

POST  
KRACHT  
10



# Kennisbank zwembadwaterkwaliteit van gedesinfecteerde badwaterbassins

Datum: 21 januari 2026  
Projectnummer: 2025-073  
Opdrachtgever: IPO-DBZ  
Auteur(s): Expertgroep VGT

# Kennisbank zwembadwaterkwaliteit van gedesinfecteerde badwaterbassins

Zwembadparameters en (technische) maatregelen voor herstel van de kwaliteitseisen uit hoofdstuk 15 van het Bal

Datum: 21 januari 2026  
Opdrachtgever: IPO-DBZ  
Auteurs: Expertgroep VGT  
Projectnummer: 2025-073  
Kenmerk: R02-2025-073-IPO-DBZ-Kennisbank-jan2026-V01

## Revisies

Revisie	Datum	Auteur(s)	Documentbeschrijving
1	21-01-2026	Expertgroep VGT	Eerste versie
2			

## Organisatie Expertgroep VGT

### Expertgroep

Aad Krijgsman	Bouw en Vastgoed Projectleider	Thermen Resorts
Bart Jansen	Senior medewerker Zwemwaterwetgeving VTH	Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant
Cees Vallentgoed	Milieutechnoloog	BIOTUNE Wastewater Consultancy
Henk Jenner	Consultant	Aquator
Henk Meijer	Afdelingshoofd Bouw & Techniek	Sportfondsen
Iwan Booij	Senior Jurist Handhaving	Provincie Overijssel
Jan Bakker	Klinisch arbeidsgeneeskundige	Zwembadpoli
Maarten Keuten <sup>1</sup>	Onderzoeker zwembaden	TU Delft en Hellebrekers
Marieke Mooi-Hamhuis	Managing Director	Normec Dumea
Ruud Dijkstra	Adviseur	OMEGAM-Water
Sybren Osinga	Toeziethouder zwemwater	Provincie Overijssel
Wilfred Reinhold	Senior Beleidsmedewerker	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

### Begeleidingsgroep

Guus Gabrielse	Unitmanager Milieu	Provincie Zeeland
Jack Stam	Vergunningverlener zwemwater	Omgevingsdienst Noord-Holland Noord
Fulco Jongsma	Beleidsadviseur Milieu	Provincie Zuid-Holland
Marieke Euwe	Medewerker monitoring water	Provincie Drenthe
Monique Hozee	Beleidsadviseur Milieu	Provincie Zuid-Holland

### Projectleiding

Merle de Lange	Adviseur milieu en veiligheid	Oostkracht10
Pien van den Braak	Adviseur milieu en veiligheid	Oostkracht10

<sup>1</sup> Eerste auteur

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1	Scope	9
1.2	Gezamenlijk aan de slag	9
1.3	Leeswijzer	10
<b>2</b>	<b>Kwaliteitseisen</b>	<b>11</b>
2.1	Toelichting	11
2.2	Achtergronden van de parameters	12
2.2.1	Troebelheid	12
2.2.2	Bromaat	14
2.2.3	Chloraat	16
2.2.4	Chloride	18
2.2.5	Nitraat	20
2.2.6	Som van THMs	22
2.2.7	Waterstofcarbonaat	24
2.2.8	<i>Intestinale enterococcon</i>	26
2.2.9	Legionella	27
2.2.10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	29
2.2.11	Sporen van sulfiet reducerende <i>Clostridia</i>	30
2.2.12	Ozon (lucht)	32
2.2.13	Trichlooramine (lucht)	33
<b>3</b>	<b>Maatregelenmatrix</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>Technieken voor beheersing van parameters</b>	<b>36</b>
4.1	Inleiding	36
4.2	Kennis op peil houden	36
4.3	Management van veilig en gezond zwemmen	37
4.4	Goed beheer	38
4.4.1	Verbeterde gebruikers hygiëne	38
4.4.2	Juiste opslag van chloorbleekloog	41
4.4.3	Verdunnen van chloorbleekloog	43
4.4.4	Juiste kwaliteit chloorbleekloog (of zout) toepassen	45
4.4.5	Beheersmaatregelen legionellapreventie	47
4.4.6	Goede (effectieve) filtratie/vlok/spoeling	49
4.4.7	Hygiëne van zwemkleding	52
4.4.8	Beheersmaatregelen fecaal materiaal in het water	53
4.4.9	Beheersmaatregelen tegen verdamping CO <sub>2</sub>	56
4.4.10	Luchtbehandeling	57

4.4.11	Risico (slechte) schoonmaak	58
4.4.12	Badafdekking	60
<b>4.5</b>	<b>Preventieve technieken</b>	<b>61</b>
4.5.1	Geavanceerde oxidatie	61
4.5.2	UV-behandeling	63
4.5.3	Dosering chloordioxide	65
4.5.4	Ionenwisseling suppletiewater	67
4.5.5	Biologische filtratie	68
4.5.6	Toepassen membraanfiltratie	70
4.5.7	Ozon dosering	71
4.5.8	Slijmlagen (EPS) in filters en leidingen verwijderen met silicaat houdend middel	72
4.5.9	MonoPerSulfaat doseren (Oxone)	74
4.5.10	Verhinderen directe zoninstraling	74
<b>4.6</b>	<b>Correctieve technieken</b>	<b>75</b>
4.6.1	Dosering waterstofcarbonaat	75
4.6.2	Adsorptie aan actieve kool	77
4.6.3	Beluchting van zwembadwater (ook via recreatieve elementen)	79
4.6.4	Extra water verversen	81
4.6.5	Shockdosering vrij chloor	82
4.6.6	Omgekeerde osmose	83
4.6.7	Extra lucht verversen	84
4.6.8	AdOx (Adsorptie-Oxidatie)	85
<b>5</b>	<b>Herstelkosten</b>	<b>86</b>

## Begrippenlijst

AdOx	Adsorptie oxidatie. Dit is een nieuwe veelbelovende ontwikkeling voor toepassing in zwembaden. De werking berust op een combinatie van adsorptie aan zeolieten en 'advanced' chemische oxidatie naderhand om de verzadigde zeolietfilters weer te regenereren.
AquaFinesse	Dit product is specifiek ontwikkeld voor het losmaken van biofilms. Het is geen biocide en wordt wereldwijd gebruikt in "hot tubs" en kleine zwembaden/pools. De losgemaakte biofilm delen moet wel alsnog worden gedesinfecteerd.
Bal hoofdstuk 15	Besluit activiteiten leefomgeving, waarbij hoofdstuk 15 specifiek over zwembaden en zwemwater gaat. Het is daarmee de zwemwaterwet
BBT	Beste Beschikbare Technieken, de meest effectieve en haalbare methode en is gebaseerd op Europese richtlijnen en vastgelegd in vergunningen, met een focus op technisch én economisch haalbare oplossingen. Vaak gebaseerd op basis van 'BREF'-documenten (Best Available Techniques Reference documents).
Biofilm	Verzamelnaam voor de slijmlagen op wanden in leidingen gevormd door bacteriën die specifieke polysacchariden vormen. Deze zogenoemde EPS vormen de behuizing van de verschillende soorten bacteriën en vormen bescherming tegen oxidatieve desinfectans doordat ze direct extra EPS maken om zich te beschermen en bouwen zo resistentie op.
Chloordioxide	Chloordioxide ( $\text{Cl}_2\text{O}_2$ ) is een krachtig oxidatief molecuul. In verdunde waterige oplossingen is het een vrij radicaal. De oxidatiesterkte is 0,95 en daarmee zwakker dan vrij chloor welke een oxidatiesterkte heeft van 1,49. Voordeel is dat het niet reageert met $\text{NH}_3$ en nauwelijks met andere amines. Het is een betere desinfectant dan chloor tegen bacteriën en virussen want het dringt beter door eiwit membranen en slijmlagen van biofilms heen.
EML	Erkende Maatregelenlijst. Voor zwembaden gaat het om energiebesparende maatregelen welke een terugverdientijd van max. 5 jaar hebben.
EPS	Extra Cellulaire Polysacchariden
Expertgroep VGT	Expertgroep VTH (Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving), Gezondheid en Techniek voor zwembadwater kwaliteit
Hoofdbassin	Badwaterbassin met de grootste inhoud als meerdere badwaterbassins op een circulatiesysteem aan elkaar zijn geschakeld.
<i>Intestinale enterococcon</i>	Darmbacteriën die van nature in de darmen van mensen voorkomen. Personen met verlaagde weerstand kunnen geïnfecteerd worden. Het is een maat voor fecale verontreiniging van het zwembadwater. De kwaliteitseis is $< 1\text{kve}/100\text{ ml}$ .
IPO-DBZ	InterProvinciaal Overleg DeskundigenBeraad Zwemwater

Natriumhypochloriet	Natriumhypochloriet of NaOCl is een redelijk stabiele chlooroplossing van ca. 160 g/l (138–165 g/l) actief chloor. Opslag moet donker en koel zijn. NaOCl dissocieert in water tot een sterk pH afhankelijk evenwicht HOCl $\leftrightarrow$ OCl <sup>-</sup> . Het HOCl is acuut en het OCl <sup>-</sup> is meer chronisch toxisch voor bacteriën. Bij een pH van ca. 7,4 is het 50% omslag punt voor HOCl bij lagere pH en OCl <sup>-</sup> voor een hogere pH. Dit is een van de redenen dat de pH graag aan de 7,2 zijde wordt gehouden om optimale desinfectie te hebben en zo min mogelijk irritatie van de huid en de ogen.
KVE / 100 ml	Eenheid die gebruikt wordt als maat voor het aantal bacterien in 100 ml water ook Kolonie Vormende Eenheid per 100ml.
Oxone	Oxone is de merknaam voor MonoPerSulphate (MPS) (2KHSO <sub>5</sub> ·KHSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ). Het werkzame deel is het eerste deel van het drievoudige molecuul. De andere moleculen dienen om het een betere stabiliteit te geven (geen spontane reacties et cetera). Oxone reageert snel en is een sterke oxidator. In combinatie met hypochloriet wordt het water snel helder doordat het Oxone de organische verbindingen stuk oxideert waarna het chloor de bacteriën en de rest aanpakt.
Ozon	Is een gas bestaande uit 3 zuurstofatomen en opgelost in water zeer reactief. Het reageert direct met alle organische verbindingen en is daarmee een sterke desinfectant.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Aerobe gramnegatieve staafvormige bacterie welke zeer algemeen voorkomt en een beruchte ziekenhuisbacterie is. Bij gezonde personen verlopen infecties doorgaans mild, maar bij mensen met een verzwakt immuunsysteem kunnen ze ernstige complicaties veroorzaken.
<i>Sulfiet reducerende Clostridia</i>	Anaerobe sporenvormende (darm)bacteriën en ze vormen een indicatie voor fecale verontreiniging. De kwaliteitseis is <1kve/100 ml.
Suppletiewater	Onbehandeld water waarmee een badwaterbassin wordt gevuld of aangevuld.
THMs	THMs: Chloroform (CHCl <sub>3</sub> ); Bromoform (CHBr <sub>3</sub> ); Broomdichloormethaan (CHBrCl <sub>2</sub> ); Dibroomchloormethaan (CHBr <sub>2</sub> Cl).
Turbiditeit of troebelheid	Is een maat voor de ondoorzichtigheid van een vloeistof, veroorzaakt door zwevende en onoplosbare deeltjes, algen of organisch materiaal (huidstof), welke licht verstrooien en absorberen. Meting is in NTU eenheden (Nephelometric Turbidity Unit) of FTE eenheden (Formazine Troebelheid eenheden) en is een indicator voor de zwemwaterkwaliteit. Een hoge NTU (>0,5NTU) kan duiden op hogere THMs.
Trichlooramines	NCl <sub>3</sub> behoort tot de CBPs is een vluchtig gas en ontstaat door chlorering van stikstofhoudende verbindingen zoals ureum en zweet. Het is een prikkelend (chloor)gas voor de luchtwegen en kan een

