til misfarvningen kan indkredses ud fra farven (se Tabel 7-1), så der på stedet kan tages stilling til relevant prøvetagning.

Skum, olie og lugt

Udover misfarvning af vandet kan masseopblomstringer af alger medføre skumdannelse, give olielignende film på vandoverfladen og være ildelugtende. Alle tegn nævnes i Badevandsvejledningen (MST 1985), uden at de dog er specifikt møntet på alger (se Boks 7-2). Særligt uklart, misfarvet vand og skumdannelse indikerer, at der er risiko for forekomst af giftige arter.

Skumdannelsen opstår, når store mængder alger lækker overfladeaktive stoffer. Det findes langs strandkanten og andre steder, hvor strøm samler ekstra store mængder alger. Fænomenet kendes især hos blågrønalger, kiselalger og en enkelt stilkalge-slægt (*Phaeocystis*).

Lugt i forbindelse med algeopblomstringer kan skyldes kemiske stoffer, der produceres af algerne. Stofferne lækker især fra algerne, når de er ved at dø. Ilde lugt opstår også, når algerne rådner.

Andre tegn på algeopblomstring og giftige alger

Mange døde dyr, husdyr der bliver syge og i værste fald dør af at drikke vandet, samt badegæster med hudirritationer, maveproblemer og andre former for ildebefindende kan være tegn på giftige alger. Derudover bør man, som det fremgår, være opmærksom på algebelægninger på sø- og havbund samt sten.

Boks 7-1 De generende alger

Løstliggende trådalger udgør alene et æstetisk problem, da de ikke producerer algetoksiner. De ligger som bræmmer på lavt vand langs søbredder og havkyster. I havet er grønalger og fedtmøg (er løstliggende brunalger) almindelige, mens det i søer især er grønne alger (grøn- og gulgrønalger), der giver gener. Trådstrukturen kan normalt erkendes, hvis algerne tages op i hånden. Hyppigt generende slægter er i ferskvand for eksempel *Cladophora* og *Mougeotia*, og i kystvande *Pilayella*, *Ectocarpus*, *Ulva*, *Enteromorpha* og *Chaetomorpha*.

Blågrønalgebelægninger kan indeholde toksiske arter og dermed udgøre en sundhedsmæssig risiko. De findes på sten og mudder langs søbredder og havkyster. De grønne-blågrønne-olivengrønne algemåtter er slimede og glatte. De er især almindelige i marsken, på strandenge og langs søbredder. Udbredelsen af toksiske måtter er ukendt. Fra Danmark findes et eksempel på giftige blågrønalgebelægning. Kendte problemskabende slægter er *Lyngbya*, *Oscillatoria* og *Schizothrix*.

Planktonalger omfatter toksiske arter, der kan udgøre en sundhedsmæssig risiko. Plankton svæver frit i vandet. Når de optræder i stort antal, vil deres pigmenter misfarve vandet i brune, røde, grønne, blågrønne og gullige farver (tabel 1). Alle planktonalger kan i princippet danne masseopblomstring, men de årligt tilbagevendende opblomstringer i søer og kystområder skyldes et begrænset antal arter. I ferskvand er det hyppigst blågrønalger, grønalger, kiselalger og gulalger, og i havet primært kiselalger, furealger, stikalger samt i Østersø-området blågrønalger.

Kun en mindre andel af planktonalgerne producerer toksiner, som påvirker mennesker. Med hensyn til badevand er det blågrønalgerne i ferskvand og brakvand, der giver problemer. Toksiner fra furealger og i enkelte tilfælde kiselalger koncentrerer i muslinger, som derved bliver giftige for mennesker. Andre giftige alger som stikalger og kiselalger påvirker kun laverestående dyr.

Tabel 7-2 og 7-4 giver oversigter over kendte problemslægter og -arter i danske søer og kystvande.

Boks 7-2. Tegn på algeopblomstringer, herunder giftige alger.

Observationer, der giver anledning til nærmere undersøgelse af badevandskvaliteten, fordi de kan skyldes uønskede forureninger og algeopblomstringer, herunder giftige alger. Faktorerne 1-4 indgår i den løbende badevandskontrol, som udføres af kommunerne. Badevandsvejledningens krav (MST 1985) til de disse parametre er angivet neden for.

1. Uklart (misfarvet) vand
2. Oliefilm
3. Skumdannelse
4. Lugt
5. Døde dyr
6. Slimede belægninger på sten og bund
7. Sygdomstegn hos badende og vandsportsudøvere

1. Uklart vand er nærmere omtalt i Boks 7-3.

Badevandskrav: at vandet ikke er misfarvet, og sigtbarheden er større end 1 m

2. Oliefilm skyldes hyppigst kemiske forureninger eller okker, men kiselalger kan også give et olieagtigt skær på vandoverfladen.

Badevandskrav: at der ikke er synlig film.

3. Skumdannelse skyldes tilstedeværelsen af overfladeaktive stoffer. De overfladeaktive stoffer kan stamme fra kemiske forureninger og fra alger. Især blandt kiselalgerne og blågrønalgerne findes der arter, der giver skumdannelse, når døende celler optræder i høje koncentrationer. En enkelt slægt inden for Stikalgerne (*Phaeocystis*), er også kendt for at danne skum.

Badevandskrav: der må ikke findes vedvarende skum.

4. Lugt kan skyldes kemiske forureninger, nedbrydning af organisk stof, herunder alger. Algerne kan også lugte i sig selv.

Badevandskrav: der må ikke lugte af phenoler.

5. Døde dyr. Større forekomster af døde fisk samt skaldyr og andre bunddyr langs søbredder og kyster skyldes ofte iltsvind eller giftige alger, men der er også andre årsager som affald fra fiskerbåde. Døde fugle og pattedyr kan skyldes forekomst af giftige alger, virus eller kemiske forureninger.

Badevandskrav: ikke defineret.

6. Slimede belægninger på sten og bund skyldes normalt blågrønalger eller likener, hvoraf nogle blågrønalger producerer algetoksiner.

Badevandskrav: ikke defineret.

7. Sygdomstegn hos badende og vandsportsudøvere. Hvis badevandsgæster klager over gener som hudirritationer, kvalme og generelt ildebefindende kan det være tegn på, at der er giftige alger i vandet. Sygdomssymptomerne er nærmere omtalt i kapitel 1.

Boks 7-3. Årsager til uklart vand

Uklart vand kan skyldes

- Opblomstringer af planktonalger
- Masseforekomst af bakterier
- Opslemmet sediment
- Opslemmede algebelægninger
- Pollen

Opblomstringer af planktonalger. Planktonalger er hyppigst mikroskopiske og dermed ikke synlige med det blotte øje, men hvis de optræder i stort antal misfarver de vandet.

Masseforekomster af bakterier. Bakterier er ligeledes mikroskopiske men kan ved masseforekomst misfarve vandet. Masseforekomster opstår ved nedbrydning af store mængder organiske stof. Det organisk stof kan stamme fra spildevandsudledninger eller døende planter og dyr.

Opslemmet sediment ses i bølgebrudszonen og ved kraftig blæst i lavvandede områder. Det farver normalt vandet i brune eller nuancer.

Opslemmede algebelægninger kan forekomme ved kraftig blæst eller efter dyr og mennesker har stampet rundt i områder med algebelægninger på bunden.

Pollen i store mængder ses kun i foråret, hvor vinden samler træpollen på vandoverfladen. Pollen og blågrønalgopblomstringer (især i havet) kan forveksles, men sidstnævnte optræder først om sommeren

Humusstoffer gør normalt ikke vandet uklart men farver det brunt og nedsætter sigtddybden.

Tabel 7-1. Sammenhæng mellem misfarvning og mulige årsager.

