



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Afdeling Ecologie
Zuiderwagenplein 2
Postbus 17
8200 AA Lelystad
tel. (0320) 29 84 11
fax (0320) 24 92 18

Internetadressen
www.riza.nl
www.shallowlakes.net/platform-ehm/index.html
www-cyanosite.bio.purdue.edu
www.stowa.nl
www.waterland.net/zwemwater

Tekst
Kirsten Wolfstein, Margriet Roukema (RIZA)

Vormgeving
Meindersma, bureau voor reclame & vormgeving,
Zwolle

© 2002 RIZA



Blauwalgen

Cyanobacteriën

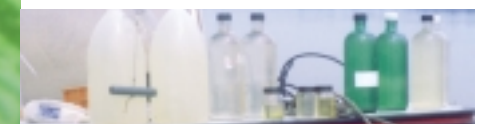


Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling



Drijfslag van cyanobacteriën



Wat doet het RIZA in dit verband en wat niet?

Algen hebben een belangrijke functie in de ecologie van wateren: zij produceren zuurstof, nemen voedingsstoffen (nutriënten) op en dienen als voedsel voor zoöplankton en andere dieren. Algen, en met name blauwalgen, kunnen echter ook overlast veroorzaken. Deze brochure geeft informatie over blauwalgen, de door hen veroorzaakte problemen, hoe deze te signaleren en zo mogelijk zijn op te lossen of te voorkomen.

Het RIZA is een adviesdienst van de Rijkswaterstaat voor het beheer van de zoete wateren. Het RIZA verzamelt gegevens over waterkwaliteit en -kwantiteit (monitoring), onderhoudt nationale en internationale contacten, en ontwikkelt kennis door veld- en laboratoriumonderzoek, theorievorming en modellering. Het RIZA houdt zich al ruim 30 jaar bezig met onderzoek naar de algenproblematiek. Het RIZA is geen waterbeheerder en dus niet verantwoordelijk voor het plaatsen van waarschuwborden of het instellen van zwemverboden bij overlast door 'blauwalgen'. Het RIZA verzorgt wel de informatievoorziening omtrent zwemverboden op teletekst.

Wat zijn 'blauwalgen'?

Microscopische opnamen van verschillende soorten en vormen van cyanobacteriën



Van linksboven tot rechts beneden: Aphanizomenon, kolonie van Microcystis, Spirulina, Merismopedia, Cylindrospermopsis, Nostoc, Lyngbya, Gloeocapsa.

Foto's: RIZA (afdeling IMLB) en Nederlands Instituut voor Ecologisch Onderzoek (CEMO-NIOO)

Algen horen bij het plantenrijk, dat wil zeggen dat zij in staat zijn door middel van fotosynthese met behulp van zonlicht kooldioxide om te zetten in biomassa en zuurstof.

Er zijn macroscopische algen, die al met het blote oog zichtbaar zijn, maar ook microscopisch kleine organismen. Eëncellige organismen of kolonie- en draadvormende soorten, kunnen in de waterkolom zweven (fytoplankton) of ergens op vastzitten (fytobenthos). Benthische algen worden naar de aard van het substraat, waarop zij zitten, epifytisch (op planten), epilithisch (op stenen) of epipelisch (op de bodem) genoemd. Algen zijn in verschillende klassen ingedeeld, b.v. groenalgen, goudalgen, diatomeeën, desmidiaceeën. Hoewel blauwalgen (of blauwwieren) het pigment chlorofyl-a bezitten en in staat zijn tot fotosynthese, horen zij bij het bacteriënrijk omdat hun cellen eenvoudiger zijn opgebouwd dan die van algen. Zij hebben meestal een blauwgroene kleur, maar enkele soorten zijn roodbruin. De wetenschappelijke naam is cyanobacteriën, die is afgeleid van het pigment 'phycocyanine'. In de volksmond wordt nog steeds gesproken over blauwalgen of blauwwieren. In deze brochure hanteren we de naam cyanobacteriën.

Waar komt men cyanobacteriën tegen?

In het dagelijkse leven

Sommige cyanobacteriën worden gebruikt in de cosmetische industrie (pillen, gezichtsmaskers, Thalassotherapie) en in levensmiddelen (stabilisatoren, smaakmaker, proteïneleverancier). Cyanobacteriën zijn populair als vermeende gezondheidsoppepper (*Aphanizomenon*, *Spirulina*).