probleem zijn bij binnenbaden. De grenswaarde is gesteld op  $\leq 500\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ultrasoon geluid	Geluid techniek met geluid frequenties tussen de 25 kHz en 40 kHz waarmee bacteriën vaak in combinatie met een speciaal desinfectans zoals waterstofperoxide worden afgedood. In speciale gevallen kunnen frequenties tot $> 100\text{kHz}$ worden gebruikt.
UV	Ultraviolette straling welke kan worden onderverdeeld in UV-A; UV-B en UV-C. Meerdere vormen UV zijn mogelijk welke in specialistische toepassingen worden gebruikt. Voor zwembaden kan UV-C worden gebruikt om bacteriën af te doden en zelfs organische verbindingen in stukken te knippen. Ook kan UV-C met waterstofperoxide vrije zuurstofradicalen vormen welke zeer actief zijn in desinfectie van het zwembadwater.
VTZ	Verenigde Technici Zwembaden
Waterstofcarbonaat	Ook bekend als bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) welke zorgt voor de buffercapaciteit van het zwembadwater. De norm is $\geq 40 \text{ mg/l}$ om een stabiele pH tussen de 7,2 en 7,6 te houden. Dit is van belang voor een snelle desinfectie (zie hypochloriet).
Waterstofperoxide	Ook wel peroxide genoemd ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). De oxidatieve kracht ligt bij het vormen van hydroxyl ionen ( $\cdot\text{OH}$ ) die instantaan reageren met alle organische verbindingen. Voordeel is dat geen bijproducten worden gevormd. Voorzichtigheid is geboden wegens brand- en explosiegevaar bij concentraties boven de 35%. De commerciële concentraties liggen tussen de 3 en 12%.
Zwembadexploitant	Diegene die gelegenheid biedt tot zwemmen of baden.
Zwemmersvuil	Verzamelnaam voor organische en anorganische stoffen die gebruikers van een badwaterbassin achterlaten, zoals huidschilfers, haar, speeksel en urine.
Zwembadwater	Gedesinfecteerd water in een badwaterbassin.

# 1 Inleiding

Nederland kent een groot en divers aanbod aan zwembaden: van gemeentelijke zwembaden en stichtingsbaden tot baden bij onder andere campings, bungalowparken, hotels en zorginstellingen. In totaal gaat het om ongeveer 1.900 zwembaden<sup>2</sup>. Jaarlijks maken miljoenen inwoners gebruik van een van deze zwembaden. Om de gezondheid van gebruikers te beschermen, gelden kwaliteitseisen voor zwembadwater en, bij binnenbaden, ook voor de lucht. Deze eisen zijn vastgelegd in hoofdstuk 15 van het Besluit activiteiten leefomgeving (verder: Bal)<sup>3</sup> voor de activiteit "*Gelegenheid bieden tot zwemmen en baden*". Voor deze activiteit zijn de Gedeputeerde Staten, oftewel de provincies, het bevoegd gezag.

Sinds de inwerkingtreding van de Omgevingswet in 2024 zijn de kwaliteitseisen voor zwembadwater en binnenlucht in het Bal leidend. Uit de verplicht uitgevoerde analysesresultaten in badwaterbassins blijkt dat veel zwembaden moeite hebben om aan alle kwaliteitseisen te voldoen<sup>4</sup>. Aangezien meerdere zwembadexploitanten en andere betrokken partijen met vergelijkbare knelpunten te maken hebben, vraagt dat om een gezamenlijke en eenduidige aanpak: met heldere herstelmaatregelen, realistische termijnen en proportioneel toezicht en handhaving. Daarom hebben de provincies de expertgroep Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving, Gezondheid en Techniek (verder: expertgroep VGT) ingesteld voor zwembadwaterkwaliteit. De expertgroep VGT is gevraagd om:

- Inzichtelijk te maken welke (beheer- en technische) maatregelen effectief zijn om een afwijking van de kwaliteitseisen te herstellen;
- Te benoemen voor welke afwijkingen nog geen (praktisch) haalbare of bewezen herstelmaatregelen beschikbaar zijn;
- De mogelijke gezondheidseffecten van een afwijking te duiden; en
- Het opstellen van kaders die richting geven aan vergunningverlening, toezicht en handhaving en die bijdragen aan uniformiteit.

De uitkomsten van de expertgroep VGT zijn uitgewerkt in twee producten:

1. Deze *handleiding* met handvatten voor het toezicht- en handhavingproces; en
2. Een *kennisbank*, met (technische) maatregelen om afwijkingen van de kwaliteitseisen te herstellen en herhaling te voorkomen.

Dit document betreft de kennisbank.

<sup>2</sup> Mulier Instituut 2021: <https://www.mulierinstituut.nl/publicaties/25947/aantal-zwembaden-in-nederland/>

<sup>3</sup> sinds de publicatie van Bal hoofdstuk 15 zijn er een aantal aanpassingen gedaan. In dit document is de versie gebruikt waarin alle wijzigingen tot en met Stb.2024, 330 verwerkt zijn.

<sup>4</sup> L. Kamphuis, M.G.A.Keuten, data analyse resultaten periodieke metingen zwembaden, VTZ 2025

## 1.1 Scope

Deze kennisbank gaat over de rijksregels in Bal hoofdstuk 15 voor badwaterbassins waarin het water wordt gedesinfecteerd (paragraaf 15.2.1), inclusief zoutwaterbassins. Parameters die specifiek zijn voor zwembijvers, eenmalig gebruik van water of andere typen badwaterbassins vallen buiten de scope van de kennisbank.

De kennisbank richt zich expliciet op de kwaliteitseisen uit artikel 15.16 Bal (water: kwaliteitseisen) en artikel 15.22 Bal (lucht: kwaliteitseisen) voor de volgende parameters:

- Troebelheid;
- Bromaat;
- Chloraat;
- Chloride;
- Nitraat;
- Som van de trihalomethanen (verder: THMs);
- Waterstofcarbonaat;
- *Intestinale enterococcen*;
- *Legionella pneumophila* (verder: legionella);
- *Pseudomonas aeruginosa*;
- Sporen sulfiet reducerende *Clostridia* (verder: SSCR);
- Ozon (lucht); en
- Trichlooramine (lucht).

Het gaat hier om een selectie van de nieuwe water- en luchtkwaliteitsparameters. Verder zijn troebelheid, waterstofcarbonaat en *Pseudomonas aeruginosa* nu verplicht om maandelijks te meten. Voorheen was onderzoek naar deze parameters slechts vereist indien er aanwijzingen waren dat de waterkwaliteit niet aan de norm voldeed. Waterstofcarbonaat, *Pseudomonas aeruginosa* en legionella zijn feitelijk geen nieuwe parameters maar zijn wel meegenomen in de kennisbank omdat van waterstofcarbonaat en legionella veel afwijkingen voorkomen en voor *Pseudomonas* nog weinig bekend is in de zwembadbranche.

Bij de totstandkoming zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Geldende eisen in het Bal hoofdstuk 15;
- Huidige beschikbare kennis, data en praktijkervaring;
- De gezondheidsadviezen van het RIVM, in combinatie met de feitelijke gezondheidsrisico's; en
- De voorgestelde oplossingen moeten realistisch (toepasbaar, haalbaar en betaalbaar) zijn voor zwembaden in de praktijk (met oog voor techniek, beheer en organisatie).

## 1.2 Gezamenlijk aan de slag

Het uiteindelijke doel is dat alle badwaterbassins binnen de scope kunnen voldoen aan de kwaliteitseisen uit artikel 15.16 (water) en artikel 15.22 (lucht) van het Bal. In de [kennisbank](#) zijn effectieve en haalbare beheer- en technische maatregelen opgenomen die zwembaden kunnen ondersteunen bij het voldoen aan deze kwaliteitseisen.

Daarom is deze kennisbank vooral bedoeld voor zwembadexploitanten: u vindt hierin welke stappen u kunt zetten om na een afwijking gericht toe te werken naar herstel, én welke maatregelen helpen om herhaling te voorkomen. Daarnaast ondersteunt de kennisbank ook toeleveranciers en het bevoegd gezag door kennis op een eenduidige manier te bundelen en te ontsluiten.

## 1.3 Leeswijzer

Deze kennisbank verschijnt als los document maar is een bijlage van de handleiding. De *kennisbank* beschrijft maatregelen om afwijkingen van kwaliteitseisen te herstellen; de *handleiding* beschrijft een stappenplan voor 'wat te doen bij een afwijking van de kwaliteitseisen' en geeft handvatten voor het proces van proportioneel toezicht en handhaving op de verschillende parameters.

De opbouw van deze kennisbank is als volgt, eerst volgt een korte toelichting op het wettelijke kader, met nadruk op artikel 15.16 (water) en artikel 15.22 (lucht). De handleiding bevat een uitgebreidere toelichting op de wetteksten en de toepassing in toezicht en handhaving.

Per parameter wordt kort toegelicht:

- Achtergrond van de parameter en de grenswaarde;
- Gezondheidseffecten;
- Mogelijke oorzaken van de afwijking;
- Een overzicht van de best beschikbare technieken die als maatregel voor herstel gebruikt kunnen worden.

Een overzicht van alle parameters en technieken is overzichtelijk weergegeven in een maatregelenmatrix. De maatregelenmatrix geeft maatregelen voor goed beheer, en preventieve (voorkomen van afwijkingen) en correctieve (herstel na een afwijking) maatregelen. Per maatregel en parameter kunt u hier zien:

- Wat het verwachte effect is op één of meerdere parameters;
- De eventuele neveneffecten op andere parameters; en
- Een kostenindicatie.

Waar relevant worden ook veelbelovende, maar nog niet (voldoende) bewezen, technieken opgenomen.

In het daaropvolgende hoofdstuk worden de maatregelen verder uitgewerkt, inclusief de toepasbaarheid (wanneer wel/niet geschikt), de te verwachten snelheid van effect en mogelijke neveneffecten (bijvoorbeeld op energiegebruik of andere kwaliteitseisen).

## 2 Kwaliteitseisen

### 2.1 Toelichting

Tabel 2-1 geeft een overzicht van een data-analyse<sup>5</sup> van de VTZ van de betreffende parameters, de gemiddelde gemeten waarde in 2024 in badwaterbassins in Nederland en het percentage resultaten wat niet aan de kwaliteitseis uit artikel 15.16 en 15.22 van het Bal voldeed.

Artikel 15.26 koppelt parameters aan een klasse-indeling en geeft aan wanneer een badwaterbassin gesloten moet worden:

- Klasse I: sluiten bij de eerste vastgestelde afwijking.
- Klasse II: sluiten bij twee opeenvolgende afwijkingen.
- Klasse III: sluiten bij drie opeenvolgende afwijkingen.