Vandets farve	Årsager – Søer	Årsager – Kystområder
Hvid	Bakterier	Bakterier
Røde	Bakterier Planktonalger: Blågrønalg ¹	Bakterier Planktonalger: Furealger
Gullige	Opslemmet sediment Planktonalger: Stilkalger, Gulalger, Kiselalger Pollen (om foråret)	Opslemmet sediment Planktonalger: stilkalger, Kiselalger, Blågrønalg ¹ Pollen (om foråret)
Brune	Sediment Planktonalger: Furealger, Kiselalger	Sediment Planktonalger: Furealger, Kiselalger, Haptofyter, Raphidophyceer Brune trådalger ¹
Blågrønne-olivengrønne	Planktonalger: Blågrønalg ¹ Opslemmede algemåtter	Planktonalger: Blågrønalg ¹ Opslemmede algemåtter
Græsgrønne	Planktonalger: Grønalg, Øjealger Grønne trådalger ¹	Planktonalger: Grønalg, Øjealger, ² Grønne trådalger ¹

¹ Trådalgeernes tråde kan normalt erkendes, i modsætning til planktonalgerne der giver en ensartet farvning af vandet eller danner fnug (sidstnævnte ses hos nogle blågrønalgarter)

² Fra danske farvande kendes også én enkelt furealge-art, der er grøn og danner grønne opblomstringer

Årstidvariation og vejrets betydning

Algeopblomstringer optræder hovedsageligt fra maj til oktober, dvs. i badesæsonen. Da arternes vækst ikke topper på de samme tidspunkter, kan årstiden give et fingerpeg om, hvilke alger der er dominerende i en opblomstring (Figur 7-1). Højsæson for blågrønalg opblomstringer er i juli-september, men de kan forekomme i hele badesæsonen.

Årstid	Søer				Brak- og havvand				
	Blågrøn-alger (blågrønne, røde)	Kiselalger (gullige-brune)	Furealger (brune)	Grøn-alger (grønne)	Blågrøn-alger (blågrønne, gullige)	Kiselalger (gullige-brune)	Furealger (brune, røde, grøn*)	Øjealger (grønne)	Små flagellater (gullige-brune)
Forsommer		■				■			■
Sommer	■			■	■	■		■	
Sensommer	■	■	■	■	■	■	■	■	
Efterår		■	■			■	■		

* i danske kystområder kendes en enkelt art, der danner opblomstringer, som er irgrønne i de sene stadier

Figur 7-1. Typiske årstider for opblomstringer for de mest almindelige algegrupper.

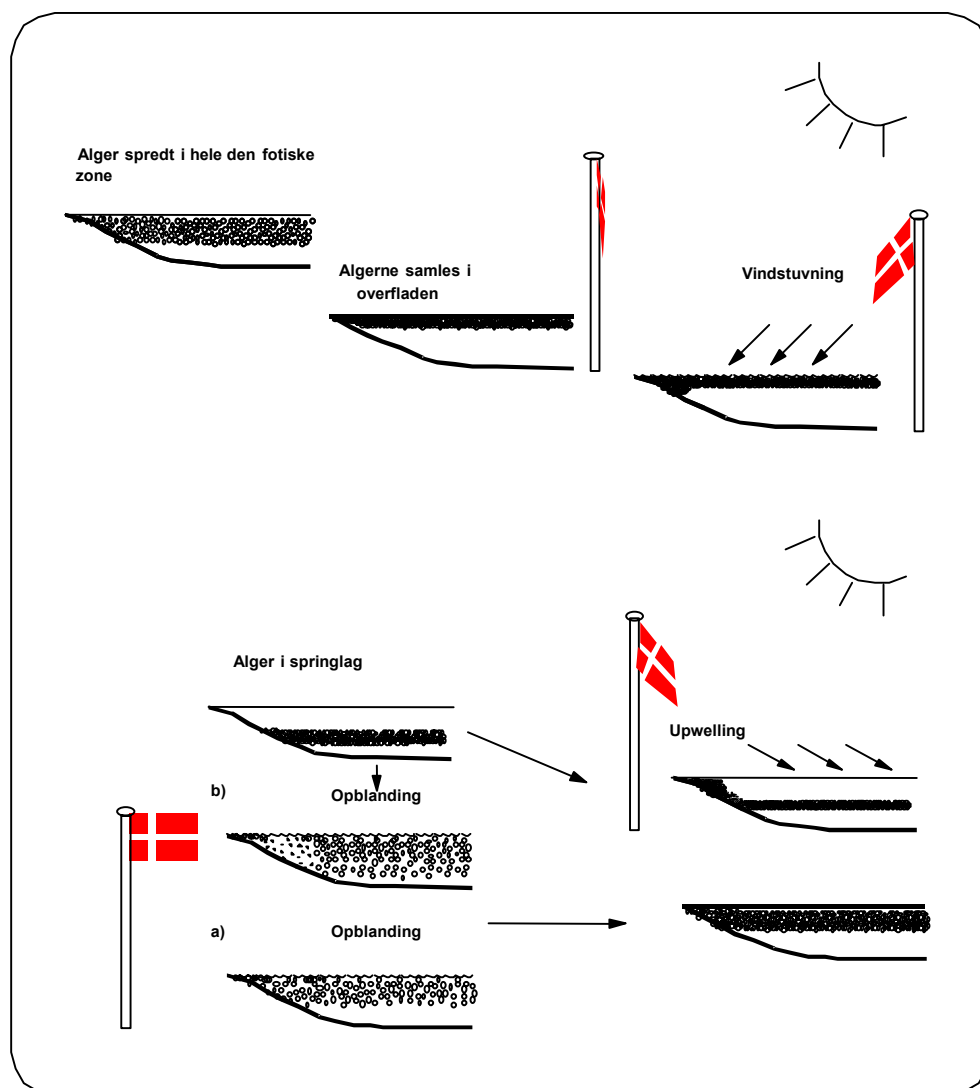
Ved observation og vurdering af badevandsforhold er det vigtigt at observere vejrforholdene i den forudgående periode samt inddrage prognoser for perioden frem til næste planlagte kontrolbesøg (Figur 7-2).

Næringsrigdom, sol og lave vindhastigheder fremmer generelt udviklingen af planktonopblomstringer. Specielt i forbindelse med højtryk skal man være opmærksom på risikoen for algeopblomstringer.

Et forvarsel om opblomstringer i havet er en regnfuld periode med stor afstrømning fra land. Herved tilføres ny næring, der kan danne grobund for en opblomstring. Efterfølges en sådan periode af stille solrigt vejr, er der stor risiko for algeopblomstringer.

Er det mere eller mindre vindstille, har algerne mulighed for at placere sig det sted i vandsøjlen, hvor de får de bedste vækstforhold. Det vil typisk være ved overfladen (Figur 7-2). Specielt blågrøn-alger vil samles lige ved overfladen (Boks 7-5).

Vindstuvning og havstrømme er årsag til ekstraordinært høje cellekoncentrationer langs søbredder og kyster med deraf følgende skumdannelse hos nogle arter (se Figur 7-2).



Figur 7-2. Vejrforholdenes indflydelse på udviklingen af algeopblomstringer.

Øverst panel: Normalt er algerne fordelt i det øvre vandlag. I vindstille vejr kan de koncentreres ved overfladen og ved pålandsvind akkumuleres langs strandene. Nederste panel: Alger, der er koncentreret i springlaget⁶, kan føres op til overfladen når vinden opblander vandmasserne (helt til bunden (a) eller øvre vandlag (b)). Ved fralandsvind kan de dybere vandlag blive "trukket" op til overfladen (det kaldes upwelling) sammen med de alger, der er i vandet. Er vækstforholdene ved overfladen gode, er der risiko for algeopblomstring.

Artsidentifikation

Hvorvidt det er nødvendigt at få en nøjagtig artsidentifikation, må vurderes i den enkelte situation. Som udgangspunkt bør man foretage en nærmere undersøgelse i tilfælde, hvor der er mistanke om forekomst af arter med humantoksiske effekter. Identifikation af alger er nærmere omtalt i kapitel 6.

⁶ overgangen mellem koldt og varmt vand eller mellem salt og mindre salint vand

7.2 Giftige alger

Kun et mindre antal planktonarter producerer toksiner, der udgør en sundhedsrisiko for mennesker og dyr.

Arterne tilhører flere taksonomiske algegrupper, hvoraf de vigtigste og deres karakteristika er beskrevet i Boks 7-4 og Boks 7-5. Det største antal findes inden for furealgerne og blågrønalgerne, men også Raphidophyceerne og Stilkalgerne omfatter en del toksinproducerende arter. Blandt kiselalgerne er der få kendte giftige arter, men de seneste års forskning tyder på, at listen over problemarter er længere end hidtil antaget. Både fure-, kisel- og blågrønalgerne producerer potente gifte, der påvirker mennesker, mens Raphidophyceerne og Stilkalgerne er kendte for deres toksiske effekter på laverestående dyr, herunder fisk.