In de natuur

Cyanobacteriën behoren tot de oudste organismen op aarde (3,5 miljard jaar oud). Zij komen overal ter wereld voor, zowel in het zoete als zoute water en in de bodem. Cyanobacteriën hebben ooit als eerste zuurstof in de atmosfeer gebracht en deze daarmee geschikt gemaakt voor de ontwikkeling van hogere organismen.

Hoe zijn zij in het water te herkennen?

Visueel:

- in het oppervlaktewater (groene soep, blauw schuim, drijfslag, in het water zwevende algenbolletjes)
- microscopische determinatie

Geur:

- stank

Wanneer komt het tot een overmatige groei van cyanobacteriën?



groei van algen. Wanneer de massale groei van algen (of cyanobacteriën) voor rekening komt van een enkele soort, spreekt men van een algenbloe.

Cyanobacteriën komen het hele jaar voor in het water, met doorgaans een piek in de (na)zomer. Sommige soorten overwinteren in een vegetatieve staat door de vorming van sporen en vormen zo een soort 'zaadbank'. In het voorjaar zorgt de kieming van de sporen vanaf het sediment voor de ontwikkeling van een nieuwe populatie. Een juiste combinatie van temperatuur, licht en nutriënten kan leiden tot massale groei. Veel cyanobacteriën vertonen een optimale groei bij temperaturen tussen 20 en 30 °C, stabiele waterkolom en lage lichtintensiteit. Daarom vindt de ontwikkeling van cyanobacteriën of de vorming van drijfslagen vaak plaats vanaf juli. Maxima worden gevonden in augustus en september. Sommige soorten, zoals *Microcystis*, vormen een drijfslag. Dat is een verhoogde concentratie van cellen aan de wateroppervlakte. Een drijfslag kan zich ophopen aan de oevers van meren, op stranden, achter vooroevers en in jachthavens. Het ontstaat doordat cyanobacteriën in staat zijn om bij gunstige weersomstandigheden in de waterkolom te migreren door de aanwezigheid van gasvacuolen in de cellen.

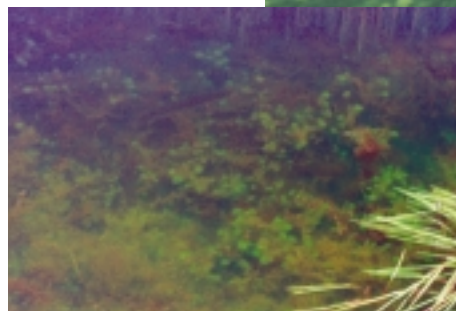
Cyanobacteriën horen bij de natuurlijke soortensamenstelling van algen in het water. Maar: in wateren zonder sterke stroming komen cyanobacteriën in Nederland en in andere landen al vele jaren in te grote hoeveelheden voor. Dat komt omdat er veel nutriënten -met name stikstof en fosfaat- in het water terechtkomen, die door de algen worden opgenomen. Deze nutriënten kunnen afkomstig zijn uit de landbouw of uit industrieel of huishoudelijk afvalwater.

Als er te veel nutriënten in het water zitten, spreekt men van eutrofiëring. Dit kan samen met gunstige (weers)omstandigheden leiden tot sterk verhoogde

Wat zijn de problemen?

Te veel nutriënten in het water kunnen leiden tot een ongebreidelde vermeerdering van fytoplankton en daardoor verandert helder water tot een troebel systeem. Doordat er minder licht beschikbaar is, verdwijnen waterplanten en de algensoortensamenstelling wordt gedomineerd door cyanobacteriën, die minder eetbaar zijn voor zoöplankton. Verder kan de afbraak van de algenpopulatie leiden tot zuurstofloosheid, waardoor vissen en andere waterdieren kunnen sterven. Het water ziet er niet aantrekkelijk uit en veroorzaakt overlast door stank.

Van verschillende cyanobacteriën is bovendien bekend, dat zij giftige stoffen - cyanotoxines - produceren. De productie van toxines kan door doorvergiftiging naar vogels en vissen (biomagnificatie) tot diersterfte leiden. De omstandigheden waaronder die toxines worden gevormd zijn nog onduidelijk.



Helder water



Troebel water



Troebel water

Wat zijn cyanotoxines, hoe werken zij?

Er zijn verschillende soorten toxines bekend. Tot op heden zijn in Nederland alleen microcystines gevonden. Zij zijn qua toxiciteit vergelijkbaar met het gif van een cobra. Neurotoxines (anatoxine, saxitoxine) hebben effecten op het zenuwstelsel met als gevolg duizeligheid, ademhalingsproblemen en krampen. Hepatotoxines (microcystine, nodularine) en cylindrospermopsines kunnen leverschade veroorzaken, maar ook leiden tot misselijkheid, buikpijn, diarree, hoofdpijn en geïrriteerde ogen. Dermatotoxines kunnen blaasjes of vlekken op de huid veroorzaken.