Deze klassen zijn ook opgenomen in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Kwaliteitseisen (Bal art. 15.16 en 15.22), praktijkdata 2024 en klasse-indeling (Bal art. 15.26).

nr	Parameter	Kwaliteitseis	% afwijkend	% afwijkend	Klasse
1	<a href="#">Troebelheid</a>	≤ 0,50 fte	1,8 %	4,7 %	II
2	<a href="#">Bromaat</a>	≤ 100 µg/l	9,1 %	11,3 %	II
3	<a href="#">Chloraat</a>	≤ 30 mg/l	19,2 %	46,4 %	II
4	<a href="#">Chloride</a>	≤ 1000 mg/l	6,0 %	3,8 %	III
5	<a href="#">Nitraat</a>	≤ 70 mg/l	0,7 %	0 %	III
6	<a href="#">Som van de THMs</a>	≤ 50 µg/l	24,5 %	46,2 %	II
7	<a href="#">Waterstofcarbonaat</a>	≥ 40 mg/l	33,7 %	35,1 %	III
8	<a href="#">Intestinale enterococcen</a>	≤ 1 kve/100 ml	2,0 %	3,7 %	II
9	<a href="#">Legionella</a>	< 100 kve/l	12,6 %	10,0 %	I
10	<a href="#">Pseudomonas aeruginosa</a>	≤ 1 kve/100 ml	2,2 %	2,2 %	II
11	<a href="#">Sporen sulf.red. Clostridia</a>	≤ 1 kve/100 ml	2,3 %	4,6 %	II
12	<a href="#">Ozon (lucht)</a>	≤ 120 µg/m <sup>3</sup>	Geen data	Geen data	I
13	<a href="#">Trichlooramine (lucht)</a>	≤ 500 µg/m <sup>3</sup>	4,4 %	Nvt	II

Informatie over alle parameters uit bovenstaande tabel is in paragraaf 2.2 beschreven. Voor elke parameter zijn de volgende punten opgenomen:

- Achtergrond kwaliteitseis
- Gezondheidsrisico's
- Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking
- Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis

Voor de gezondheidseffecten is per parameter aangegeven wat de effecten zijn op de veiligheid en gezondheid van de gebruiker bij een afwijking van de kwaliteitseis.

1. Acute risico's: direct gevaar of kans op ziekte op korte termijn
2. Milde risico's: irritatie/klachten, meestal niet ernstig
3. Lange termijn risico's: effecten bij langdurige blootstelling, zoals kanker/chronische schade

## 2.2 Achtergronden van de parameters

### 2.2.1 Troebelheid

Troebelheid is een maat voor de helderheid van het zwembadwater. Deze helderheid kan verminderen door de aanwezigheid van fijne onoplosbare zwevende deeltjes, zoals haren, huidschilfers, vezels van zwemkleding, algen en andere onopgeloste verontreinigingen. Deze deeltjes verstrooien het licht, waardoor objecten in het water minder scherp zichtbaar zijn.

Goede zichtbaarheid onder water is essentieel voor de veiligheid. Gebruikers moeten de bodem en eventuele obstakels kunnen zien voordat zij het water in gaan. Daarnaast moet het toezichthoudend personeel een gebruiker die te lang onder water blijft tijdig kunnen waarnemen om adequaat te kunnen ingrijpen. Troebelheid is daarmee in de eerste plaats een veiligheidsparameter. Omdat de troebelheid bij een hoge bezoekersdruk snel kan toenemen, geeft deze parameter ook inzicht in de badbelasting en de effectiviteit van de zwemwaterfiltratie.

Hoewel er een relatie is tussen troebelheid en doorzicht moeten beide parameters gemeten worden. De troebelheid wordt met een apparaat gemeten, het doorzicht met het menselijk oog. De troebelheid is daarmee een veel nauwkeurigere parameter die inderdaad met twee cijfers achter de komma gemeten kan worden. Bij een afwijkende troebelheid kan er nog steeds doorzicht tot de bodem zijn, zelfs als de troebelheid 2.0 fte bedraagt, Dit heeft ook te maken met de diepte van het betreffende bassin.

#### *Achtergrond kwaliteitseis*

**Norm:**  $\leq 0.50$  fte (formazine troebelheid eenheden)

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk badwaterbassin

**Analyse:** door laboratoria met een handmeter aan de badrand of een turbidimeter op het laboratorium

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 1.8% en 4.7% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de kwaliteitseis te voldoen.

#### *Gezondheidsrisico's*

Troebelheid is in de eerste plaats een veiligheidsparameter. Daarnaast is het een algemene indicator voor de waterkwaliteit. Een verhoogde troebelheid is niet direct schadelijk voor de gezondheid door de aanwezige deeltjes zelf, maar wijst wel op een hoge belasting met gebruikersvuil. Hierdoor neemt de kans toe dat desinfectiebijproducten aanwezig zijn of in verhoogde mate worden gevormd.

1. Acute risico's N.v.t.
2. Milde risico's N.v.t. (wel een mild veiligheidsrisico)
3. Lange termijn risico's N.v.t.

#### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

Een hoge troebelheid wordt meestal veroorzaakt door onvoldoende naleving van hygiëneregels door gebruikers en/of een hoge badbelasting. Daarnaast kan troebel zwembadwater ontstaan wanneer de filters niet optimaal functioneren of wanneer er problemen zijn met de dosering of werking van het vlokmiddel. Bij buitenbaden neemt de troebelheid op zomerse dagen vaak extra snel toe door het gebruik van zonnebrandcrème, waarbij zeer fijne oliedruppels in het water terechtkomen, en door het inlopen van vuil vanaf de perrons.

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee de troebelheid in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Hygiëne van zwemkleding](#)

## 2.2.2 Broomaat

Broomaat ( $\text{BrO}_3^-$ ) is een anorganische stof die in zwembadwater kan ontstaan door de oxidatie van bromide-ionen, bijvoorbeeld bij toepassing van ozon en/of in aanwezigheid van vrij chloor. Wanneer broomaat al aanwezig is in het (geproduceerde) chloor, wordt het samen met het desinfectiemiddel aan het zwembadwater toegevoegd. Broomaat reageert nauwelijks verder met vrij chloor of UV en is niet vluchtig, waardoor de concentratie zich geleidelijk kan ophopen in het zwembadwater.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:**  $\leq 100 \mu\text{g/l}$

**Meetfrequentie:** één keer per drie maanden in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 9.1% en 11.3% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de kwaliteitseis te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

Broomaat is een kankerverwekkende en mutagene stof die bij verhoogde concentratie en langdurige blootstelling gezondheidsschade kan veroorzaken. Broomaat is bij dierproeven bewezen kankerverwekkend en mutageen. De blootstelling aan broomaat verloopt voornamelijk (>95%) via het inslikken van kleine slokjes zwembadwater (Schets *et al.*, 2014).

1. Acute risico's                      Nee
2. Milde risico's                      Nee
3. Lange termijn risico's        ja

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

Broomaat ontstaat door chemische reacties tussen bromide-ionen en vrij chloor en kan zowel in het zwembadwater zelf worden gevormd als tijdens de productie van chloor. Hoewel bij de chloorproductie gebruik wordt gemaakt van bromide-arm zout, bevat dit zout altijd een kleine restfractie bromide. Bij grootschalige industriële productie van chloorbleekloog (natriumhypochloriet,  $\text{NaOCl}$ ) wordt doorgaans minder broomaat gevormd dan bij kleinschalige in-situ chloorproductie via zoutelektrolyse-installaties. Daarnaast kan broomaat ontstaan bij de toepassing van ozon. De herkomst van bromide-ionen in het zwembadwater is nog niet volledig duidelijk, mede omdat bromide niet standaard wordt gemeten in drinkwater.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de broomaat concentratie veroorzaken:

- Dosering van ozon
- Toepassing van geavanceerde oxidatieprocessen met ozon
- Directe zoninstraling, met name bij zoutwaterbassins

### Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis

Er zijn een aantal maatregelen waarmee broomaat in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Extra drinkwater suppletie](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Juiste opslag hypochloriet](#)
- [Juiste kwaliteit chloorbleekloog \(of zout\) toepassen](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)
- [Omgekeerde osmose](#)

Ook zijn er een aantal maatregelen waarvan het nog onbekend is dat hiermee bromaat in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Invloed UV-behandeling
- Shock dosering vrij chloor
- Biologische filtratie
- Hygiëne van zwemkleding
- Losmaken slijm laag (EPS) biofilms met silicaten
- Losmaken biofilms met ultrasoon

### 2.2.3 Chloraat

Chloraat ( $\text{ClO}_3^-$ ) is een verouderingsproduct van het vrij chloor, dat wordt gebruikt voor desinfectie. Chloraat kan onbedoeld met het chloor aan het zwembadwater gedoseerd worden maar kan ook in het zwembadwater uit het chloor ontstaan. Chloraat reageert niet meer met vrij chloor of UV en is niet vluchtig, waardoor de concentratie langzaam kan oplopen in het zwembadwater.

#### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:**  $\leq 30$  mg/l

**Meetfrequentie:** één keer per drie maanden in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 19.2% en 44.8% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de kwaliteitseis te voldoen.

#### Gezondheidsrisico's

Chloraat is een toxische stof die bij langdurige blootstelling en verhoogde concentraties schadelijk kan zijn voor de gezondheid. Acute effecten treden alleen op bij concentraties boven de 10 mg/kg orale dosis, welke in de praktijk bij zwembaden niet voorkomen; daarom ligt de focus vooral op chronische effecten.

Langdurige blootstelling kan de werking van de schildklier verstoren, waardoor de hormoonproductie ontregeld raakt. Dit kan invloed hebben op diverse lichaamsprocessen, maar is niet direct levensbedreigend. De belangrijkste blootstellingsroute is het inslikken van kleine hoeveelheden zwembadwater (>99%) (Schets *et al.*, 2014). Volgens een rapport van RIVM (De Wit en Bokkers, 2021) hebben gebruikers die ruim 3 jaar gezwommen hebben in zwembadwater waarbij de kwaliteitseis voor chloraat met een factor 2x overschreden was, daardoor geen gezondheidsklachten ondervonden.

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. Acute risico's         | Nee (alleen bij 100x hogere concentraties) |
| 2. Milde risico's         | Nee  |
| 3. Lange termijn risico's | Ja   |

#### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

Verhoogde chloraat concentraties in het zwembadwater ontstaan voornamelijk door het gebruik van verouderde of onjuist opgeslagen chloorproducten. De vorming van chloraat in deze producten wordt versneld door hoge opslagtemperaturen, contact van geconcentreerd chloor met metalen componenten en blootstelling aan licht (niet per se UV-licht) in de opslagtank. Er is aangetoond dat bij een temperatuur van 30 °C de werkzaamheid van chloorbleekloog in één maand bijna 50% afneemt, terwijl dit bij 15 °C minder dan 10% bedraagt. Momenteel wordt nog onderzocht hoe chloraat kan ontstaan bij lage concentraties vrij chloor in het zwembadwater.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de chloraat concentratie veroorzaken:

- Dosering van chloordioxide
- Directe zoninstraling

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee chlooraat in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Extra drinkwater suppletie](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Juiste opslag hypochloriet](#)
- [Juiste kwaliteit chloorbleekloog \(of zout\) toepassen](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)
- [Omgekeerde osmose](#)
- [Ozon dosering](#)

Ook zijn er een aantal maatregelen waarvan het nog onbekend is dat hiermee chlooraat in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Invloed UV-behandeling
- Shock dosering vrij chloor
- Biologische filtratie
- Hygiëne van zwemkleding
- Losmaken slijm laag (EPS) biofilms met silicaten
- Losmaken biofilms met ultrasoon

## 2.2.4 Chloride

Chloride komt in zwembaden veelvuldig voor als restproduct van desinfectie met vrij chloor. Daarnaast brengen gebruikers chloride in het water via zweet en urine. Door regelmatige waterverversing kan de chlorideconcentratie weer worden verlaagd. De grenswaarde voor chloride in badwaterbassins is bedoeld om een minimale verversingsgraad van het water te borgen. Er bestaat geen directe medische noodzaak om chloride zelf te begrenzen. Wanneer de verversing echter te laag is, kunnen zich diverse desinfectiebijproducten ophopen die mogelijk wel gezondheidsrisico's met zich meebrengen, maar die te kostbaar zijn om routinematig te meten. Chloride fungeert daarom als signaalparameter voor het monitoren van de mate van waterverversing in badwaterbassins.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:** ≤ 1000 mg/l

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** III, sluiten volgt bij drie opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 6% en 3.8% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

In de gebruikelijke concentraties vormt chloride in zwembadwater geen gezondheidsrisico voor gebruikers. Bij zeer hoge chloridewaarden (> 1.200 mg/l) kan het water een zoute smaak krijgen en daardoor door gebruikers worden waargenomen, maar ook dan is er geen sprake van een gezondheidsrisico. Zelfs in zoutwaterbassins, waar chlorideconcentraties kunnen oplopen tot boven de 10.000 mg/l, zijn geen directe gezondheidsrisico's aan chloride verbonden.