Boks 7-4. Taksonomiske grupper med giftige alger I

Furealgerne er små autotrofe flagellater, som bedst kendes på deres synlige cellekerner og deres fure, én tværgående og én længdegående fure, hvori cellens 2 flageller ligger. Nogle arter har yderst et lag af celluloseplader, der bevirker, at algerne beholder deres facon, når de dør. Furealgerne tilhører den taksonomiske gruppe "Dinoflagellaterne" eller "Dinophyceae", som også omfatter heterotrofe flagellater, herunder en ugiftig, men generende art, der giver anledning til rød masseforekomst (*Noctiluca*, se Tabel 7-4).

Kiselalgerne er enkeltcellede eller kædedannende organismer, hvor hver celle er omgivet af en forkislet væg. Kiselskallens facon og struktur er af afgørende betydning for artsbestemmelsen. Kiselalgerne kaldes også diatomeer.

Stilkalger er flagellater, der er karakteristiske ved at have et stilkagtigt organel – et haptonema – placeret mellem de 2 flageller. Haptonemaet er normalt synligt i lysmikroskop. Gruppen har ikke et dansk navn.

Raphidophyceer er flagellater med 2 flageller. Gruppen har ikke et dansk navn.

7.3 Giftige blågrønalger

Masseforekomster af planktoniske blågrønalger (Boks 7-5) er almindelige i eutrofe søer og i Østersøen. Under masseopblomstringer kan koncentrationen af blågrønalgerne toksiner, cyanotoksiner, blive så høje, at de giver ildebefindende hos mennesker og medfører død hos større dyr som hunde og fugle.

I eutrofe danske søer er opblomstringer af blågrønalger et årligt tilbagevendende fænomen i sommer og efterårsmånederne med særligt store forekomster fra juli-september. Generelt fremmes deres forekomst og dominans af høje temperaturer. Risikoen for massive opblomstringer kan desuden vurderes på basis af koncentrationen af totalfosfor (TP). I Danmark optræder de massive opblomstringer i dybe søer, hvor middelsommerkoncentrationen er større end 0,01 mg P pr liter, mens tærskelen i lavvandede søer er 0,1 mg P pr liter. I de lavvandede søer falder betydningen af blågrønalger igen ved TP koncentrationer over 0,5 mg P pr liter, hvor grønalger bliver dominerende. For nærmere beskrivelse af de bagvedliggende analyser henvises til Kaas et al 1999.

I havet optræder massive opblomstringer af blågrønalger normalt kun i brakvandsområder. De hyppigste forekomster ses langs Østersø-kysterne. Forekomsterne er tæt forbundet med udviklingen i den centrale del af Østersøen, hvor algerne blomstrer op hvert år. Som i ferskvand er risikoen for kraftige blågrønalgeopblomstringer særlig stor ved længerevarende højtryk i juli-august. Ved længerevarende østlige vinde breder algerne sig fra den centrale Østersø til danske Østersø-kyster og i meget sjældne tilfælde til Kattegat. Lokal spiring af hvilesporer (akineter) kan også spille en rolle, men det er usikkert i hvor høj grad, det er tilfældet.

7.3.1 Arterne

Tabel 7-2 angiver de potentielt giftige blågrønalgeslægter, der er forbundet med giftige planktonopblomstringer i danske søer og kystvande. I ferskvand er det specielt arter inden for slægterne *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, der giver problemer. Man skal dog være opmærksom på, at også andre slægter kan producere toksiner, herunder f.eks. *Anabaenopsis*, *Nostoc* og *Oscillatoria*. De toksiske arter er almindelige i danske søer og ofte blandt de dominerende arter i opblomstringer.

Boks 7-5. Taksonomiske grupper med giftige alger II

Blågrønalger er en meget udbredt gruppe af mikroorganismer. De findes som frit svævende organismer i vand (planktoniske) og som belægninger på faste overflader. De findes i ferskvand, i havvand og på land; i ekstremt kolde og varme miljøer og miljøer med ekstreme kemiske forhold.

Blågrønalger er bakterier, der indeholder klorofyl og dermed er i stand til at udføre fotosyntese i lighed med klorofylholdige planter. Som følge af deres tilhørsforhold til bakterierne kaldes de i den faglige litteratur oftest cyanobakterier. De latinske betegnelser for gruppen er Nostocophyceae og Cyanophyceae.

Morfologisk kan blågrønalgerne deles i en celledede og trådformede. De encellede kan være samlet i gelé, såkaldte kolonier. De trådformede kaldes ofte for trichomer i faglitteraturen. De består af former, der kun har én type celler (vegetative celler) og former, der består af vegetative celler og specialiserede celler som akineter (=hvilesporer) og heterocyter.

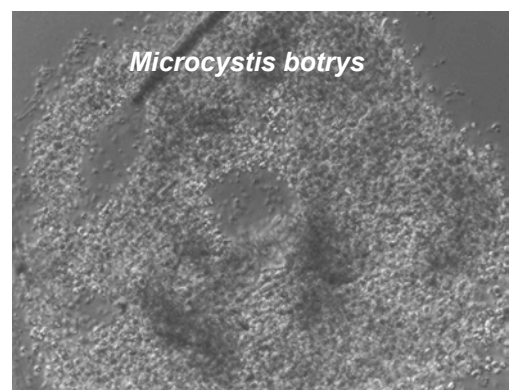
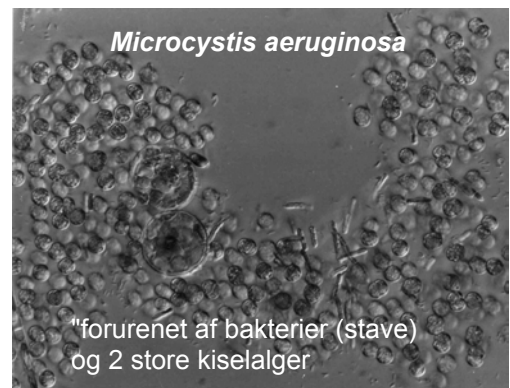
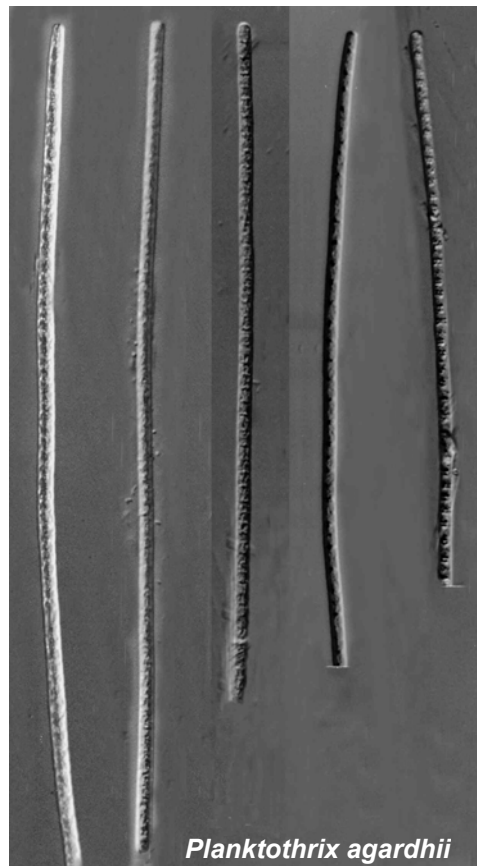
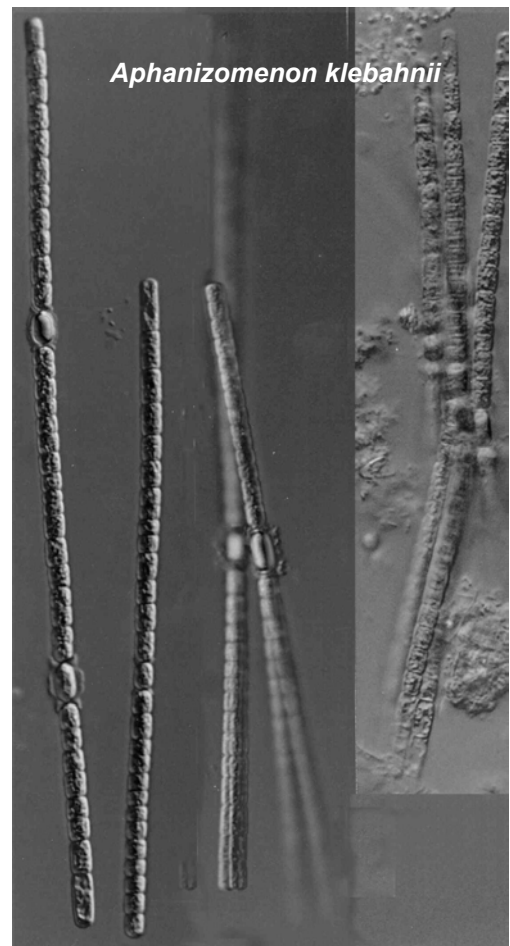
Akineter dannes under dårlige vækstforhold, for eksempel under afslutningen af en opblomstring. De kan overleve på sø- og havbunden, indtil der igen er gunstige vækstbetingelser og dermed være med til at starte en ny opblomstring.

