

controlerend – biomassa verwijderen - waterstofperoxide

broninfo	n.v.t.
brongrootte	n.v.t.
werkingsprincipe	Na het realiseren van een lage dosering (2.5 mg/l) aan waterstofperoxide (H ₂ O ₂) in het oppervlaktewater zullen cyanobacteriën gedood (1,2) en de door hen geproduceerde toxines afgebroken worden (1). Belangrijk mechanisme hierachter is dat cyanobacteriën niet beschikken over het juiste enzym om het ontstaan van zuurstofradicalen te neutraliseren waardoor de fotosynthese effectief stopgezet wordt (2). De kennis dat waterstofperoxide een groeiverstorend effect op diverse geslachten cyanobacteriën heeft dateert al uit de jaren '80 van de vorige eeuw (3), de praktische toepassingen ter bestrijding van cyanobacteriën zijn (veel) recenter uitgevoerd.
systeemeisen	<ul style="list-style-type: none"> Van de plaagalg <i>Planktothrix agardhii</i>, <i>Planktothrix rubescens</i>, <i>Microcystis</i> en <i>Dolichospermum</i> is bekend bij welke fotosynthese/ reproductie sterk afneemt (EC50) (2,3). De werking is praktisch succesvol toegepast in de Koetshuisplas en de Veerplas met dominantie van <i>Planktothrix agardhii</i> (4,5). In Oldenhof bij <i>Microcystis</i>-dominantie is het ook toegepast, maar dat bleek minder succesvol omdat de <i>Microcystis</i>-cellen massaal gingen drijven. Zie onder <i>risico's</i> wat betreft effecten per geslacht. In een enkele behandeling bij Dedemsvaart was er sprake van een gemengde cyanobacteriën populatie met <i>Dolichospermum</i>, <i>Anabaena</i>, <i>Microcystis</i>, <i>Woronichinia</i>, en <i>Planktothrix</i>. Al deze cyanogelachten konden met 2.6 mg/L start toevoeging worden gedood (niet gedocumenteerd, info Hans Matthijs) Waterstofperoxidebehandelingen zijn toegepast in zowel ondiepe, niet gestratificeerde systemen als in diepe gestratificeerde meren. Ook wat betreft omvang lopen de meren / vijvers waarin de methode toegepast is uiteen. Zie onder <i>uitvoering</i> en <i>referentieprojecten</i>. De Sloterplas (0.92 km²) is net te groot voor het huidige materieel/methode (info Arcadis 2019).
effectiviteit/ werkingsduur	Enkele uren tot enkele dagen na toediening heeft de peroxide-dosering effect. Afhankelijk van de kenmerken van het watersysteem kan het water enkele weken (6) tot indicatief zes weken (4,5) blauwalgenvrij blijven. Daarbij zijn de normale stuurfactoren voor blauwalgenbloeien zoals de beschikbaarheid en externe aanvoer van nutriënten, overige groeiomstandigheden en aanvoer van blauwalgen bepalend.
uitvoering	<ul style="list-style-type: none"> Om ecologische schade te voorkomen dient de concentratie gelijk na toediening laag te zijn. Daarom dient de peroxide diffuus geloosd te worden. Omdat er verliezen optreden in het water dient een wat hogere concentratie toegevoegd te worden dan 2.5 mg/l, ondanks dat diffuus geïnjecteerd wordt. Het is tot op heden in Nederland uitgevoerd met een speciaal ingerichte boot (info: Arcadis / UvA, zie <i>illustratie</i>). Tijdens toediening wordt de concentratie in het water gemeten om onvoldoende behandelde gebieden nogmaals te voorzien van een dosering. Het beste moment om peroxide toe te dienen hangt af van de omstandigheden. In mei kan het efficiëntst zijn, terwijl toepassing in juli het zwemseizoen het beste kan dienen omdat de werkingsduur beperkt is (7). Verder lijkt het logisch een zeer zonnige dag te gebruiken, omdat de toxiciteit veel hoger is bij veel licht (8). Mogelijk alternatief voor het gebruik van vloeibaar waterstof peroxide is natriumcarbonaatperoxyhydraat (NCP). Dit is een granulaat dat voordeel biedt ten opzichte van veiligheidsaspecten tijdens vervoer, gebruik en opslag. Wanneer NCP aan water toegevoegd wordt valt het uit een in H₂O₂ en natriumcarbonaat, de werking van de stof is vergelijkbaar met die van puur vloeibaar waterstofperoxide (9,10). Voor de behandeling met waterstofperoxide dient een ontheffing aangevraagd te worden bij de het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (CTGB) en de betreffende waterbeheerder. Arcadis heeft een ontheffing t/m 2019.
risico's	<ul style="list-style-type: none"> De behandeling dient afgestemd te worden op de aanwezige biomassa van groenalgen en cyanobacteriën, hoge biomassa kan zorgen voor snelle degradatie van de werkzame concentratie waterstofperoxide. In de praktijk is niet altijd te voorkomen dat lokaal toch hogere concentraties dan gewenst voorkomen. In verband met tijdelijk hoge concentraties aan het wateroppervlak wordt geadviseerd de te behandelen plas tijdens en tot twee dagen na toediening gesloten te houden voor publiek. Bij een onverwachte toevoer van cyanobacteriënbiomassa en/of nutriënten kan de werkingsduur lager zijn dan verwacht. Toepassing op <i>Microcystis</i> kan resulteren in het opdrijven van de biomassa met als gevolg veel dode cellen aan de oppervlakte. Niet gedocumenteerd. Ook bij <i>Planktothrix agardhii</i> kan schuimvorming optreden (4).
neveneffecten	<ul style="list-style-type: none"> Bij doseringen tot 2.5 mg/l zijn de neveneffecten op overige biota gering. Zoöplankton blijkt gevoelig te zijn voor peroxide, waardoor een concentratie in oppervlaktewater van meer dan 2,5 mg/l als ongewenst wordt beschouwd (1).