Wel kan in zoutwaterbassins de bromideconcentratie in het zwembadwater verhoogd zijn. Dit kan leiden tot de vorming van verschillende gebromeerde desinfectiebijproducten, zoals bromaat en gebromeerde THMs, die wél gezondheidsrisico's kunnen hebben. Bromide wordt echter niet standaard gemeten in het water van badwaterbassins, waardoor hierover geen meetgegevens beschikbaar zijn.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Nee
3. Lange termijn risico's Nee (wel indirect door accumulatie desinfectie bijproducten)

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

Hoge chlorideconcentraties worden meestal veroorzaakt door onvoldoende waterverversing. Dit komt met name voor in periodes waarin sterk wordt gestuurd op waterbesparing, bijvoorbeeld in het kader van verduurzaming of kostenreductie. In sommige gevallen kan een lekkage in een zoutelektrolyse-installatie ertoe leiden dat onevenredig veel zout samen met het chloor wordt gedoseerd. Daarnaast bestaan er zoutelektrolysesystemen die juist functioneren bij hoge chlorideconcentraties in het badwater, zoals zogenoemde doorstroomcellen.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de chloride concentratie veroorzaken:

- Adsorptie aan actieve kool
- Directe zoninstraling

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Voor chloride is het belangrijk om de badbelasting en de waterverversing goed op elkaar af te stemmen. Er zijn een aantal maatregelen waarmee chloride in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Extra water verversen](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Omgekeerde osmose](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Dosering chloordioxide](#)
- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)

Ook is er een maatregel waarvan het nog onbekend is dat hiermee chloride in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- UV-behandeling

## 2.2.5 Nitraat

Nitraat ontstaat wanneer stikstofhoudende bestanddelen van gebruikersvuil worden afgebroken door vrij chloor of door nitrificerende bacteriën. Het betreft hierbij niet het organische vuil zelf, maar stikstofhoudende verbindingen zoals ureum, ammonium en eiwitten. Nitraat is daarmee een belangrijke indicator voor de mate van vervuiling van het zwembadwater. Net als chloride is deze parameter opgenomen om een minimale waterverversing te waarborgen.

### *Achtergrond kwaliteitseis*

**Norm:**  $\leq 70$  mg/l

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk hoofdbadwaterbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** III, sluiten volgt bij drie opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 0.7% en 0% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### *Gezondheidsrisico's*

Nitraat vormt in de concentraties die normaal in zwembaden voorkomen geen direct gezondheidsrisico voor gebruikers. Een verhoogde nitraatconcentratie wijst echter meestal op onvoldoende waterverversing. In zulke situaties kunnen andere stoffen, met name desinfectiebijproducten, zich ophopen. Deze bijproducten kunnen irriterend zijn of mogelijk schadelijk voor de gezondheid. Omdat het afzonderlijk meten van al deze stoffen te kostbaar is, is nitraat gekozen als indicatorparameter voor de mate van waterverversing.

De blootstelling aan nitraat vindt hoofdzakelijk plaats via het inslikken van kleine hoeveelheden zwembadwater. In het lichaam kan nitraat worden omgezet in nitriet, wat met name voor jonge kinderen, en vooral voor baby's vanwege hun lage lichaamsgewicht, een gezondheidsrisico kan vormen.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Ja
3. Lange termijn risico's Nee (wel indirect door accumulatie desinfectie bijproducten)

### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

Een verhoogde nitraatconcentratie wordt meestal veroorzaakt door onvoldoende waterverversing. Daarnaast speelt onhygiënisch gedrag van gebruikers, zoals het niet vooraf douchen en het niet gebruiken van het toilet, een belangrijke rol. De aanwezigheid van een goed functionerend biologisch filter kan bijdragen aan een snelle omzetting van stikstofverbindingen, waardoor minder irriterende chloorverbindingen worden gevormd; daarbij ontstaat echter wel nitraat. Een andere mogelijke oorzaak is het vulwater: in sommige regio's bevat dit water, ook wanneer het als drinkwater wordt geleverd, van nature al een verhoogd nitraatgehalte.

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Voor nitraat is het belangrijk om de badbelasting en de waterverversing goed op elkaar af te stemmen. Er zijn een aantal maatregelen waarmee nitraat in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Extra water verversen](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Omgekeerde osmose](#)

Ook is er een maatregel waarvan het nog onbekend is dat hiermee nitraat in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Dosering chloordioxide

## 2.2.6 Som van THMs

THMs ontstaan wanneer vrij chloor reageert met organische stoffen in het water. In zwembaden wordt gekeken naar vier verschillende THM-verbindingen, die gezamenlijk worden aangeduid als de som van de THMs. Een deel van deze stoffen is vluchtig en kan daardoor ook in de zwembadlucht voorkomen. Hierdoor hopen THMs zich in het water doorgaans minder sterk op dan bijvoorbeeld chlooraat.

Het gezondheidsrisico wordt voor ongeveer 80% bepaald door blootstelling via inademing, vanwege de vluchtigheid van THMs. Desondanks worden THMs gemeten in het water, omdat metingen in de lucht in de praktijk lastig uitvoerbaar zijn door de aanwezigheid van diverse versturende factoren.

De concentratie THMs in het water is het resultaat van een dynamisch evenwicht tussen vorming (door de reactie van vrij chloor met organische stoffen) en verdamping naar de lucht. Hoewel de vorming van THMs min of meer continu plaatsvindt, is de mate van verdamping sterk afhankelijk van het gebruik van het zwembad en de afdekking van het water. Overdag, bij intensief gebruik en veel waterbeweging door recreatieve elementen, zal de THM-concentratie in het water doorgaans dalen. 's Nachts, en met name wanneer een badafdekking wordt toegepast, kan de concentratie juist toenemen.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:**  $\leq 50 \mu\text{g/l}$ , berekend als chloroform. Dit betekent dat alle vier componenten van de THMs via de molmassa omgerekend worden naar chloroform en daarna opgeteld.

**Meetfrequentie:** één keer per drie maanden in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 24.5% en 46.2% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

Op basis van resultaten uit dierproeven hebben THMs het label *mogelijk kankerverwekkend* gekregen, dit risico hangt samen met langdurige blootstelling aan verhoogde concentraties. De vier afzonderlijke THM-componenten verschillen in mate van vluchtigheid, waardoor ook de blootstellingsroutes per stof verschillen. Voor de meest vluchtige component, chloroform (trichloormethaan), verloopt meer dan 80% van de blootstelling via inademing. Bij broomdichloormethaan (BDCM), de op één na meest vluchtige component, vindt meer dan 64% van de blootstelling plaats via inademing. Andere blootstellingsroutes zijn opname via de huid (<11% respectievelijk <13%) en het inslikken van kleine hoeveelheden zwembadwater (<11% respectievelijk <27%) voor chloroform en BDCM (Schets *et al.*, 2014).

Bescherming van de gezondheid in binnenbadwaterbassins kan worden bereikt door op momenten met veel luchtrecirculatie extra verse lucht toe te voeren, met name in situaties waarin vanwege koude buitentemperaturen (bijvoorbeeld tijdens vorst) de ventilatie-installatie vooral op recirculatie is ingesteld.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Nee
3. Lange termijn risico's Ja

### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

De oorzaak van hoge THM-concentraties ligt in de eerste plaats bij de inbreng van zogenaamd gebruikersvuil. Het niet vooraf douchen en het niet gebruiken van het toilet zijn daarbij belangrijke factoren. Daarnaast zal organisch materiaal in het zwembadwater terechtkomen door de aanwezigheid van biofilms in leidingen en installaties, bovendien kunnen stoffen afgegeven worden door spel- en lesmaterialen. Ook het suppletiewater kan organische stoffen bevatten die in reactie met vrij chloor THMs vormen. Verder kan de THM-concentratie verhogen wanneer het bassin 's nachts wordt afgedekt om energie te besparen, doordat verdamping van THMs tijdens de afgedekte periode wordt beperkt.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de THM concentratie veroorzaken:

- Extra water verversen (in regio's met veel organische stof in het drinkwater)
- Shock dosering vrij chloor
- Nachtelijke badafdekking
- Directe zoninstraling

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee THMs in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Invloed UV-behandeling](#)
- [Ionenwisseling suppletiewater](#)
- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)
- [Ozon dosering](#)
- [Adsorptie aan actieve kool](#)
- [Beluchting zwembadwater \(ook via recreatieve elementen\)](#)

Ook zijn er maatregelen waarvan het nog onbekend is dat hiermee THMs in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- UV-behandeling
- Omgekeerde osmose
- Biologische filtratie
- Hygiëne van zwembekleding
- Losmaken slijmlaag (EPS) biofilms met silicaten
- Losmaken biofilms met ultrasoon
- Dosering chloordioxide
- AdOx
- Rendement andere beluchtingstechnieken (bellenbeluchting en striptoren)

## 2.2.7 Waterstofcarbonaat

Waterstofcarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ), ook wel bicarbonaat genoemd, fungeert als zuurbuffer. De aanwezigheid ervan in het zwembadwater helpt de pH stabiel te houden en voorkomt grote schommelingen in de zuurgraad. Een stabiele pH is essentieel voor een effectieve werking van zowel de desinfectie als de filtratie.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:**  $\geq 40$  mg/l

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** III, sluiten volgt bij drie opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 33.7% en 35.1% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

Een afwijkende waterstofcarbonaatconcentratie heeft geen direct effect op de gezondheid van gebruikers. Wel kan een lage concentratie indirect invloed hebben doordat de pH van het water sterker kan gaan schommelen. Dit kan leiden tot gezondheidsrisico's, zoals de vorming van chloorgas bij een lage waterstofcarbonaatconcentratie gecombineerd met een lage pH, of een verminderde desinfectiewerking bij een hoge pH.