Heterocyter er celler, der kan binde frit kvælstof (N_2). Arter med heterocyter adskiller sig derfor fra alle øvrige alger ved have to kvælstofnæringskilder: de opløste kvælstofsalte (som andre alger) og den store mængde frit kvælstofgas (N_2), der findes i fersk- og havvand. Det giver denne type blågrønalger en konkurrencemæssig fordel, som nogle har tolket som årsagen til blågrønalgerens succes. De arter, der danner opblomstring, findes imidlertid inden for alle morfologiske typer; kolonier og tråde, med og uden heterocyter.

Mange blågrønalger har luftfyldte hulrum i cellerne, så de kan regulere deres vægtfylde. Hulrummene kaldes aerotoper og ligner i mikroskop små sorte korn. På grund af aerotoperne kan planktoniske arter i stille vejr bevæge sig op til vandoverfladen og her danne tætte forekomster i de allerøverste vandlag (Figur 7-2).

De toksinproducerende arter er såvel encellede koloniformende som trådformede. Langt de fleste er planktoniske, men de bundlevende (de bentiske) kan også være giftige.

Beskrivelse og illustrationer af de mest almindelige blågrønalger i danske søer og kystområder findes i Olrik 1997 og Kaas et al. 1999. I Tabel 7-2 er angivet de potentielt giftige blågrønalger, der er kendt fra danske søer og kystvande.



Figur 7-3. Eksempler på hyppigt forekommende blågrønner i havet (*Nodularia*) og danske søer (resten). Foto Kirsten Orlrik (MBL).

I havet domineres opblomstringerne af *Nodularia spumigena* og/eller *Aphanizomenon* sp. En tredje art tilhørende *Anabaena* er også almindelig men optræder sjældent i stort tal. Det er kun hos *N. spumigena*, der er påvist toksiner.

Blågrøn-algebelægninger på søbredder og havkyster udgør specielt en sundhedsrisiko, som har medført dødsfald hos dyr og givet kraftigt udslæt hos mennesker. Belægningerne er især kritiske, hvis de giftige alger opslemmes i vandet, når det blæser kraftigt, eller når dyr og mennesker træder rundt i algebelægningerne. Også døende algebelægninger udgør en risiko, fordi algecellerne lækker toksiner ud i vandet, så koncentrationerne bliver kritiske. Hunde og kvæg er særligt udsatte, fordi de ynder at slikke på belægningerne, hvorved de risikerer at indtage dødelige mængder toksin. Fra Danmark kendes et eksempel, hvor en hund døde mindre end 1 time efter at have drukket søvand med stærkt nervetoksiske blågrøn-alger, der stammede fra mætter på bunden. Dødsårsagen blev først fundet efter obduktion af hunden, da søen normalt var klarvandet, og blågrøn-alger derfor ikke blev anset for en mulig kilde.

Tabel 7-2. Potentielt giftige blågrøn-algeslægter/arter i plankton i danske søer og kystområder.

Det er angivet, hvilke toksintyper og toksiner slægterne kan producere. Alle toksiner med undtagelse af cylindrospermopsin er påvist i danske vandmiljøer (forekomsten af cylindrospermopsin er ikke undersøgt). Kendskabet til toksinprofiler hos danske stammer af potentielt toksiske arter er endnu begrænset.

Slægter	Almindelige arter	Toksintyper	Toksiner
Søer			
<i>Anabaena</i>	<i>A. flos-aquae</i> , <i>A. spiroides</i> , <i>A. circinalis</i> , <i>A. lemmermannii</i>	Levertoksiner Nervetoksiner	Microcystiner Anatoxin-a Homotoxin-a Anatoxin-a(s) Saxitoksiner
<i>Aphanizomenon</i>	<i>A. flos-aquae</i>	Levertoksiner Nervetoksiner	Cylindrospermopsin Saxitoksiner
<i>Microcystis</i>	<i>M. aeruginosa</i> , <i>M. botrys</i> , <i>M. viridis</i>	Levertoksiner	Microcystiner
<i>Planktothrix</i>	<i>P. agardhii</i>	Levertoksiner Nervetoksiner	Microcystiner Anatoxin-a
Kystvand			
<i>Nodularia</i>	<i>N. spumigena</i>	Levertoksiner	Nodularin

7.3.2 Cyanotoksiner

Blågrøn-algernes toksiner kaldes under ét cyanotoksiner. Denne betegnelse dækker over en lang række kemisk ubeslægtede toksiner med vidt forskellige effekter. Baseret på deres primære effekt på mennesker karakteriseres cyanotoksinerne som angivet i Tabel 7-3.

Toksinerne findes indeni algecellerne, så længe disse er friske og i vækst. Først når cellerne holder op med at vokse og i sidste ende dør, lækker toksinerne ud i det omgivende vand. Toksinerne lækker også, hvis friske celler bliver mast under våddragter og badetøj.

I starten af en opblomstring er den største risiko således forbundet med cellerne, mens der senere kan forekomme høje koncentrationer af toksin opløst i vandet og i skum.

Tabel 7-3. Opdeling af cyanotoksiner

Toksintype	Toksin	Primære angreb på mennesker
Levertoksiner	Microcystiner Nodularin Cylindrospermopsin	Angriber primært leveren samt generelt indre epiteler
Nervetoksiner	Anatoxin-a Homoanatoxin-a Anatoxin-a(s), Saxitoksiner	Angriber nervesynapser Angriber nerveaxoner
Dermatotoksiner	Aplysiatoxin med flere	Irriterer huden
LPS-toksiner	Arts- og slægtspecifikke endotoksiner	Irriterer alle epiteler

Symptomer som følge af kontakt med blågrønalger er angivet i kapitel 1.

Levertoksinerne microcystiner og nodularin er de mest udbredte. Microcystiner er meget almindelige i danske søer med blågrønalgopblomstringer (Boks 7-7). De produceres af mange forskellige arter (Tabel 7-2), og store forekomster af disse arter indikerer høje toksinkoncentrationer (Boks 7-6, se også afsnit om grænseværdier).

Det samme gælder for *Nodularia*/nodularin; jo større forekomst af *Nodularia spumigena*, jo højere koncentrationen af nodularin. Cylindrospermopsin er først for nyligt fundet i Europa og er endnu ikke konstateret i danske søer.

Boks 7-6. Indikation af mængden af toksin

Høje koncentrationer af microcystin-producerende arter er en god indikation på at koncentrationen af microcystin er høj. Man skal dog være opmærksom på,

- at toksinkoncentrationen pr celle varierer arterne imellem; en opblomstring af *Planktothrix agardhii* giver højere microcystinkoncentrationer end én af *Microcystis aeruginosa*.
- at den enkelte arts toksinkoncentrationen pr celle kan variere; variationens størrelse er usikker og afhænger af arten.
- at bioassay hyppigt viser en højere toksicitet end forventet ud fra toksinsammensætning. Det kan skyldes synergieffekter, mangelfuld toksinidentifikation og ukendte toksiner.
- at arter der producerer mere potente toksiner (nervetoksiner) kan udgøre en større risiko selvom de findes i mindre antal

Nervetoksiner er kun observeret i et mindre antal danske søer (Boks 7-7). Mest markant er anatoxin-a(s), der har medført fugledød i Knud Sø. Toksinet produceres af *Anabaena lemmermannii*, men arten kan ikke bruges som indikator, da opblomstringer i andre søer ikke indeholder anatoxin-a(s).