	<ul style="list-style-type: none"> • De LC50 of EC50¹ (na 1-2 dagen) van een aantal soorten watervlooiën en een soort vlokreeft liggen rond deze waarden, zo is in veelal oude studies (1982-1993) aangetoond: vlokeeft <i>Gammarus</i> (4,4 mg/l, 4 dagen, LC50), watervlo <i>Daphnia magna</i> (7,7 mg/l, 1 dag, EC50), watervlo <i>Daphnia pulex</i> (2,4 mg/l, 2 dagen, LC50) (11-15). • Recent zijn lab en in-situ (nog ongepubliceerde) testen uitgevoerd met verschillende zoöplanktonsoorten. <i>Daphnia</i> bleek ongevoelig voor concentraties tot 5 mg/l. Rotiferen lijken mogelijk wel gevoelig in die range (info Petra Visser, UvA). • Hogere trofische niveaus worden steeds ongevoeliger. Zo is voor zoetwaterslakken en zebra- en quaggamossels de LC50 na 4 dagen ongeveer 12 mg/l (11,13,16,17). • Voor vis en waterplanten liggen deze niveaus weer veel hoger (18). Er is geen info over effect op de jongste levensstadia (embryo's, larven en juvenielen) van vis gevonden. • Door het selectief verminderen van blauwalgen kan het aandeel maar ook de biomassa groenalgen toenemen (4,19,20). Dit is vooral bij lage doseringen het geval, bij hogere doseringen zijn ook groenalgen kwetsbaar. • Als peroxide meerdere keren achtereenvolgens toegepast wordt in dezelfde plas zou mogelijk selectie op kunnen treden ten faveure van cyanobacteriën die meer resistent zijn voor de waterstofperoxide behandeling (9). • Effect op bacteriologie is tot dusver onbekend, maar in principe zijn alle bacteriën gevoelig voor peroxide. Dit kan risico's inhouden voor bijvoorbeeld bacteriologische activiteit in het sediment, dit aspect is in onderzoek (pers. comm. P.M. Visser) • Doordat de peroxidetoeëpassing in korte tijd een blauwalgdominantie weghaalt kan de helderheid toenemen. Hierdoor kan in theorie een systeemomslag naar helder water met waterplanten kansrijker worden. Dit is niet aangetoond, maar er is wel aan gerekend (7). • In 2016 is de Kralingse Plas succesvol behandeld met waterstofperoxide. Enkele maanden na de behandeling blijkt de visstand van de plas totaal ingezakt. De behandeling wordt als één van de mogelijke oorzaken genoemd (21). Of de behandeling daadwerkelijk de oorzaak staat niet vast, er zijn meerdere aanwijzingen die andere oorzaken aannemelijker maken (22,23).
kosten	<p>De kosten bedragen € 0.1/m² per behandeling. Zie ook <i>effectiviteit/werkingsduur</i>: het is niet gegarandeerd dat bijvoorbeeld drie behandelingen per jaar afdoende is. De kosten zijn gebaseerd op een plas van 10 ha en gemiddeld 2 m diep (kosten € 10.000,-, één behandeling). Indien de plas groter/dieper wordt nemen kosten toe, maar niet evenredig omdat de materiaalkosten relatief laag zijn.</p> <p>De kosten voor de zwemwaterlocatie Sloterparkbad zijn geraamd op k€ 71,- ex. btw op basis van 3 behandelingen per jaar (24).</p> <p>Voor de hele Sloterplas (0.92 km²) zou een behandeling tot maximaal k€ 80 kosten (ex. btw, ex. monitoring, info 2019).</p>