Potentieel toxische cyanobacteriënsoorten en door hen geproduceerde toxines

Soort	Toxine
Anabaena flos-aquae A. circinalis A. lemmermanii A. spiroides	Microcystine Anatoxine
Aphanizomenon sp.	Cylindrospermosine Microcystine
Cylindrospermum sp.	Anatoxine
Cylindrospermopsis raciborskii	Cylindrospermosine Saxitoxine
Gloeotrichia echinulata	Microcystine
Lyngbya sp.	Saxitoxine
Microcystis aeruginosa M. flos-aquae M. wesenberghii	Microcystine
Nodularia spumigena	Nodularine
Nostoc sp.	Microcystine
Oscillatoria limosa	Microcystine
Planktothrix agardhii P. formosa P. mougeotti P. rubescens	Microcystine Anatoxine

Toxines zijn vooral intracellulair aanwezig en worden niet actief uitgescheiden. Zij komen vrij door lekkage van de cellen of als de cyanobacteriën afsterven en de cellen openbreken. Toch worden de toxines opgenomen zonder dat zij de cel verlaten door het inslikken van water of het eten van fytoplankton. Gevolgen van de opname van toxines voor verschillende organismen kunnen zijn:

Zoöplankton en mosselen

Behalve dat met name draadvormige cyanobacteriën (Aphanizomenon, Oscillatoria) minder goed kunnen worden gegeten door zoöplankton, leiden cyanotoxines tot een verminderde filteractiviteit, reproductie en zelfs sterfte, bijvoorbeeld bij waterlooien en driehoeksmosselen.

Vissen

Planktonetende vissoorten accumuleren de toxines door de opname van zoöplankton, met mogelijk gevolg van leverschade en sterfte.

Vogels

Vogels kunnen door opslobben van algenbiomassa en door het foerageren op vis en driehoeksmosselen toxines opnemen.

Zoogdieren

Huisdieren kunnen door het drinken van het oppervlaktewater worden vergiftigd. Gevallen van vergiftiging van rundvee en honden zijn beschreven (Chorus & Bartram 1999).



Gevaar voor mensen

Hoewel uitgebreid epidemiologisch onderzoek naar zwemwater gerelateerde klachten in Nederland ontbreekt, zijn er toch in toenemende mate indicaties van een oorzakelijk verband tussen gezondheidsklachten van recreanten en de aanwezigheid van potentieel toxische cyanobacteriën.

Zwemmers kunnen aan oppervlaktewater dat microtoxines bevat blootstaan door het inslikken van water, of doordat de huid of ogen in contact komen met water. In 2001 heeft de gezondheidsraad in Nederland de advieswaarde van <math><20 \mu\text{g/l}</math> microcystine van de WHO (World Health Organisation) (Chorus & Bartram 1999) overgenomen. Beide organisaties melden dat boven deze concentratie milde klachten kunnen optreden, zoals tijdelijke huiduitslag en maag/darmproblemen. Kleine kinderen zijn kwetsbaarder, omdat zij vaak meer water binnen krijgen dan volwassenen en eerder ziek worden doordat ze door hun lage lichaamsgewicht naar verhouding een hogere blootstelling kennen. Er is nauwelijks een verband tussen aantallen cellen van cyanobacteriën of chlorofylconcentraties en de concentratie microcystine. In wateren met een concentratie van minder dan $10 \mu\text{g/l}$ chlorofyl kan in principe de advieswaarde voor microcystine al worden overschreden. Aanwezigheid van microcystine op verdachte locaties kan dan ook alleen betrouwbaar vastgesteld worden door het meten van microcystine. Hoge gehalten worden vooral gevonden bij soorten die drijfvlagen vormen zoals Microcystis en Anabaena. Microcystines zijn zeer resistente verbindingen, afhankelijk van de omstandigheden duurt de afbraak van toxines enkele dagen tot maanden. In een onderzoek (STOWA 2000) naar de relatie tussen het voorkomen van cyanobacteriën in recreatiewateren en de aanwezigheid van microcystine werd op 48 plaatsen waar cyanobacteriën dominant aanwezig waren het microcystinegehalte bepaald. Bij één op de vijf locaties benaderde en/of overschreed het gehalte de advieswaarde van $20 \mu\text{g/l}$. Onder de 48 locaties varieerde het gehalte van 0,15 tot 147 microgram per liter. Het is te verwachten dat in een tamelijk groot aantal binnenwateren, vooral bij aanwezigheid van drijfvlagen, de gezondheidskundige advieswaarde zal worden overschreden.