Kilden til saxitoxin-forekomsterne i danske søer er ukendt. Så vidt vides optræder toksinerne ikke i høje koncentrationer, og de producerende arter skal derfor findes blandt de arter der (normalt) ikke danner opblomstring.

Anatoxin-a og homoanatoxin-a er ikke fundet i Danmark, men er kendt fra vores nabolande (se nedenfor).

En grov retningslinje for toksinernes relative toksicitet kan udledes fra LD_{50}^7 hos mus, hvor toksinerne er sprøjtet direkte ind i blodbanen. I følge $LD_{50i.p.}$ er saxitoxin og anatoxin-a(s) henholdsvis omkring fire og omkring to gange mere toksiske end microcystin-LR (MC-LR). Toksiciteten af anatoxin-a er mindre end MC-LRs (ca. en femtedel) og de øvrige microcystiner er lige så eller mindre toksiske end MC-LR.

Tilstedeværelsen af dermatotoksiner og LPS-toksiner i Danmark er ikke undersøgt. Risikoen for dermatotoksiner må som udgangspunkt anses for lille, da der ikke er observeret tilfælde (symptomerne er kraftige udslæt). LPS-toksiner antages derimod for almindeligt udbredte. De er feberfremkaldende og mistænkes for at være årsag til hud og luftvejsgener.

En oversigt over toksinerne er givet i Bilag A. De danske arter, der typisk producerer toksinerne, fremgår af Tabel 7-2). For mere information henvises til Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr 435 (Kaas et al. 1998) og WHO's bog om cyanobakterier (WHO, Chorus og Bartram 1999).

Opblomstringer kan være levertoksiske og nervetoksiske på samme tid (Boks 7-7), ligesom der sandsynligvis ofte er LPS-toksiner til stede. Det skyldes hyppigst, at algesamfundet omfatter flere toksiske arter, der producerer hver sin toksintype. I enkelte tilfælde er forklaringen, at den dominerende art producerer flere forskellige toksintyper.

Boks 7-7. Screening for cyanotoksiner i danske søer

96 danske søer med forskellige koncentrationer af blågrønalger blev i 1994-1995 undersøgt for toksicitet ved brug af musetest underbygget med HPLC-analyser for microcystiner, anatoxin-a og saxitoxiner.

93% af søerne (=89) gav toksisk reaktion: 59 levertoksisk, 14 nervetoksisk og 21 anden type toksicitet. 13% af søerne viste flere typer af toksicitet.

De levertoksiske søer indeholdt alle microcystin.

I søerne med nervetoksisk respons blev der i 11 påvist saxitoxiner. Saxitoxiner forbindes normalt med skaldyrsforgiftning forårsaget af furealger, men i midten af 1980'erne blev det første gang vist, at blågrønalger også producerer disse meget potente toksiner (Mahmood og Carmichael 1986).

I de 3 resterende skyldes den nervetoksiske reaktion anatoxin-a(s). Der blev ikke påvist Anatoxin-a i nogen søer.

Ved analyser af blågrønalgopblomstringer i danske kystvande er det karakteristisk at der påvises nodularin i alle prøver, hvor *N. spumigena* findes i større antal (opblomstringer i 1995, 1997 og 1999). Det er i overensstemmelse med finske og svenske erfaringer.

Kilder: Henriksen og Moestrup 1997, Henriksen et al. 1997, Kaas et al 1998, Kaas og Henriksen 2000.

⁷ Den dosis som slår 50% af en testpopulation ihjel. $LD_{50i.p.}$ i.p. = ved intraperitoneal injektion. Se også note 9.

7.3.3 Risikovurdering

Med den foreliggende viden om cyanotoksinerne er det ikke muligt at gennemføre autoriserede analyser af sundhedsrisici ved badning. Dertil kræves bedre kendskab til toksinerne samt toksikologiske og epidemiologiske undersøgelser.

Erfaringer fra bakterielle undersøgelser viser, at det generelt er meget vanskeligt at påvise entydige sammenhænge mellem badning i "forurennet" vand og infektionssygdomme. Da der er tale om et kompleks samspil (flere forskellige toksiner i forskellige mængder og med forskellige effekter), vil en samlet analyse af risici under alle omstændigheder kræve en kombination af den tilgængelige viden.

Observerede effekter af blågrønalger i badevand (Boks 1-1) dokumenterer, at masseforekomst af blågrønalger - hvor vandet er misfarvet - udgør en sundhedsmæssig risiko. Risikoen kan ikke kvantificeres og afhænger af den badendes følsomhed, varigheden af kontakt med algerne og koncentrationen af alger. Symptomerne forsvinder i løbet af timer - få døgn.

Den største sundhedsmæssige risiko er forbundet med indtagelse af vand. Cyanotoksiner i drikkevand har medført leverskader, dødsfald og øget cancerforekomst (WHO, Chorus og Bartram 1999). Da badende kun i ekstreme tilfælde indtager sammenlignelige mængder vand, og der i tråd hermed ikke er rapporter om tilsvarende tilfælde i forbindelse med badning, vurderes risikoen for alvorlige effekter, herunder kroniske og dødelige, for minimal. Risikoen må dog ikke ignoreres, da indtaget ved badning i tætte algeforekomster kan overstige den af WHO fastlagte grænse for microcystin i drikkevand.

Et særligt problem i forbindelse med en risikovurdering er, at toksinerne potentielt kan findes i vandet, i udtørret skum og akkumuleret i dyr lang tid efter, at algerne er forsvundet; i vandet fra få timer til uger og i tørret skum og dyr fra uger til måneder. Som tommelfingerregel siger man, at koncentrationen af opløste toksiner svarer til 10% af, hvad der findes i cellerne. I situationer, hvor algerne er under nedbrydning eller mases i stykker samt i skum, kan koncentrationer være betydeligt højere.

Nedbrydningen i vand afhænger af mange faktorer som toksinets kemi, lys, temperatur, mængden af nedbrydningsbakterier og mængden af organisk stof. Generelt gælder det, at lys og algepigmenter fremmer nedbrydningen af anatoxiner og levertoksiner. Som tommelfingerregel drejer det sig for anatoxiner om timer og for levertoksinerne om dage til 1-2 uger. Halveringstiden for sidstnævnte er ca 1 dag. Dette sammenholdt med, at strøm og opblanding ofte sørger for hurtig fortynding af toksinerne, sikrer, at toksinerne normalt forsvinder hurtigt, efter at de er lækket til vandet.

Steder, der udgør en særlig risiko, er stillestående vand samt vand i kontakt med frisk eller tørret skum. I stillestående vand kan døende opblomstringer give høje koncentrationer under nedbrydningen og lige efter, at algerne er forsvundet.

Nedbrydningshastigheder for saxitoxin i naturlige miljøer kendes ikke. Et problem ved saxitoxiner er, at nedbrydningsprodukterne i flere tilfælde er mere giftige end det oprindelige toksin.

7.3.4 WHO's grænseværdier

WHO giver anbefalinger til grænseværdier for microcystiner i drikkevand og i badevand (WHO, Chorus og Bartram 1999). De samme værdier kan anvendes for nodularin, hvis toksicitet er identisk med microcystin-LR (MC-LR).

For de øvrige cyanotoksiner og andre algetoksiner er det toksikologiske grundlag for spinkelt til at definere grænseværdier.

WHOs grænseværdi for drikkevand er 1 µg MC-LR pr liter. Værdien bygger på toksikologiske undersøgelser af mus og grise (som anses for tæt beslægtede med mennesker i denne sammenhæng). Den er beregnet med henblik på at beskytte mennesker, der indtager toksiner dagligt over en længere periode.

Da de øvrige microcystiner har lavere toksicitet end MC-LR, skulle man i princippet omregne de enkelte toksiner toksicitet til MC-LR ekvivalenter. Da det er forbundet med praktiske problemer (f.eks. usikkerhed om omregningsfaktorer for enzymassays), bruges i praksis en konservativ tilgang, hvor toksiciteten af alle microcystiner sættes lig med MC-LRs.