**⚠ Let op:** bij een lager waterstofcarbonaatgehalte dan 30 mg/L in het zwemwater is een pH-meting met de fenolroodmethode niet betrouwbaar. In dat geval wordt de pH vaak enkele tienden te hoog gemeten ten opzichte van de werkelijke waarde. Dit betekent dat de daadwerkelijke pH lager kan zijn dan de gemeten pH. Daardoor kan het lijken alsof de pH aan de norm voldoet, terwijl dat in werkelijkheid mogelijk niet zo is.

- |                           |     |
|---------------------------|-----|
| 1. Acute risico's         | Nee |
| 2. Milde risico's         | Nee |
| 3. Lange termijn risico's | Nee |

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

In badwaterbassins is de concentratie waterstofcarbonaat vaak structureel te laag. Waterstofcarbonaat komt in drie chemische vormen voor in water:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_3^{2-}$ . De verdeling van deze vormen wordt bepaald door de pH van het water: bij een zeer hoge pH is vrijwel alleen  $\text{CO}_3^{2-}$  aanwezig, bij een zeer lage pH voornamelijk  $\text{CO}_2$ . Onder normale zwembadcondities (pH 7,0–7,6) bestaat de verdeling ongeveer uit 6–20%  $\text{CO}_2$ , 80–94%  $\text{HCO}_3^-$  en 0,1–0,2%  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Omdat  $\text{CO}_2$  vluchtig is, bestaat er een vast evenwicht tussen  $\text{CO}_2$  in het water en in de lucht. Dit evenwicht wordt echter beperkt door de maximale oplosbaarheid van  $\text{CO}_2$  in water, die afhankelijk is van temperatuur en druk. Hierdoor ontstaat continu een uitstroom van  $\text{CO}_2$  vanuit het water naar de lucht. Dit effect is sterker in ondiepe badwaterbassins, bij badwaterbassins met overloopgoten en bij recreatieve elementen. Het  $\text{CO}_2$ -verlies is groter bij een lage pH dan bij een hoge pH. In het water wordt het verlies aan  $\text{CO}_2$  automatisch aangevuld uit het aanwezige  $\text{HCO}_3^-$ , zolang er voldoende voorraad is. Hierdoor neemt de  $\text{HCO}_3^-$ -concentratie in het water continu af door de verdamping van  $\text{CO}_2$ .

De volgende factoren en technieken kunnen een verlaging van de waterstofcarbonaat concentratie veroorzaken:

- Beluchting
- Geavanceerde oxidatie
- Omgekeerde osmose

#### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee waterstofcarbonaat in het zwembadwater verhoogd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Handmatig doseren van natriumwaterstofcarbonaat](#)
- [Automatisch doseren van natriumwaterstofcarbonaat zonder ontharding](#)
- [Automatisch doseren van natriumwaterstofcarbonaat met ontharding](#)
- [Filtratie over een marmerfilter met zuurdosering](#)
- [Beheersing van CO<sub>2</sub> verdamping](#)
- [Drinkwater suppletie](#)

Ook is er een maatregel waarvan het nog onbekend is dat hiermee waterstofcarbonaat in het zwembadwater verhoogd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Invloed ionenwisselaar suppletiewater voor verwijdering humuszuren op HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> verwijdering

## 2.2.8 Intestinale enterococcen

*Intestinale enterococcen* zijn darmbacteriën die relatief gevoelig zijn voor desinfectie met vrij chloor. Het aantreffen van deze bacteriën in zwembadwater duidt op de aanwezigheid van fecaal materiaal (ontlasting) en/of een verminderde werking van de desinfectie. De aanwezigheid van fecaal materiaal kan betekenen dat ook andere ziekteverwekkers in het water aanwezig zijn, wat directe actie vereist. *Intestinale enterococcen* kunnen zich niet vermenigvuldigen in zwembadwater.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:** < 1 kve/100 ml

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk badwaterbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 2.0% en 3.7% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

De aanwezigheid van *Intestinale enterococcen* in zwembadwater duidt op een mogelijk risico op ziekteverwekkers zoals virussen, bacteriën en parasieten die via ontlasting worden verspreid. Blootstelling hieraan kan leiden tot maagdarmklachten, huidinfecties of infecties van oor en oog.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Ja
3. Lange termijn risico's Nee

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

De aanwezigheid van *intestinale Enterococcen* wordt in de meeste gevallen veroorzaakt door een fecaal incident. Dit kan zowel van menselijke als van dierlijke oorsprong zijn, bijvoorbeeld vogels in buitenbassins.

De volgende factor kan een verhoging van de *Intestinale enterococcen* concentratie veroorzaken: "

- Onvoldoende (gebruikers) hygiëne

### Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis

Er zijn een aantal maatregelen waarmee *intestinale Enterococcen* in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Protocol fecaal materiaal in het zwembadwater](#)
- [UV-behandeling \(dosis voor gebonden chloor\)](#)
- [Shock-dosering vrij chloor \(dit zit in het protocol fecaal materiaal in het zwembadwater\)](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Ozon doseren](#)
- [Omgekeerde osmose](#)

## 2.2.9 Legionella

Legionella is een bacterie die zich in watersystemen kan vestigen en vermenigvuldigen, en die bij mensen ziekte kan veroorzaken. Een van de grootste bekende uitbraken wereldwijd vond plaats in 1999 op de Westfriese Flora in Bovenkarspel, waarbij meer dan 300 mensen ziek werden, ruim 200 ernstig ziek en meer dan 30 personen overleden. Legionellabacteriën groeien vooral in water met een temperatuur van 25–50 °C en kunnen mensen besmetten via inademing van vernevelde waterdruppeltjes. Omdat deze bacteriën redelijk resistent zijn tegen vrij chloor, kunnen ze ook in gechloreerd zwembadwater worden aangetroffen.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:** < 100 kve/L

**Meetfrequentie:** één keer per half jaar bij vorming van waternevel

**Analyse:** door laboratoria/onafhankelijke deskundige

**Klasse:** I, stoppen van de vorming van waternevel verplicht bij de eerste afwijking. Het badwaterbassin zelf blijft bij een legionellabesmetting gewoon open.

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 12.6% en 10% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

Vanwege het directe gezondheidsrisico voor gebruikers dienen zwembadexploitanten de kans op een legionellabesmetting te laten beoordelen door een onafhankelijke deskundige. Deze deskundige analyseert de installatie op legionellarisico's, adviseert welke beheersmaatregelen moeten worden genomen en identificeert specifieke risicopunten waar regelmatig moet worden bemonsterd op de aanwezigheid van legionella.

### Gezondheidsrisico's

Blootstelling aan legionellabacteriën vindt plaats via inademing van vernevelde waterdruppeltjes (aerosolen van ca. 2 µm) die de bacteriën bevatten. Door inademing kunnen de bacteriën in de longblaasjes terechtkomen en daar infecties veroorzaken. Een milde vorm van besmetting is pontiackoorts, welke in een vroeg stadium goed behandelbaar is. Bij vertraagde medische interventie bij ernstige besmetting kan blijvende longschade optreden en in uitzonderlijke gevallen kan de infectie dodelijk zijn.

In Nederland is het aantal meldingen van legionella pneumonie tussen 2013 en 2023 gestegen van 180 naar 675 gevallen per jaar, bijna een verviervoudiging. Brononderzoek toonde aan dat 159 patiënten het gebruik van een bubbelbad noemden (waarvan 135 in de privésfeer, inclusief bubbelbaden in vakantiehuisjes), 130 patiënten verwezen naar zwembaden en 89 patiënten naar sauna's als mogelijke bron. In de periode 2013–2022 waren er 5 clusters bij bubbelbaden en 10 clusters bij sauna's, met respectievelijk 17 en 42 patiënten. Bij de helft van de bemonsterde bubbelbaden werd legionella aangetroffen.

Opvallend is dat, parallel aan de stijging van het totale aantal meldingen tussen 2013 en 2022, ook het aantal patiënten dat bubbelbaden, sauna's en zwembaden als mogelijke bron noemde de laatste jaren gestaag toenam. Van de 159 patiënten in deze categorieën over de periode 2013–2022 zijn 18 overleden. (Reukers *et al.*, 2024).

1. Acute risico's Ja
2. Milde risico's Ja
3. Lange termijn risico's Ja

### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

De oorzaak van een legionellabesmetting in gechloreerd zwembadwater ligt meestal bij het onvoldoende naleven van beheersmaatregelen of bij een technisch defect in een van de automatische controlesystemen. Legionellabacteriën groeien vooral in water van 25–50 °C, en hun groei wordt bevorderd wanneer water in leidingen langzaam stroomt of regelmatig stilstaat. In gechloreerde systemen betekent dit dat vrij chloor niet continu wordt aangevoerd, waardoor de bacteriën gemakkelijker kunnen overleven.

Voor overleving en vermenigvuldiging zijn legionellabacteriën afhankelijk van een gastheer, meestal eencelligen zoals protozoa (bijvoorbeeld amoeben). Deze protozoa leven in een biofilm, die mede wordt gevormd door andere niet-pathogene, slijmvormende bacteriën. De biofilm biedt de micro-organismen een eigen microklimaat en bescherming tegen aanvallen van buitenaf. Vrij chloor dringt slecht door in deze slijm laag en is daardoor beperkt effectief in het doden van bacteriën die zich binnen de biofilm bevinden. Dit komt omdat de bacteriën onmiddellijk extra EPS gaan aanmaken. EPS bestaat uit polysacchariden welke de behuizing vormen voor bacteriën.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de legionella concentratie veroorzaken:

- Filtratie over actieve kool
- Beluchting
- Biologische filtratie

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee de concentratie aan legionellabacteriën in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Beheersmaatregelen legionellapreventie](#)
- Opnieuw opstellen risicoanalyse en beheersmaatregelen
- [Dosering chloordioxide](#)
- [Shock dosering vrij chloor](#)

Ook zijn er maatregelen waarvan het nog onbekend is dat hiermee de concentratie aan legionellabacteriën in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Losmaken slijm laag (EPS) biofilms met silicaten
- Losmaken biofilms met ultrasoon

## 2.2.10 *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* is een opportunistische bacterie die van nature in elke omgeving voorkomt. "Opportunistisch" betekent dat de bacterie vooral infecties veroorzaakt bij mensen met een verlaagde weerstand of bij aanwezigheid van open wondjes. *Pseudomonas aeruginosa* gedijt goed in warme, vochtige omgevingen en kan ook in gechloreerd zwembadwater overleven, met name binnen biofilms. Deze biofilms kunnen zich niet alleen in het water vormen, maar ook op spel- en lesmateriaal aanwezig zijn.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:** < 1 kve/100 ml

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk badwaterbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 2.2% van zowel de resultaten bij binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

*Pseudomonas aeruginosa* kan verschillende infecties veroorzaken, waaronder huidinfecties, oorontsteking (zwemmersoor), folliculitis (rode, jeukende huidbultjes) en wondinfecties. Personen met een verminderde weerstand lopen hierbij het grootste risico.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Ja
3. Lange termijn risico's Nee

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

De aanwezigheid van *Pseudomonas aeruginosa* wordt meestal veroorzaakt door onvoldoende werking van de desinfectie, soms in combinatie met een hoge badbelasting. Onhygiënisch gedrag van gebruikers, zoals niet douchen vooraf en geen gebruik maken van het toilet, draagt hier eveneens aan bij. Door de vorming van biofilm kan *Pseudomonas aeruginosa* langer overleven in gechloreerd zwembadwater. Biofilm komt vaak voor in zwembadfilters wanneer deze niet goed worden beheerd.