Maatregelen en aanbevelingen voor waterbeheerders

Maatregelen die gericht zijn op vermindering van de emissies van nutriënten, hebben invloed op cyanobacteriën. Er is al veel gedaan aan het fosfaat- en mestbeleid in Nederland. Zo zijn de fosfaatemissies sinds 1985 met 63% en de stikstofemissies met 37% gedaald.

Deze maatregelen leiden echter slechts tot beperkte verbeteringen in meren. Uit een trendanalyse van eutrofiëringvariabelen in 231 Nederlandse meren en plassen is gebleken, dat de toestand in ongeveer 70% van de wateren is verbeterd met betrekking tot totaal fosfor en stikstof, maar ook chlorofyl-a (als indicator voor algenbiomassa) (Portielje & Van der Molen 1997). In de overige 30% is er een verslechtering van de toestand geconstateerd. Toch schept dit beleid de randvoorwaarden voor aanvullende maatregelen zoals vermindering van de belasting, visstandbeheer, baggeren, doorspoelen, etc. Maatregelen kunnen het ecologisch herstel van de oppervlaktewateren bespoedigen (Hosper 1997, RIZA 1992, RIZA 1996). In dit verband is het verder ontwikkelen van ecosystemekennis (b.v. wat zijn de sturende factoren voor de vorming van toxische cyanobacteriënbloei), en het uitvoeren van onderzoek naar de ecologische risico's van toxische cyanobacteriën op het aquatisch voedselweb, een belangrijke taak voor de overheid.

Wat kunnen waterbeheerders doen om overlast door cyanobacteriën in het water te vermijden? Welke maatregelen kunnen getroffen worden wanneer ze toch voorkomen?

Aanvullende specifieke maatregelen in het meer

(baggeren, doorspoelen, kunstmatige menging, visstandbeheer)

- Doorspoelen of de afvoercapaciteit van het systeem vergroten, om een versnelde uitspoeling van nutriënten en fytoplankton (ook cyanobacteriën) te bewerkstelligen
- Kunstmatige menging van het water door bijvoorbeeld inbrengen van perslucht door pijpleidingen, om de bloei van kolonievormende cyanobacteriën zoals Microcystis te onderdrukken (Voorbeeld: het "Nieuwe Meer", zie Visser et al. 1995, Van der Molen & Van der Does 1995)
- Visstandbeheer, bijvoorbeeld de brasemstand reduceren

Algemeen advies

- Monitoring (watertemperatuur, doorzicht, nutriënten, chlorofyl-a, soortensamenstelling, fytoplankton, microcystines) om indicaties voor cyanobacteriënbloei en potentiële aanwezigheid van cyanotoxines te voorspellen,
- Streven naar een gezond watersysteem met weinig maar wel voldoende voedingstoffen, helder water en een evenwichtige samenstelling van de algenpopulatie.

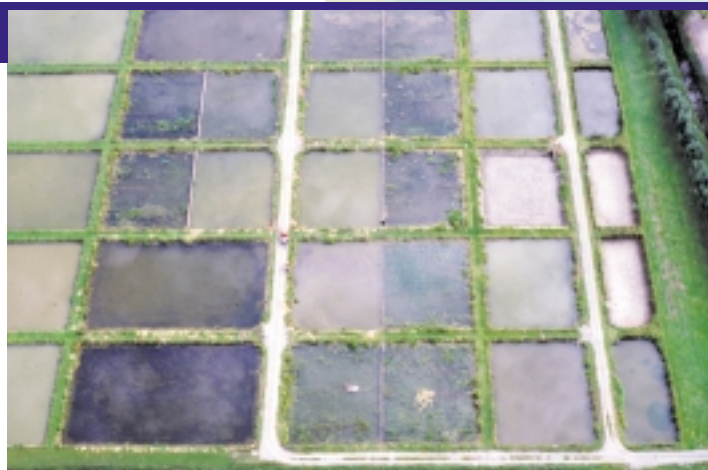
Verder verminderen nutriëntenbelasting

Bestrijding van eutrofiëring (reductie van externe nutriëntentoevoer en interne nalevering uit het sediment)