For badevand har WHO defineret 3 risikogrupper for blågrønalg i badevand. De er udarbejdet på baggrund af eksisterende litteratur om såvel effekter ved indtagelse af vand som effekter ved kontakt. Da microcystinproducerende blågrønalg er de mest udbredte i badevand og samtidig de bedst undersøgte, er retningslinierne primært rettet mod forekomster af denne gruppe. Specifikt tager de udgangspunkt i drikkevandsgrænseværdien for microcystin og en antagelse om, at en gennemsnitssvømmer indtager imellem 100-200 ml vand under svømning. WHOs tre alarmniveauer er beskrevet nedenfor:

1. Lille sundhedsrisiko

Ved blågrønalgætæthed på ca. 20.000 blågrønalgeceller pr ml - svarende til et blågrønalgedomineret algesamfund med et klorofylniveau på ca. 10 µg chl *a* pr liter - er der risiko for korttidsgener, som f.eks. hudirritation, kvalme, opkast, og hovedpine. Risikoniveauet er fastlagt ud fra et australsk epidemiologisk studie. Ved blågrønalgætæthed af denne størrelsesorden er der konstateret microcystinkoncentrationer på 2-4 µg pr liter og i enkelte tilfælde helt op til 10 µg pr liter.

2. Moderat til forhøjet sundhedsrisiko

Med stigende blågrønalgætæthed øges risikoen for sundhedsskader. Ved tætheder på 100.000 blågrønalgeceller pr ml - svarende til et blågrønalgedomineret algesamfund med et klorofyl niveau på ca. 50 µg chl *a* pr liter - er der ud over korttidsgener risiko længerevarende ildebefindende. Risikoniveauet er fastlagt ud fra grænseværdien for drikkevand. Ved en *Microcystis*-opblomstring af denne tæthed vil toksinkoncentrationen ofte ligge på ca. 20 µg microcystin pr liter, men den kan nå op på 50 µg microcystin pr liter. Er *Planktothrix agardhii* den dominerende alge, er der risiko for dobbelt så høje microcystin-koncentrationer. Der er således tale om niveauer, der for en gennemsnitssvømmer svarer til samme eller højere niveauer end den anbefalede grænseværdi for drikkevand. For børn, der vejer mindre og sandsynligvis sluger mere vand, er der tale om niveauer på 10 gange TDI⁸. Ved hyppige svømmeture i vand med disse tætheder er der risiko for kroniske

⁸ TDI = tolerable daily intake. Se Bilag A under Microcystiner.

lidelser i form af levercancer og nerveskader. Dertil kommer, at vindstuvning kan øge algetæthed og toksinkoncentration med op til en faktor 1000, og der er stor risiko for skumdannelse langs bredderne af badestrandene.

3. Stor sundhedsrisiko

Ved kraftig skumdannelse eller blågrønalgedominerede algesamfund med klorofyl niveauer $>150 \mu\text{g chl } a \text{ pr liter}$, er der risiko for alvorlige sundhedsskader og akutte forgiftninger. Skum kan indeholde toksinkoncentrationer, der er tusinder-millioner gange større end vand med algeceller. Det er målt koncentrationer på op til 24 mg microcystin pr. liter. Beregnet på basis af en LD_{50} på 5.000-11.600 $\mu\text{g pr kg}$ mus ved oral dosering, vil en dosis på 2 mg microcystin give leverskader hos et barn på 10 kg. Der er ikke rapporteret om dødsfald hos mennesker, som entydigt kan relateres til indtagelse af skum, men talrige dyr er døde efter at have drukket vand med blågrønalgeskum.

Generelt

Afhængigt af ens kendskab til en given lokalitet og til opblomstringerne kan retningslinierne modificeres. Hvis potentielt toksiske arter altid udgør en mindre andel af den samlede blågrønalgebiomasse, kan der accepteres større koncentrationer af alger osv. Hvis der er tale om nervetoksiner, som er mere potente end microcystiner, bør grænseværdierne være lavere.

Generelt anbefales det, at der på basis af viden om sædvanlige algesammensætning og klorofylniveauer defineres "grænseværdier" der er tilpasset til det lokale område. Grænseværdierne kan omfatte giftige såvel som ugiftige forekomster og bygge på cellekoncentrationer eller klorofylværdier. Ovennævnte grænseværdier kan bruges som udgangspunkt.

7.4 Andre giftige alger - opblomstringer i havet

Giftige alger fra andre algegrupper end blågrønalgerne findes normalt kun i havet. De udgør ikke et problem for badevandskvaliteten, da de meget sjældent optræder i høje koncentrationer herhjemme.

Algerne opdeles i 3 grupper, hvoraf den gruppe, der producerer skaldyrtoksiner, udgør en sundhedsrisiko for mennesker, der spiser muslinger, hvori toksinerne er koncentreret.

7.4.1 Arterne

Skaldyrsforgiftninger skyldes i de fleste tilfælde furealger, men enkelte kiselalger producerer også skaldyrstoksiner. I Danmark er de mest almindelige producenter af skaldyrstoksiner furealgeslægterne *Dinophysis* og *Alexandrium*. Blandt kiselalgerne er toksinproduktion især forbundet med slægten *Pseudo-Nitzschia*, som også optræder i danske farvande.

Giftstofferne hos de fisketoksinproducerende arter er meget dårligt undersøgt, og der opdages løbende nye toksiner og nye arter med toksiner. I danske farvande danner den fisketoksiske furealge *Gymnodinium mikimotoi* regelmæssigt opblomstringer, mens opblomstringer af raphidophyceer og stiklalger er mindre almindelige. En art af raphidophyceer har et par gange indenfor de seneste år dannet opblomstring langs Jyllands vestkyst. Udenlandske undersøgelser har vist, at de kan producere nervetoksiner med

deraf følgende potentiel risiko for mennesker. Deres forekomst er dog aldrig forbundet med forgiftninger af mennesker.

Nogle arter producerer irriterende stoffer, som ikke kan karakteriseres som toksiske. De bedst kendte eksempler er *Phaeocystis* og *Noctiluca*. Der er ikke konstateret effekter på mennesker i Danmark. Fra ferskvand er der endvidere eksempler på hudgener på grund af de høje pH-værdier, som kan findes i tætte algeforekomster.

Som nævnt er effekterne af andre giftige alger i badevand ikke belyst i detaljer. I forbindelse med opblomstringer må situationen vurderes individuelt ud fra artssammensætning, tilstedeværelsen af toksiner, observerede tegn på giftvirkninger, kendt risiko etc. Tabel 7-5 giver en oversigt over arter, der har dannet masseopblomstring i danske kystområder med anmærkning om deres eventuelle giftvirkninger. I øvrigt henvises til litteraturlisten for nærmere information.

Tabel 7-4. Typer af andre giftige alger

Toksingruppe	Produceres af:	Toksiner/Effekt
Skaldyrstoksiner	Furealger og i sjældne tilfælde kiselalger	Diarré- og Amnesi-fremkaldende toksiner (DSP and ASP) Nervetoksiner (PSP) Lette til alvorlige sygdomstilfælde; for PSP i værste fald dødelig
Fisketoksiner	Hovedsageligt stilkalger og raphidophyceer samt enkelte furealger	Heterogen gruppe, hvoraf mange ikke er karakteriseret Ingen alvorlige effekter på mennesker; enkelte tilfælde af hudirritation
Irritantium	Bedst kendt hos stilkalger og furealger	Bl.a. alkylsyre og ammonium Ingen alvorlige effekter på mennesker; enkelte tilfælde af hudirritation

7.4.2 Toksinerne

Skaldyrstoksiner

Skaldyrstoksiner har navn efter, hvilken type forgiftning de fremkalder. I danske muslinger er der påvist paralysefremkaldende skaldyrstoksiner (PST) og diarréfremkaldende skaldyrstoksiner (DST). Derudover er der en enkelt gang fundet amnesifremkaldende skaldyrstoksiner (AST). Hver toksingruppe består af en række toksiner, der har indbyrdes relaterede forbindelser, der kan omdannes til hinanden. PSTerne er identiske med saxitoksinerne hos blågrønalgerne og er nærmere omtalt i Bilag A. DST og AST er polyætere, men med vidt forskellig struktur og effekter. DSTernes toksikologiske egenskaber har stor lighed med microcystiner, idet de også hæmmer phosphatase 1 og 2A. En fjerde type skaldyrstoksiner, nervetoksiske skaldyrstoksiner (NST), der ligeledes er polyætere, er ikke påvist i Danmark. Det er karakteristisk, at den enkelte algeart kun producerer én type skaldyrstoksiner.