De volgende factoren en technieken kunnen een verhoging van de *Pseudomonas aeruginosa* concentratie veroorzaken:

- Onvoldoende gebruikers hygiëne
- Biologische filtratie over actieve kool

### Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis

Er zijn een aantal maatregelen waarmee *Pseudomonas aeruginosa* in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Beheersmaatregelen tegen legionella](#)
- [UV-behandeling](#)
- [Dosering chloordioxide](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Shock dosering vrij chloor](#)
- [Ozon doseren](#)
- [Goede filtratie/vlok/spoeling](#)

Ook zijn er maatregelen waarvan het nog onbekend is dat hiermee *Pseudomonas aeruginosa* in het zwembadwater verlaagd kan worden, hier wordt momenteel wel onderzoek naar gedaan:

- Losmaken slijm laag (EPS) biofilms met silicaten
- Losmaken biofilms met ultrasoon

## 2.2.11 Sporen van sulfiet reducerende *Clostridia*

Sporen van sulfietreducerende *Clostridia* (verder: SSRC) vormen een bijzondere groep darmbacteriën in zwembadwater. Deze bacteriën kunnen onder ongunstige omstandigheden sporen vormen om zich te beschermen en zo langer te overleven. De sporen zijn zeer resistent tegen vrij chloor en kunnen onder zwembadcondities tot ongeveer 6 dagen overleven bij 1 mg/l vrij chloor, of tot het dubbele bij 0,5 mg/l. SSRC kunnen zich niet vermenigvuldigen in zwembadwater. Daarnaast fungeren ze indirect als indicator voor fecaal materiaal; de aanwezigheid ervan wijst erop dat ook andere ziekteverwekkers via ontlasting in het water terecht kunnen zijn gekomen, wat directe actie vereist.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:** < 1 kve/100 ml

**Meetfrequentie:** maandelijks in elk hoofdbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 2.3% en 4.6% van de resultaten bij respectievelijk binnen- en buitenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

In de Verenigde Staten en in het Verenigd Koninkrijk worden SSRC beschouwd als een van de grootste bedreigingen voor de gezondheid van gebruikers. Om deze reden hebben meerdere Europese landen deze parameter inmiddels ingevoerd, waaronder Nederland.

Bij een verhoogde concentratie SSRC lopen gebruikers het risico op darmklachten, vaak gepaard met ernstige diarree, die in sommige gevallen zelfs levensbedreigend kan zijn. De blootstelling gebeurt via het inslikken van kleine slokjes zwembadwater. Zelfs een enkele spore kan voldoende zijn om een gebruiker ziek te maken. Door de relatief lange incubatietijd van 7–10 dagen wordt de darmklacht vaak niet in verband gebracht met een zwembadbezoek van een week eerder. Bovendien bezoekt niet iedereen met ernstige diarree een huisarts, en wanneer zij dat wel doen, wordt er meestal niet gevraagd of de patiënt recentelijk heeft gezwommen. Hierdoor zijn zwembadexploitanten zich vaak niet bewust van een mogelijke SSRC-besmetting.

Een extra risico ontstaat doordat patiënten vaak direct na herstel van de klachten weer gaan zwemmen of baden, terwijl zij tot 14 dagen na het verdwijnen van de klachten nog SSRC kunnen afgeven aan het water. Eenmaal in het zwembadwater kunnen deze sporen lang overleven vanwege hun hoge resistentie tegen vrij chloor. Factoren zoals slecht functionerende filters, filters in bypass, slecht werkende vlokdosering of onvoldoende spoeling van het filter dragen bij aan het langer overleven van de sporen. Gedurende deze tijd kunnen andere gebruikers opnieuw besmet raken via het inslikken van kleine hoeveelheden water.

Voor Nederlandse zwembaden wordt echter verwacht dat er geen verband is tussen ernstige diarree en een zwembadbezoek een week eerder. De verklaring hiervoor ligt vermoedelijk in het feit dat de meeste Nederlandse zwembaden, in tegenstelling tot Amerikaanse en Engelse, beschikken over goed functionerende filtratiestappen (niet in bypass), een effectieve vlokdosering en regelmatige, adequate spoeling van de filters.

Daarnaast fungeert SSRC als indicator voor fecaal materiaal. De aanwezigheid ervan wijst erop dat ook andere ziekteverwekkers via ontlasting in het water terecht kunnen zijn gekomen.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Ja
3. Lange termijn risico's Nee

### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

De aanwezigheid van SSRC wordt in de meeste gevallen veroorzaakt door een besmette gebruiker. Zelfs zonder een duidelijk fecaal incident kan een geïnfecteerde gebruiker sporen in het water achterlaten, aangezien geen enkel lichaam volledig steriel is. In uitzonderlijke gevallen kan besmetting ook via dierlijke mest plaatsvinden; dit is onwaarschijnlijk in binnenbaden, maar bij buitenbaden wel mogelijk.

De volgende factor kan een verhoging van de SSRC concentratie veroorzaken:

- Onvoldoende gebruikers hygiëne

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee SSRC in het zwembadwater verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [Goede filtratie/vlok/spoelen](#)
- [UV-behandeling \(dosis voor gebonden chloor\)](#)
- [Protocol fecaal materiaal in het zwembadwater](#)
- [Shock-dosering vrij chloor \(dit zit in het protocol fecaal materiaal in het zwembadwater\)](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)
- [Ozon doseren](#)
- [Omgekeerde osmose](#)

## 2.2.12 Ozon (lucht)

Ozon is een sterke oxidator die in sommige badwaterbassins naast vrij chloor wordt gebruikt om opgeloste stoffen, zoals gebruikersvuil, te oxideren. Dit helpt de vorming van desinfectiebijproducten in het water te verminderen. Ozon is echter een gevaarlijke stof; inademing kan onherstelbare gezondheidsschade veroorzaken. Daarom mag ozon uitsluitend binnen de technische installatie worden toegepast. Voor de lucht in de zwemzaal geldt een kwaliteitseis om de gezondheid van personeel en gebruikers te waarborgen.

### *Achtergrond kwaliteitseis*

**Norm:**  $\leq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Meetfrequentie:** één keer per drie maanden in elke zwemzaal waar ozon in de waterbehandeling gebruikt wordt

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** I, sluiten volgt bij de eerste afwijking. Hoeft niet gesloten te worden als de ozon-dosering uitgeschakeld wordt (wel maatregelen nemen om de concentratie ozon in de zwemzaal te verlagen).

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten zaten er geen zwembaden die ozon gebruikten. Er zijn daarom geen gegevens van %-overschrijdingen.

Het is goed om te weten dat de menselijke neus ozon al in lage concentraties kan waarnemen. Denk bijvoorbeeld aan de typische geur tijdens een onweersbui of de geur die soms in een ruimte met veel kopieerapparaten hangt, dat is ozon. De reukgrens voor mensen ligt ongeveer tussen 20 en  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Het meten van ozon in water waar ook vrij chloor aanwezig is, is complex. Er is geen betrouwbare en gevalideerde methode, omdat de bepalingen van ozon en vrij chloor elkaar verstoren. Om die reden wordt ozon tegenwoordig niet meer in het water gemeten, maar uitsluitend in de lucht.

### *Gezondheidsrisico's*

Inademing van ozon kan leiden tot onherstelbare schade aan de longen. Bij lagere concentraties kan dit zich uiten in benauwdheid en kortademigheid.

1. Acute risico's Ja
2. Milde risico's Nee
3. Lange termijn risico's Nee

### *Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking*

Wanneer ozon wordt toegepast in de waterbehandeling, moet worden gegarandeerd dat alle ozon uit het water is verwijderd voordat het terugstroomt naar het zwembad. Als de techniek die verantwoordelijk is voor de afbraak of verwijdering van restozon niet goed functioneert, kan ozon in de zwemzaal terechtkomen. Het meten van ozon in water met aanwezig vrij chloor is problematisch, omdat beide stoffen elkaar tijdens de meting verstoren. Hierdoor is het lastig om betrouwbaar vast te stellen dat alle ozon uit het water is verwijderd voordat het terugkeert naar de zwemzaal.

De volgende factor kan een verhoging van de ozon concentratie veroorzaken:

- Geavanceerde oxidatie met ozon

### *Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis*

Er zijn een aantal maatregelen waarmee ozon in de zwemzaal verlaagd kan worden:

- Ozon dosering uitschakelen en dosering opnieuw inregelen
- Extra ventileren helpt om ozon snel te verwijderen en gebruikers te beschermen

## 2.2.13 Trichlooramine (lucht)

Trichlooramine is de meest vluchtige vorm van gebonden chloor. Het ontstaat wanneer vrij chloor reageert met stikstofverbindingen, zoals ureum, ammonium en eiwitten. Trichlooramine wordt beschouwd als de belangrijkste veroorzaker van de kenmerkende zwembadlucht en is verantwoordelijk voor veel irritaties bij gebruikers, zoals rode ogen en geïrriteerde luchtwegen. Daarnaast dient trichlooramine als indicator voor andere vluchtige desinfectiebijproducten, waarvan het afzonderlijk meten te kostbaar is, maar die mogelijk wel eveneens irritatie of gezondheidsrisico's kunnen geven.

### Achtergrond kwaliteitseis

**Norm:**  $\leq 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Meetfrequentie:** jaarlijks in elk hoofdwaterbassin

**Analyse:** door laboratoria

**Klasse:** II, sluiten van zwemzaal volgt bij twee opeenvolgende afwijkingen

**Data-analyse 2024:** van ruim 100.000 laboratoriumresultaten bleek 3.9% van de resultaten bij binnenbaden niet aan de norm te voldoen.

### Gezondheidsrisico's

Hoewel sommige wetenschappelijke publicaties rond de eeuwwisseling suggereren dat trichlooramine een belangrijke oorzaak van astma bij kinderen zou zijn, is dit nooit wetenschappelijk bewezen. Trichlooramine is een irriterende stof die rode ogen en luchtwegirritaties kan veroorzaken. Blootstelling aan trichlooramine vindt zowel via de lucht als via het zwembadwater plaats. De stof ontstaat in het water en verdampt aan het wateroppervlak naar de lucht. Opname via huid, ogen en slijmvliezen speelt een kleinere rol. De blootstelling verloopt voornamelijk via inademing.

1. Acute risico's Nee
2. Milde risico's Nee
3. Lange termijn risico's Ja

### Veelvoorkomende oorzaken van een afwijking

Trichlooramine ontstaat door de reactie van vrij chloor met stikstofverbindingen van mensen. Onhygiënisch gedrag van gebruikers, zoals niet vooraf douchen en het niet gebruiken van het toilet, is daarom de belangrijkste oorzaak van te hoge trichlooramine concentraties. Daarnaast heeft de verdere verduurzaming van zwembaden geleid tot een grotere recirculatie van ventilatielucht, wat de trichlooramine concentratie in de zwemzaal heeft verhoogd. Ook het gebruik van badafdekking, zoals opgenomen in de Erkende Maatregelen Lijst (EML), beperkt 's nachts het verdampen van trichlooramine uit het water. Hierdoor neemt de concentratie in het water toe, wat overdag na het verwijderen van de afdekking leidt tot hogere trichlooramine waarden in de lucht tijdens het zwemmen.