- Reductie van puntbronnen (b.v. riooloverstorten)
- Zuivering van het inlaatwater door chemische defosfatering of helofytenfilters
- Reductie van diffuse lozingen vanuit de landbouw en recreatievaart
- Hydrologische isolatie
- Verwijderen van sediment door baggeren om nutriëntenrijke slib te verwijderen en teneinde de interne fosfaatbelasting te verminderen
- Fixatie van fosfaat in de bodem door fosfaatbindende stoffen (AlCl_3 , FeCl_3 , AlSO_4 , Ca(OH)_2 en CaCO_3), om de nalevering van fosfaat uit de bodem te verminderen

Tot slot

Tenslotte moet worden vastgesteld, dat cyanobacteriën moeilijk geheel te verwijderen zijn uit een meer. Zij horen er gewoon thuis. Omdat in de afgelopen jaren vaak problemen met toxische cyanobacteriën zijn opgetreden, is er echter een behoefte ontstaan aan uniforme richtlijnen om met de problematiek om te gaan. Voor waterbeheerders is het cyanobacteriënprotocol geschreven, dat aansluit bij het rapport van de STOWA (2000). Het geeft aan hoe men met het voorkomen van cyanobacteriën in recreatiewateren om dient te gaan. Onderdeel van dit protocol vormt een beslisschema waaruit maatregelen - afhankelijk van de omstandigheden in het betreffende water - kunnen worden afgeleid. De advieswaarde van 20 µg/l uit het rapport van de Nederlandse gezondheidsraad (2001) is hierin overgenomen.



Proefvijvers voor experimenteel onderzoek

Enkele aanbevelingen uit het cyanobacteriënprotocol:

Wanneer is een zwemplaats verdacht?

Er zijn verschillende redenen waarom een zwemplaats verdacht kan zijn, zoals: (1) het optreden van gezondheidsklachten, (2) visuele aanwijzingen voor drijfslagen, (3) problemen in het verleden en andere mogelijke aanwijzingen. Indien er verdenkingen zijn is het advies om microcystines te meten. Eventueel kan aanvullend de fytoplanktonsamenstelling worden bepaald.

Wat te doen bij drijfslagen?

Drijfslagen worden uitsluitend gevormd door potentieel toxische blauwalgen. Het is daarom aan te raden bij badstranden waar deze voorkomen preventief waarschuwingborden te plaatsen.

Bij het aantreffen van een drijfslag wordt aangeraden extra te bemonsteren, zodat microcystines gemeten kunnen worden.

Wanneer een zwemverbod?

Bij concentraties > 20 µg/l is een zwemverbod op zijn plaats dat pas weer ingetrokken kan worden nadat geconstateerd is dat de drijfslag verdwenen is en de concentratie aan microcystine lager is dan de advieswaarde.

Colofon

© 2002 RIZA

Met dank aan de werkgroep "Cyanobacteriën" voor de inhoudelijke bijdragen. Deze tekst is ondermeer gebaseerd op de volgende artikelen, boeken en rapporten:

Chorus, I. & Bartram, J. (1999): Toxic cyanobacteria in water.- WHO, E & FN Spon, London & New York. ISBN 0419239308.

Chorus, I. (2001): Cyanotoxins: occurrence, causes, consequences.- Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York. ISBN 3540649999.

Gezondheidsraad (2001): Microbiële risico's van zwemmen in de natuur. Gezondheidsraad: Den Haag, publ. nr. 2001-/25. ISBN 9055494011.

Hosper, H. (1997): Clearing Lakes. Proefschrift Landbouw Universiteit Wageningen. ISBN 9054856823

Portielje, R. & Van der Molen, D.T. (1997): Trendanalyse eutrofiëringstoestand van de Nederlands meren en plassen. Deelrapport I voor de Vierde Eutrofiëringenquête.- RIZA rapport 97.060, ISBN 9036951062.

RIZA (1992): Handleiding Actief Biologisch Beheer; beoordeling van de mogelijkheden van visstandbeheer bij het herstel van meren en plassen. Red. S.H. Hosper, M.-L. Meijer & P.A. Walker. RIZA, OVB. ISBN 908001205X

RIZA (1996): Handleiding Bestrijding Eutrofiëring deel E. Stap voor stap naar gezond water.- RIZA nota 96.049A. ISBN 90365010U

STOWA (2000): Toxische blauwalgen in recreatiewateren.- Rapport 2000-20, ISBN 9057731150

Van der Molen, H.W.B. & van der Does, J. (1995): Bestrijding algenoverlast in de Nieuwe Meer. H₂O 5: 130-132.

Visser, P.M., L.R. Mur, J. Koedood & van der Veer, B. (1995): Bestrijding van Microcystis bloei in de Nieuwe Meer door kunstmatige menging: resultaten veldonderzoek 1993. H₂O 5: 133-137.