Fisketoksiner

Fisketoksiner forekommer primært i brak- og havvand. Der er tale om en kompleks og meget dårligt undersøgt gruppe kemiske forbindelser, som ikke er indbyrdes relateret. De mest almindelige forbindelser menes at være galactolipider, polyætere og superoxid radikaler. De enkelte forbindelsers toksicitet er meget usikker. Enkelte toksiner er identificerede og deres kemiske struktur opklaret. Det gælder for eksempel gymnodimin, der bl.a. produceres af den i danske farvande almindelige *Gymnodinium mikimotoi*, og prymnesin, der produceres af *Prymnesium parvum*, som danner opblomstringer i danske brakvandssøer. De enkelte fisketoksiske arter producerer normalt flere slags toksiner samtidigt.

Tabel 7-5. Generende og potentiel t giftige arter i danske brakvands- og kystområder.

For blågrønalger henvises til Tabel 7-2. Markante effekter i naturen og toksintyper er angivet. PST=paralysefremkaldende skaldyrstoksiner, DST=diarréfremkaldende skaldyrstoksiner, AST=amnesifremkaldende skaldyrstoksiner. Forekomst: + betyder at arten ikke danner opblomstring, ++ at arten enkelte gange har dannet større opblomstringer, +++ at arten med mellemrum danner opblomstring, og ++++ at opblomstringer er årligt tilbagevendende. 1: på grund af kraftig produktion af ammoniak, 2: lange vedhæng irriterer fiskegæller med deraf følgende kraftig slimdannelse, 3: producerer akrylsyre, normalt ikke i niveauer der medfører fiskedød, 4: findes i brakvandssøer. I ferskvand kendes der generelt meget få giftige alger udover blågrønalger. Fiskedød i en dansk sø har været forbundet med opblomstring af en stilkalge (*Chrysochromulina parva*), men denne type alger producerer så vidt vides ikke sundhedsfarlige toksiner.

Gruppe	Slægt/Art	Forekomst (Farve)	Markante effekter i Danmark	Toksiner
Furealger	<i>Alexandrium tamarense</i> , <i>A. ostenfeldii</i>	+	Giftige muslinger	PST
	<i>Amphidinium carterae</i>	+		Ukendt
	<i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>D. norvegica</i> , <i>D. rotundata</i>	++	Giftige muslinger	DST
		+		
	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	++ brun-grøn ++++ brun	Ingen Døde fisk og bunddyr	Ingen Fisketoksiner (gymnodimin)
	<i>G. galatheanum</i>	+	Døde fisk	Fisketoksiner
	<i>Noctiluca scintillans</i> <i>Prorocentrum minimum</i>	++++ rød ++++ rødbrun	Sjældent døde fisk1 Ingen	Ingen Usikkert
Kiselalger	<i>Chaetoceros</i>	++++ brun	Sjældent døde fisk2	Ingen
	<i>Coscinodiscus</i>	++++ brun	Kraftigt slim	Ingen
	<i>Pseudo-Nitzschia delicatissima</i> , <i>multiseries</i> , <i>pseudodelicatissima</i> , <i>pungens</i> , <i>seriata</i>	++ brun	Ingen i DK	AST
	<i>Skeletonema costatum</i>	++++ brun	Ingen	Ingen
Haptofytter	<i>Chrysochromulina polylepis</i> , <i>C. leadbeateri</i>	++ brun	Døde fisk	Fisketoksiner
	<i>Phaeocystis globosa</i>	+++ brun	Skum, til tider døde fisk3	Ingen
	<i>Prymnesium parvum</i> 4	+++ brun	Døde fisk	Fisketoksiner (prymnesin)
Raphidophyceer	<i>Heterosigma akashiwo</i>	++ brun	Døde fisk	Fisketoksiner
	<i>Chattonella sp.</i>	++ brun	Døde fisk	Fisketoksiner

Cyanotoksiner

Karakteristik af cyanotoksiner, der potentielt kan forekomme i danske vandmiljøer.

Levertoksiner

Microcystiner (MC) og Nodularin:

Kemi

Vandopløselige cycliske peptider. Kemisk meget stabile.

Microcystiner: Der er beskrevet over 50 derivater. Hver art producerer 1-flere, men aldrig alle derivater.

Nodulariner: Nodularin er den altdominerende forbindelse. Toksiske isomerer findes kun i lave koncentrationer.

Toksikologi

Ved indtag: Levertoksiner angriber hos mennesker specielt lever- og tarmceller, men giver også skader på lunger, nyrer, milt. Microcystiner kan ved indånding ødelægge næseepitelet. Der er påvist tumorfremmende effekter.

Celleniveau: Toksinerne kommer ind i cellerne via transportsystemerne. I cellerne binder de sig stærkt til og hæmmer dermed phosphatase 1 og 2A. Derved nedbrydes cellerne.

Kroniskeffekter: Toksinerne har kumulativ effekt, dvs længere eksponering med lave koncentrationer giver lever- og andre organskader.

Toksicitet. Microcystin-derivaterne har varierende toksicitet. Microcystin-LR (MC-LR) er det mest toksiske med en LD₅₀ (note 1) på ca 50 µg pr kg legemsvægt. De øvrige microcystiner har LD₅₀ fra 50 - >2000 µg pr kg legemsvægt. Toksiciteten ved oral indtagelse er 50-200 gange mindre (LD₅₀ 50-200 gange større). Nodularins toksicitet svarer til MC-LR.

TDI (note 2): WHO anbefaler en grænseværdi for indtagelse på 0,04 µg MC-LR pr kg legemsvægt svarende til 1 µg pr liter drikkevand. Grænseværdien anvendes for alle microcystiner. Da MC-LR er et af de mest potente microcystiner, giver det en "worst case" grænseværdi. Grænseværdien for drikkevand er baseret på en voksen legemsvægt på 60 kg og en gennemsnit indtag på 2 liter pr dag. Det forudsættes, at 80 % af TDI indtages via drikkevand.

Nervetoksiner

Anatoxin-a og det homologe Homoanatoxin-a

Kemi

Lavmolekylære alkaloider

Toksikologi

Ved indtag/celleniveau: Anatoxin-a og homoanatoxin-a angriber nervesynapser ved at imitere transmitterstoffet acetylcholin, men da de ikke nedbrydes, er stimuleringen vedvarende. De giver ikke kroniske eller carcinogene effekter.

¹ LD₅₀ er angivet som µg pr kg legemsvægt ved intraperitoneal injektion (langt de fleste forsøg er udført ved intraperitoneal injektion). Toksicitet ved oral indtagelse er mindre med deraf følgende højere LD₅₀.

² TDI = tolerable daily intake, dvs den dosis som et menneske kan tåle at indtage pr. dag ved et livlangt dagligt indtag. TDI er diskutabel fordi den bygger på få data, men disse anses for meget pålidelige og WHO's værdi er generelt accepteret som grundlag for op sætning af retningslinier. Se også note 7.

Toksicitet: LD₅₀ er 200-250 µg pr kg legemsvægt. Toksiciteten ved oral indtagelse er ca 20 gange mindre.

TDI: Der findes ikke nok data til at beregne TDI.

Anatoxin-a(s)

Kemi:

Lavmolekylær alkaloid (et organophosphat)

Toksikologi:

Ved indtag/celleniveau: Anatoxin-a(s) angriber nervesynapser ved at blokere acetylcholinesterase aktiviteten. Det er ikke undersøgt, om toksinet har kroniske eller carcinogene effekter.

Toksicitet: LD₅₀ er 20 µg pr kg legemsvægt. Der er ikke udført forsøg med oral indtagelse.

TDI: Der findes ikke tilstrækkelig data til at beregne TDI.

Saxitoksiner

Kemi:

Alkaloider, der omfatter tre grupper: STXs, GTXs og C-toksiner. I alt er der beskrevet 18 forskellige saxitoksiner. Forbindelsernes toksicitet varierer. Toksinerne kan til en vis grad omdannes til hinanden. Det sker dog normalt kun i døende celler og i dyr der har akkumuleret toksinerne.

Hver algeart indeholder (en-) flere toksiner men aldrig alle, og artens toksicitet afhænger af sammensætning og mængde. Mængdeforholdene varierer, så arternes toksicitet ændrer sig.