### Maatregelen voor herstel van een afwijking van de kwaliteitseis

Er zijn een aantal maatregelen waarmee trichlooramine in de zwemzaal verlaagd kan worden, deze zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 van de kennisbank:

- [UV-behandeling](#)
- [Beluchting](#)
- [Verbeterde gebruikers hygiëne](#)
- [Geavanceerde oxidatie](#)

Omdat trichlooramine vluchtig is, kan extra toevoer van verse buitenlucht helpen om de concentratie te verlagen. Hoewel dit in strijd is met verduurzamingsdoelstellingen, gaat de gezondheid van gebruikers voorop. Extra ventilatie kan daarom als tijdelijke maatregel worden ingezet, maar is geen structurele oplossing. Buitenbaden hebben doorgaans weinig last van trichlooramines, en daarom hoeft trichlooramine daar niet gemeten te worden. Dit komt doordat UV-straling van de zon chlooramines afbreekt.

### 3 Maatregelenmatrix

De maatregelenmatrix (Tabel 3-2) geeft een overzicht van beschikbare technieken en beheersmaatregelen voor het beïnvloeden van water- en luchtkwaliteit in badwaterbassins en zwembaden. De matrix is bedoeld als hulpmiddel voor zwembadexploitanten, adviseurs en bevoegde gezagen om op een gestructureerde en onderbouwde manier maatregelen met elkaar te vergelijken. Daarbij wordt inzicht gegeven in werking, effectiviteit per parameter en kosten, zonder dat de matrix voorschrijvend is.

De opgenomen maatregelen zijn ingedeeld naar hun rol in het beheer:

- Goed beheer: organisatorische en operationele maatregelen die tot de basis van een goed functionerend zwembad behoren.
- Preventieve maatregelen: technieken die gericht zijn op het voorkomen van overschrijdingen door het verminderen van bronvorming of bouwstenen.
- Correctieve maatregelen: ingrepen die worden toegepast nadat een overschrijding of ongewenste trend is vastgesteld.

Maatregelen die als Best Beschikbare Techniek (BBT) worden beschouwd, zijn vetgedrukt weergegeven. Deze technieken zijn aantoonbaar effectief in zwembaden, praktisch toepasbaar en hebben bekende en beheersbare neveneffecten.

De effectiviteit per parameter is kwalitatief gescoord op basis van beschikbare wetenschappelijke literatuur, praktijkervaring in zwembaden en expert judgement. De scores geven geen absolute reducties weer, maar een relatieve inschatting van het effect van een maatregel op een specifieke parameter. Een score 0 betekent dat geen effect wordt verwacht, terwijl 7 aangeeft dat het effect (nog) onbekend is. Een score 6 duidt op een bewezen negatief effect op de betreffende parameter. In sommige gevallen is een bandbreedte opgenomen (bijvoorbeeld 0–6), wat aangeeft dat het effect sterk afhankelijk is van de wijze van toepassing of bedrijfsvoering. Voor de effectiviteit van de maatregelen zijn scores en kleuren gebruikt, zoals vermeld in tabel 3-1.

De kostenindicatie is opgenomen om een globale vergelijking mogelijk te maken tussen maatregelen. Het betreft orde-van-grootte schattingen voor investerings- en exploitatiekosten samen, exclusief indirecte kosten zoals sluiting van bassins of organisatorische inzet. Werkelijke kosten zijn altijd locatie- en situatieafhankelijk.

De matrix moet gelezen worden als een beslis- en gesprekstoel, niet als een keuzelijst met één juiste oplossing. In de praktijk zal vrijwel altijd een combinatie van maatregelen nodig zijn, afgestemd op het type zwembad, de belasting, de waterkwaliteit van het suppletiewater en de geldende wettelijke kaders. Waar effectiviteit of neveneffecten nog onzeker zijn, is dit expliciet zichtbaar gemaakt om transparantie te bieden en ruimte te laten voor maatwerk en verdere kennisontwikkeling.

Tabel 3-1: legenda maatregelenmatrix

Scores	Toelichting
<b>Effectiviteit</b>	
0	geen effect
1	best beschikbare techniek; bewezen, in zwembaden effectief toegepast, neveneffecten bekend
2	beschikbare techniek; bewezen, in zwembaden effectief toegepast, minder effectief dan bij 1, of meer ongewenste neveneffecten dan bij 1
3	bewezen techniek; in waterbehandeling effectief toegepast, minder effectief dan bij 2 of neveneffecten in zwembaden niet bekend
4	veelbelovende techniek, nog niet bewezen in zwembaden, neveneffecten niet bekend
5	bescherming gezondheid gebruikers
6	Bewezen negatief effect op deze parameter
7	Effect op deze parameters onbekend
<b>Kosten</b>	
Hoog	> 50 k€
Middel	20-40 k€
Laag	<10 k€

Tabel 3-2: Maatregelenmatrix met de effectiviteit per parameter. De legenda is weergegeven op de vorige pagina in tabel 3-1

Techniek of maatregel	Werking	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bromaat	Chloraat	THM's	Legionella	Chloride	NO <sub>3</sub>	Troebelheid	SSRC	Ps.ae.	IE	TCA (lucht)	ozon (lucht)	Kosten
<b>Verbeterde gebruikers hygiëne</b>	Goed beheer	0	2	2	1	0	2	2	2	0	0	0	2	0	Laag
<u>Juiste opslag chloorbleekloog</u>	Goed beheer	0	2	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Verdunnen van chloorbleekloog</u>	Goed beheer	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Juiste kwaliteit chloorbleekloog</u>	Goed beheer	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<b>Beheersmaatregelen legionella</b>	Goed beheer	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Laag
<b>Goede filtratie/vlok/spoeling</b>	Goed beheer	0	3	3	3	0	3	0	1	1	3	0	0	0	Laag
<u>Hygiëne van zwembkleding</u>	Goed beheer	0	7	7	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	Laag
<b>Beheersmaatregelen fecaal materiaal in het water</b>	Goed beheer	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	Laag
<u>Beheersmaatregelen verdamping CO<sub>2</sub></u>	Goed beheer	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Luchtbehandeling</u>	Goed beheer	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	Laag
<u>Geavanceerde oxidatie</u>	Preventief	6	3	3	2	0	3	0	0	2	3	3	3		Middel
<b>UV-behandeling</b>	Preventief	0	7	7	3	0	7	0	0	2	3	3	1	0	Middel
<u>Dosering chloordioxide</u>	Preventief	0	4	6	4	2	3	7	0	3	2	3	4	0	Laag
<u>Ionenwisselaar suppletiewater</u>	Preventief	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Biologische filtratie</u>	Preventief	0	3	3	tijdelijk	6	3	6	0	0	6	0	0	0	Middel
<u>Toepassen membraanfiltratie</u>	Preventief	0	7	3	3	0	7	0	2	2	3	0	0	0	Hoog
<u>Ozon doseren</u>	Preventief	0	6	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	6	Hoog
<u>Losmaken slijm laag (EPS) met silicaten</u>	Preventief	0	7	7	7	7	0	0	0	0	7	0	0	0	Laag
<u>Beheersing biofilm met ultrasoon</u>	Preventief	0	7	7	7	7	0	0	0	0	7	0	0	0	Laag
<b>Dosering waterstofcarbonaat</b>	Correctief	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Adsorptie aan actieve kool</u>	Correctief	0	0	0	3	0-6	6	0	0	0	0-6	0	0	0	Laag
<u>Beluchting van zwembadwater</u>	Correctief	6	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	2	0	Hoog
<b>Extra water verversen</b>	Correctief	2	1	1	0-6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	Laag
<u>Shockdosering vrij chloor</u>	Correctief	0	7	7	6	2	7	0	0	2	2	2	0	0	Laag
<u>Omgekeerde osmose</u>	Correctief	6	3	3	7	0	2	3	0	0	0	0	0	0	Hoog
<u>Extra ventilatielucht inbrengen</u>	Correctief	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	2	Laag

## 4 Technieken voor beheersing van parameters

### 4.1 Inleiding

Om afwijkende parameters weer onder controle te krijgen kunnen (technische) maatregelen worden ingezet. Deze technieken zijn onder te verdelen in twee categorieën: preventieve en correctieve technieken. Preventieve technieken zijn gericht op het voorkómen van afwijkingen, terwijl correctieve technieken bedoeld zijn om bestaande afwijkingen te herstellen. Sommige technieken hebben zowel een preventief als een correctief effect. In dat geval is gekeken naar de snelheid waarmee het effect optreedt: wanneer het resultaat pas op langere termijn zichtbaar is (ca. 3–6 maanden), zijn deze technieken ingedeeld als preventief. Bij de keuze voor een maatregel gaat de voorkeur doorgaans uit naar preventieve technieken, omdat deze structureel bijdragen aan het beheersen van de water- en luchtkwaliteit.

In veel situaties is goed beheer al een belangrijke eerste stap om meer grip te krijgen op de (nieuwe) parameters. Hierbij kan worden gedacht aan vooraf douchen, correcte opslag van chloor, inkoop van chloorbleekloog of zout van de juiste kwaliteit voor zoutelektrolyse, adequate beheersmaatregelen voor legionellapreventie en fecale verontreiniging, goed functionerende filtratie en hygiënisch gebruik van zwemkleding. De maatregelen die vallen onder de paragraaf *Goed beheer* worden verwacht al te worden toegepast door zwembaden. Als dit nog niet het geval is, kan het alsnog uitvoeren van deze maatregelen al leiden tot een duidelijke verbetering.

Bij het implementeren van technische maatregelen voor herstel is het effect van deze maatregelen het grootst als deze maatregelen geïnstalleerd worden op elk hoofdbassin. Dit is van elk circulatiesysteem het badwaterbassin met de grootste inhoud.

### 4.2 Kennis op peil houden

De technieken die nodig zijn om de veiligheid en gezondheid van zwembadgebruikers te waarborgen, zijn via verschillende regelingen en systemen met elkaar verbonden. Voor een correct beheer, onderhoud en bediening van deze technieken is actuele en voldoende kennis van zowel processen als installaties essentieel. Het is daarom belangrijk deze kennis structureel op peil te houden door regelmatig opleidingen te volgen. Binnen de zwembadbranche zijn hiervoor diverse opleidingsaanbieders beschikbaar. Wanneer opleidingen al enkele jaren geleden zijn gevolgd, is het raadzaam deze opnieuw te doen. Kennis zakt immers weg en nieuwe ontwikkelingen worden vooral opgepikt door herhaling en bijscholing.

De volgende technische opleidingen zijn van belang:

- Watermeting (meten van vrij en gebonden chloor en pH)
- Zwemwaterfiltratie
- Zwemwaterchemie
- Pomptechnieken
- Doseertechnieken
- Luchtbehandeling
- Regeltechniek
- Drink- en afvalwater
- Bouwkundige aspecten
- Wet- en regelgeving

Voor veel van deze onderwerpen bestaan landelijke examens waarmee de kennis kan worden getoetst. Bij het behalen van het examen wordt een branchecertificaat verstrekt.