¹ ECx: Effect Concentration x%: concentratie waarbij bij 50% van de populatie "een response:" optreedt. Als die response sterfte betreft, dan is ECx dus gelijk aan LCx. Maar ECx wordt ook gebruikt om x% effect weer te geven. Dat kan bijvoorbeeld 50% afname in fotosynthese zijn. Het lijkt erop dat de term EC50 in de tijd en in verschillende artikelen verschillend wordt gebruikt en vaak wordt niet aangegeven wat precies wordt bedoeld.

referentieprojecten	Locatie	Jaar	Water oppervlakte (ha)	Watertype	Dominante cyanobacteriën
	Koetshuisplas	2009, 2015	12	meer	<i>Planktothrix</i>
	Born	2009	0.2	vijver	<i>Microcystis</i>
	Veerplas	2009	10	meer	<i>Planktothrix</i>
	Kotermeerstal	2011	16	meer	<i>Aphanizomenon, Anabaena</i>
	Troelstraweg	2015	0.6	vijver	<i>Woronichinia</i>
	Krabbeplas	2015, 2016, 2017	3	meer	<i>Aphanizomenon, Dolichospermum</i>
	Delftse Hout	2015, 2016, 2018	23,5	meer	<i>Dolichospermum, Aphanizomenon</i>
	Reservoir Grote Rug	2015	60	drinkwater bassin	<i>Microcystis</i>
	Oosterduinsemeer	2016, 2018	36	meer	<i>Aphanizomenon, Dolichospermum</i>
	Klinkenbergerplas	2016, 2017	28	meer	<i>Dolichospermum</i>
	Kralingseplas	2016	100	meer	<i>Dolichospermum</i>
	Zotermersplas (Spartelvijver, Noord Aa)	2018	100	meer	<i>Dolichospermum, Microcystis</i>
	Ijzeren Man	2018	4	meer	<i>Dolichospermum</i>

verder lezen

Een overzicht van oude onderzoeken over de effecten van waterstofperoxidetoepassingen op verschillende cyanobacteriën staan in (3).

1. Matthijs HCP, Visser PM, Reeze B, Meeuse J, Slot PC, Wijn G, e.a. Selective suppression of harmful cyanobacteria in an entire lake with hydrogen peroxide. *Water Res.* 2012;46:1460–72.
2. Drábková M, Matthijs HCP, Admiraal W, Maršálek B. Selective effects of H₂O₂ on cyanobacterial photosynthesis. *Photosynthetica.* 2007;45:363–9.
3. Drábková M. Methods for control of the cyanobacterial blooms development in lakes [Internet] [dissertation]. [Brno]: Masaryk University / Recetox; 2007 [geciteerd 26 februari 2014]. Beschikbaar op: http://is.muni.cz/th/16225/prif_d/Drabkova_thesis.pdf
4. Reeze AJG, Bloemerts M, Matthijs HCP, Visser PM. Bestrijding blauwalgen recreatieplas Koetshuis met behulp van waterstofperoxide. Apeldoorn: Arcadis; 2010 jan. Report No.: 074498519:0.1!
5. Reeze AJG, Bosman J. Blauwalgen bestrijding Veerplas. Apeldoorn: Arcadis; 2010 aug. Report No.: 074545277:0.1!
6. Barrington DJ, Reichwaldt ES, Ghadouani A. The use of hydrogen peroxide to remove cyanobacteria and microcystins from waste stabilization ponds and hypereutrophic systems. *Ecol Eng [Internet].* januari 2013;50:86–94. Beschikbaar op: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857412001516>
7. Hazenoot C, Reeze B, Matthijs H, Meeuse J. Effectiviteit bestrijding blauwalgen met waterstofperoxide. H₂O [Internet]. 2010 [geciteerd 11 juni 2014];21:31–34. Beschikbaar op: <http://dare.uva.nl/record/360291>
8. Drábková M, Admiraal W, Maršálek B. Combined Exposure to Hydrogen Peroxide and Light - Selective Effects on Cyanobacteria, Green Algae, and Diatoms. *Environ Sci Technol [Internet].* januari 2007 [geciteerd 26 februari 2014];41(1):309–14. Beschikbaar op: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es060746i>
9. Sinha AK, Eggleton MA, Lochmann RT. An environmentally friendly approach for mitigating cyanobacterial bloom and their toxins in hypereutrophic ponds: Potentiality of a newly developed granular hydrogen peroxide-based compound. *Sci Total Environ [Internet].* 1 oktober 2018 [geciteerd 28 januari 2019];637–638:524–37. Beschikbaar op: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718316553>
10. Geer TD, Kinley CM, Iwinski KJ, Calomeni AJ, Rodgers JH. Comparative toxicity of sodium carbonate peroxyhydrate to freshwater organisms. *Ecotoxicol Environ Saf.* oktober 2016;132:202–11.
11. ECETOC. Joint Assessment of Commodity Chemicals No. 22; Hydrogen Peroxide; CAS No. 7722-84-1. Brussels, Belgium: ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals); 1993 jan.
12. Schmidt LJ, Gaikowski MP, Gingerich WH. Environmental assessment for the use of hydrogen peroxide in aquaculture for treating external fungal and bacterial diseases of