Toksikologi:

Ved indtag/celleniveau: Saxitoksinerne angriber nerveaxonmembraner ved at blokere Na⁺-kanalen. Det er ukendt om toksinerne har kroniske eller carcinogene effekter.

Toksicitet: LD₅₀ er 10-600 µg pr kg legemsvægt med stor variation mellem toksinerne.

Toksicitet ved oral indtagelse 10-50 gange mindre.

TDI: Der er ingen anbefalet TDI i forbindelse med drikke- og badevand. For fødevarer bruges internationalt en grænseværdi på 80 µg STX-equivalenter pr 100 g muslingekød.

Dermatoksiner

Denne gruppe omfatter aplysiatoxin og debromoaplysiatoxin samt det kemisk anderledes lyngbyatoxin-a. Kendskabet til toksinerne er meget begrænset.

Aplysiaotoxinerne aktivierer proteinkinase C og alle 3 toksiner fremmer hudcancer.

Aplysiatoxin og lyngbyatoxin-a har nogenlunde samme toksicitet og er lethale for mus i koncentrationer på 300 µg pr kg legemsvægt.

LPS-toksiner

Lipopolysaccharider (LPS) er en naturlig komponent i gram negative bakteriers cellevæg og dermed også i blågrønalgers (=cyanobakterier).

Kemisk omfatter LPS en stor gruppe af varianter med forskellige toksicitet. De enkelte fylogenetiske grupper (f.eks. slægter og arter) har specifikke opbygninger og kombinationer af LPS.

LPS er feberfremkaldende endotoksiner. De få undersøgelser der eksisterer indikerer at blågrønalgerne LPS-toksiner er mindre potente end andre sygdomsfremkaldende bakteriers som for eksempel Salmonella. Der er mistanke om, at LPS-toksinerne er årsagen til flere af de sygdomssymptomer der observeres som følge af kontakt med blågrønalger.

Musetest

Der er ikke vedtaget en international standard for musetest af potentielle humantoksiske effekter af cyanotoksiner. På basis af den eksisterende standard for musetest af algetoksiner i fødevarer og erfaringer mht. cyanotoksiner har WHO imidlertid opstillet retningslinier for musetest.

Normalt bruges 3 hankøn mus af stammen Swiss Albino.

Toksiciteten testes ved intraperitoneal indsprøjtning (i.p.) af 0,1-1,0 ml knuste (lyserede) algeceller. Cellerne knuses med ultralyd eller ved at fryse-optø materialet 3 gange. Frysetørret materialet kan også bruges. Prøven suspenderes i vand. Hvis der skal injiceres mere end 0,5 ml skal det være fysiologisk saltvand.

Musene observeres i 24 timer og slås derefter ihjel (efter sædvanlige godkendte metode). Observationsperioden kan udvides ved svage reaktioner. Hvis der er tale om giftstoffet cylindrospermopsin skal observationperioden være 7 dage. Cylindrospermopsin er endnu ikke fundet i Danmark, men blågrønalger der producerer toksinet er observeret flere steder i Europa gennem de seneste år. Der er således en potentiel risiko omend den anses for lille.

Efter observationsperioden kan der undersøges post-mortem for organskader, specielt på lever og nyrer.

Overordnet giver testen alene oplysning om der er toksiske stoffer tilstede i prøven eller ej.

På grundlag af musenes reaktioner og eventuelle skader på organer kan det med stor sandsynlighed bestemmes hvilken hovedtype af toksin, der er tilstede i prøve (levertoksin, nervetoksin, anatoxin-a(s), andre toksiner). Man skal være opmærksom på, at det hurtigst virkende toksin kan kamuflere reaktionen på andre toksiner.

WHO giver et forslag til angivelse af toksicitetsgraden baseret på den mængde algetørstof der skal til at slå 50% af musene i hjel (LD_{50}) iflg. Lawton et al (1994):

Meget toksisk	$LD_{50} < 100$ mg tørstof pr kg mus
Medium toksicitet	LD_{50} 100-500 mg pr kg mus
Lav-toksisk	LD_{50} 500-1000 mg pr kg mus
Ikke-toksisk	$LD_{50} > 1000$ mg pr kg mus

I nogle lande skal LD_{50} være >2000 mg før prøven anses for at være ikke-toksisk.

Litteraturliste

Dansk litteratur, der giver yderligere information:

- Christoffersen K. og Olrik K. (1996). Giftige alger i Esrum Sø. *Vand og Jord* 3: 21-33.
- Christoffersen K. (2000). Er blågrønaler et problem i danske søer? *Vand og Jord* 7(3): 104-108.
- Damsø L., Worm J., Henriksen P. og Moestrup Ø. (1994). Giftige blågrønaler i Danmark. *Vand & Jord* 5: 195-198.
- Garde K., Kaas H., Ditlevsen G.H. og Larsen G. (2001). Giftige blågrønaler i danske farvande. *Vand & Jord* 8(2): 70-74.
- Kaas H. (1998). Algeopblomstringer, skadelige og giftige alger - Faktuel fra Miljø- & Energiministeriet nr. 12.
- Kaas H., Jensen J.P., Henriksen P. og Damsø L. (1998). Blågrønalg toksiner i bade- og drikkevand. Miljø- og Energiministeriet.
- Kaas H., Moestrup Ø., Larsen J. & Henriksen P. (1999). Giftige alger og planktonalgeopblomstringer. TEMArapport fra DMU nr. 27/1999, 64 s.
- Olrik K. (1993). Planteplankton - økologi. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 243, 166 s.
- Olrik K. (1997). Danmarks Planteplankton. Gads Forlag, 108 s.
- Sørensen O. og Christoffersen K. (1996). Algetoksiner i danske søer. *Vand og Jord* 3: 17-20.

Engelsksproget litteratur:

- Chorus, I. (ed., 2001). Cyanotoxins – occurrence, cause, consequences. Springer, Berlin.
- Christoffersen K. (1996). Ecological implication of cyanobacterial toxins in aquatic food webs. *Phycologia* (Suppl.) 35(6): 42-50.
- Kaas H & Henriksen P (2000). Saxitoxins (PSP toxins) in Danish Lakes. *Wat. Res.* 34: 2089-2097.
- Henriksen P. (1996). Microcystin profiles and contents in Danish populations of cyanobacteria/blue-green algae as determined by HPLC. *Phycologia* (Suppl.) 35(6): 102-110.
- Henriksen P. , Carmichael W.W., An J. & Moestrup Ø. (1997). Detection of an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in natural blooms and cultures of cyanobacteria/blue-green algae from Danish lakes and stomach content of poisoned birds. *Toxicon* 35: 901-913.
- Pilotto L.S., Douglas R.M., Burch M.D., Cameron S., Beers M., Rouch G.R., Robinson P., Kirk M., Cowie C.T., Hardiman S., Moore C & Attewell R.G. (1997). Health effects of recreational exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. *Aust. N. Zeal. J. Public Health* 21: 562-566.

Schlüter & Havskum (1997). Phytoplankton pigments in relation to carbon content in phytoplankton communities. Mar. Ecol. Prog. Ser. 155, 55-65.

WHO "Guidelines for safe recreational water environments", Anon. Vol 1: "Coastal and fresh-waters" (EOS/Draft/98.14). Ikke publiceret. Kan findes på internettet:
www.who.int/water_sanitation_health/Recreational_water/eosdraft9814.htm

WHO (1999) "Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management". Chorus I & Bartram J, editors. For WHO by E & FN Spon, London.

Hjemmesider:

Algemeldinger for Østersøen, Algaline
www2.fimr.fi/algaline/

Algermeldinger fra danske farvande
www.dmu.dk/1_om_dmu/2_afdelinger/3_hav/Alger/arkiv_2001.asp

Amternes fælles badevandsside
www.badevand.dk

EU's Badevandsrapport år 2000
<http://europa.eu.int/water/water-bathing/report.html>

EU's nuværende badevandsdirektiv
<http://europa.eu.int/water/water-bathing/directiv.html>

EU nyt badevandsdirektiv:
http://europa.eu.int/water/water-bathing/index_en.html

EU oversigt over dokumenter:
<http://europa.eu.int/water/water-bathing>

Frederiksborg Amt:
www.frederiksborgamt.dk/fs_c2.htm

Miljøstyrelsen om badevand:
www.mst.dk/vand/01000000.htm

Naturinfo:
www.natur.dk

Århus Amt:
www.aaa.dk/nm