	<p>cultured fish and fish eggs [Internet]. Wisconsin: U.S. Geological Survey (USGS); 2006 aug [geciteerd 21 oktober 2015]. Beschikbaar op: http://www.fda.gov/downloads/AnimalV.../UCM072399.pdf</p> <p>13. FMC corp. Material safety data sheet; Hydrogen Peroxide (40 to 60%). FMC corporation; 2008.</p> <p>14. Seastar Chem. Material Safety Data Sheet Hydrogen Peroxide Solution (Hydrogen Peroxide, 30%) [Internet]. Seastar Chemicals Inc; 2011 [geciteerd 2 oktober 2015]. Beschikbaar op: http://wcam.engr.wisc.edu/Public/Safety/MSDS/Hydrogen%20peroxide%20.pdf</p> <p>15. Atsma J. Vrijstelling op grond van artikel 65, inzake het middel waterstofperoxide [Internet]. Ministerie van Infrastructuur en Milieu; 2012 [geciteerd 2 oktober 2015]. Beschikbaar op: https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/besluiten/2012/08/16/vrijstelling-op-grond-van-artikel-65-inzake-het-middel-waterstofperoxide/vrijstelling-op-grond-van-artikel-65-inzake-het-middel-waterstofperoxide.pdf</p> <p>16. Kay SH, Quimby Jr PC, Ouzts JD. Hydrogen peroxide: a potential algicide for aquaculture. In: Proc Southern weed science society (New Perspect Weed Sci). Cleveland, MS: Delta State University; 1982. p. 275-89.</p> <p>17. Martin MD, Mackie GL, Baker MA. Acute toxicity tests and pulsed-dose delayed mortality at 12 and 22°C in the zebra mussel (<i>Dreissena polymorpha</i>). Arch Environ Contam Toxicol [Internet]. 1 april 1993;24(3):389-98. Beschikbaar op: http://dx.doi.org/10.1007/BF01128739</p> <p>18. Stroom JM, ter Heerdt GNJ. Effecten van de besproeiing van kunstgrasvelden met waterstofperoxide op slootecologie. Amsterdam: Waternet; 2015 dec. Report No.: 15.131737.</p> <p>19. Ahn C-Y, Joung S-H, Choi A, Kim H-S, Jang K-Y, Oh H-M. Selective control of cyanobacteria in eutrophic pond by a combined device of ultrasonication and water pumps. Environ Technol [Internet]. april 2007;28(4):371-9. Beschikbaar op: http://dx.doi.org/10.1080/09593332808618800</p> <p>20. Weenink EFJ, Luimstra VM, Schuurmans JM, Van Herk MJ, Visser PM, Matthijs HCP. Combatting cyanobacteria with hydrogen peroxide: a laboratory study on the consequences for phytoplankton community and diversity. Front Microbiol [Internet]. 22 juli 2015;6:714. Beschikbaar op: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4510418/</p> <p>21. van der Kamp M, van Giels J, De Senerpont Domis L. Kralingse Plas; Mogelijke voedselwebeffecten van waterstofperoxide toediening. Deventer: Witteveen+Bos; 2017 mrt. Report No.: RT951-3/17-003-389.</p> <p>22. Huisman J, Visser PM. Reactie op het rapport van Witteveen en Bos: Is de afname van de visstand in de Kralingse Plas het gevolg van waterstofperoxide? Universiteit van Amsterdam; 2017.</p> <p>23. Hendrix M. Geblondeerd water; Waterstofperoxide en het effect op de visstand. Visionair [Internet]. 2017;12(45):20-3. Beschikbaar op: http://edepot.wur.nl/427000</p> <p>24. Talens HRJS. Factsheet 'Waterstofperoxidebehandeling' als korte termijn oplossing voor de blauwalgenbloei in de Sloterplas 2013-2015 – Behandeling alleen het Sloterparkbad. Arcadis; 2012.</p>
kennishouders	<p>kennisinstituut</p> <ul style="list-style-type: none"> • UvA/IBED (Petra Visser) <p>overheid</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoogheemraadschap van Rijnland (Johan Oosterbaan) • Waterschap de Dommel (Maarten van Schijndel) • Hoogheemraadschap van Delfland (Joep de Koning, Ronald Bakkum) <p>overig</p>

- Arcadis (Jasper Arntz, Geert Wijn)

illustratie



Injectie van waterstofperoxide (foto Arcadis)