Naast technische kennis is ook deskundigheid op het gebied van zwemveiligheid essentieel. Deze kennis ligt vaak bij andere medewerkers, maar is net zo belangrijk voor het borgen van de veiligheid en gezondheid van gebruikers. De volgende opleidingen spelen hierin een belangrijke rol:

- EHBO (inclusief reanimatie)
- Reddend zwemmen (praktijkopleiding)
- Lifeguard
- Allround zwembadmedewerker

### 4.3 Management van veilig en gezond zwemmen

Veilig en gezond zwemmen en baden vraagt niet alleen om goede techniek, maar ook om een zorgvuldig ingerichte organisatie en actief management. Dit omvat een breed scala aan taken die erop gericht zijn risico's te beheersen, kwaliteit te borgen en tijdig in te grijpen wanneer afwijkingen optreden. Hieronder volgt een overzicht van belangrijke managementtaken:

- Toezicht houden op en controleren van de werkzaamheden van het badpersoneel
- Controleren van de werkzaamheden van de technische dienst
- Controleren van de werkzaamheden van derden, zoals laboratoria en onderhoudspartijen
- Opstellen en actueel houden van de risicoanalyse voor veilig en gezond zwemmen of baden
- Vaststellen en documenteren van beheersmaatregelen voor veilig en gezond zwemmen of baden
- Toezicht houden op de uitvoering en naleving van deze beheersmaatregelen
- Bijhouden en evalueren van incidentregistraties
- Bewaken van de water- en luchtkwaliteit
- Rapporteren van water- en luchtkwaliteit aan het bevoegd gezag
- Signaleren van afwijkingen in parameters en het initiëren van herstelmaatregelen
- Plicht tot het (tijdelijk) sluiten van een bassin en het moment van heropening
- Het onverwijld informeren van het bevoegd gezag over het overschrijden van de kwaliteitseis voor legionella of ongewone voorvallen
- Vooruitkijken en inschatten van momenten met hoge of lage badbelasting
- Afstemmen van de personele bezetting op de verwachte badbelasting
- Opdracht geven aan het laboratorium voor (her)bemonstering
- Bijhouden van een opleidingsplan voor badpersoneel
- Bijhouden van een opleidingsplan voor technisch personeel
- Bijhouden van diverse logboeken, zoals legionella, waterkwaliteit, zwembadtechniek en incidenten
- Schriftelijk vastleggen van bovenstaande activiteiten, zodat aantoonbaar is dat deze structureel en correct worden uitgevoerd

## 4.4 Goed beheer

### 4.4.1 Verbeterde gebruikers hygiëne

#### BBT voor THMs

Vooraf douchen en goed toiletgebruik verminderen het gebruikersvuil met 60–85% en zijn zeer effectief voor het verbeteren van de water- en luchtkwaliteit. Deze maatregel is de beste techniek om THMs en trichlooramine te verlagen en heeft ook effect op bromaat, chloraat, nitraat, chloride en troebelheid.

De maatregel is eenvoudig, goedkoop, direct toepasbaar en leidt netto tot waterbesparing. Effecten op trichlooramines zijn snel zichtbaar; bij andere stoffen treedt verbetering op over enkele maanden.

Verbeterde gebruikershygiëne houdt in dat gebruikers vooraf douchen en gebruikmaken van het toilet. Wetenschappelijk onderzoek laat zien dat bij sportgebruikers door vooraf douchen ongeveer 30% van het gebruikersvuil wordt verwijderd en dat correct toiletgebruik circa 35% van het gebruikersvuil voorkomt (Keuten *et al.*, 2014; Keuten *et al.*, 2012). Dit betekent dat bij sportgebruikers ongeveer 35% van het gebruikersvuil daadwerkelijk samenhangt met de inspanning tijdens het zwemmen (zweeten). Bij recreatieve gebruikers, die doorgaans een lagere inspanning leveren, ligt dit aandeel aanzienlijk lager (ongeveer 10–20%). Voor deze groep is het effect van vooraf douchen en toiletgebruik dus groter: respectievelijk circa 40% en 45%.

Wereldwijd is relatief weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar het hygiënisch gedrag van gebruikers. Onderzoek van gedragswetenschappers van de Universiteit Twente heeft echter aangetoond dat dit gedrag wel degelijk te beïnvloeden is met gerichte informatieborden en pictogrammen (Ribbers *et al.*, 2016; Stronks *et al.*, 2015; Zwilling *et al.*, 2014). Verdere studies zijn nodig om ook andere aspecten van hygiënisch gedrag en de beïnvloeding daarvan beter te begrijpen.

Over het toiletgebruik van gebruikers is nog minder wetenschappelijke informatie beschikbaar dan over vooraf douchen. Een veel geciteerde Canadese publicatie waarin wordt gesteld dat zich 75 liter urine in een wedstrijdbad zou bevinden, is methodologisch beperkt betrouwbaar, maar krijgt wel veel media-aandacht. Het onderzoek van Ribbers *et al.* (2016) liet onbedoeld zien op welke momenten gebruikers geneigd zijn in het bad te urineren, met name wanneer het rustig is en sociale controle ontbreekt. Naar aanleiding van deze inzichten nemen architecten het toilet aan de badrand steeds vaker weer op in nieuwe ontwerpen. Dit heeft een positief effect, maar is bij bestaande zwembaden vaak lastig te realiseren.

Waar kledingzwemmen en het dragen van onderbroeken onder zwemshorts kunnen leiden tot slechtere hygiëne, zal het dragen van een badmuts en/of badslippers bijdragen aan een betere hygiëne. Het respectievelijk afraden en stimuleren van het gebruik helpt de badbelasting te verlagen en draagt bij aan het borgen van veiligheid en gezondheid van de gebruikers.

### Effectiviteit

Voor de parameter Som van de THMs is verbeterde gebruikershygiëne de best beschikbare techniek. Uit onderzoek blijkt dat tijdens 60 seconden douchen al het loszittende gebruikersvuil wordt verwijderd, mits het gehele lichaam nat wordt gemaakt en het water actief over huid en haar wordt verdeeld. Het gebruik van zeep of shampoo zorgt ervoor dat meer vuil loskomt, maar heeft als nadeel dat het veel langer duurt om volledig uit te spoelen. Omdat gebruikers doorgaans korter dan 60 seconden douchen, zou een groot deel van zeep of shampoo op de huid en in het haar achterblijven en vervolgens in het zwembadwater terechtkomen. Dit is ongewenst. Daarom wordt geadviseerd om vooraf niet te douchen met zeep of shampoo.

Het afspoelen van vuil verloopt logaritmisch: het grootste deel van het vuil wordt in het begin verwijderd. Als vuistregel geldt dat bij 60 seconden douchen 100% van het loszittende vuil wordt afgespoeld, bij 30 seconden circa 75% en bij 15 seconden ongeveer 50% (Keuten *et al.*, 2012). Zelfs kort douchen heeft dus al een groot effect.

Naast de parameter [THMs](#) is verbeterde hygiëne ook effectief voor het verlagen van de parameters:

- [Bromaat](#)
- [Chloraat](#)
- [Chloride](#)
- [Nitraat](#)
- [Troebelheid](#)
- [Trichlooramine in de lucht](#)

### Neveneffecten

Extra water- en energieverbruik worden vaak genoemd als nadeel van vooraf douchen. In de praktijk blijkt dit echter beperkt. Met een standaard spaardouchekop wordt in 60 seconden ongeveer 6 liter water verbruikt en in 30 seconden circa 3 liter. Doordat minder vervuiling in het zwembadwater terechtkomt, hoeft het filter minder vaak te worden teruggespoeld. Vooraf douchen leidt tot 30–40% minder gebruikersvuil en dus ook tot 30–40% minder spoelwater. Een goed functionerend zwembad ververst gemiddeld 30–40 liter water per bezoeker. Een reductie van 30–40% betekent een besparing van 9–16 liter water per bezoeker, tegenover 3–6 liter voor het douchen. Netto resulteert dit in een waterbesparing van circa 6–10 liter per bezoeker.

### Toepasbaarheid

Bijna ieder zwembad beschikt over douches en in veel huisregels is vooraf douchen al verplicht gesteld. Eenvoudige informatieborden en pictogrammen hebben bewezen effectief te zijn in het verhogen van het aantal gebruikers dat daadwerkelijk vooraf doucht. De inhoud en vormgeving van deze communicatie zijn daarbij wel van belang, wat mogelijk vraagt om ondersteuning of training van communicatiemedewerkers. Vooraf douchen is in principe in elk zwembad toepasbaar. Badpersoneel speelt hierbij een belangrijke rol door gebruikers die droog de zwemzaal betreden aan te spreken en te wijzen op het belang van vooraf douchen voor de waterkwaliteit.

### Snelheid

Het effect van vooraf douchen op de hoeveelheid gebruikersvuil is direct zichtbaar. De omzetting van dit vuil naar desinfectiebijproducten verloopt echter met verschillende snelheden. Bij trichlooramines zijn binnen een week al duidelijke verbeteringen meetbaar, terwijl effecten op bromaat, chloraat en THMs pas na circa een maand zichtbaar worden en na ongeveer een half jaar duidelijk onder de kwaliteitseisen kunnen dalen.

### *Innovatie*

Hoewel vooraf douchen op zichzelf geen nieuwe maatregel is en al meerdere keren wetenschappelijk is onderzocht, zijn er nog volop mogelijkheden voor innovatie. Denk aan gerichte gedragsinterventies voor specifieke doelgroepen, het gebruik van audio- en videomiddelen bij informatieborden, sensoren die kunnen detecteren of een gebruiker nat of droog de zwemzaal betreedt, of verdere reductie van waterverbruik tijdens het douchen.

### *Kosten*

Omdat veel zwembaden al over douches beschikken en het totale waterverbruik per bezoeker juist afneemt, zijn de kosten voor het invoeren of versterken van vooraf douchen beperkt. Deze bestaan voornamelijk uit het ontwikkelen van informatieborden en pictogrammen en eventuele training van personeel in het effectief aanspreken van gebruikers. Structurele extra personeelsinzet is hierbij niet noodzakelijk.

## 4.4.2 Juiste opslag van chloorbleekloog

Chloorbleekloog dient koel en donker te worden opgeslagen. Dit geldt zowel voor ingekocht chloorbleekloog als voor chloorbleekloog dat in situ wordt geproduceerd met een zoutelektrolyse-installatie. De opslagtank moet schoon zijn en het chloorbleekloog mag niet in contact komen met metaal. Daarnaast is het belangrijk om zoveel mogelijk met vers product te werken. Onder juiste opslagcondities blijft chloorbleekloog voldoende stabiel wanneer het niet langer dan circa 14 dagen wordt opgeslagen.

Afwijkingen van deze basisvoorwaarden leiden tot versnelde veroudering van het chloorbleekloog. Door veroudering neemt de effectiviteit van het product af en stijgt de concentratie chloraat. De bromaatconcentratie neemt door onjuiste opslag niet toe, maar doordat bij verouderd product meer chloorbleekloog nodig is om dezelfde desinfectiewerking te bereiken, wordt indirect ook meer bromaat aan het zwembadwater gedoseerd.

### *Effectiviteit*

Juiste opslag van chloorbleekloog is zeer effectief voor het beperken van [chloraat](#) concentraties. Het effect hiervan op chloraat is duidelijk groter dan op bromaat, omdat chloraat ontstaat tijdens veroudering van het product. Mogelijk bestaat er ook een geringe relatie met chloride. Bij een opslagtemperatuur van 30 °C neemt de effectiviteit van chloorbleekloog binnen één maand met bijna 50% af, terwijl dit bij 15 °C minder dan 10% bedraagt. Bij koelere opslag is het daarom minder kritisch wanneer het product langer dan 14 dagen wordt opgeslagen.

### *Neveneffecten*

Er zijn geen negatieve neveneffecten op andere parameters of technieken bekend.

### *Toepasbaarheid*

In principe is juiste opslag in elk zwembad mogelijk, maar in de praktijk zijn er vaak beperkingen. Zwembaden zijn over het algemeen warme gebouwen; technische ruimtes hebben vrijwel altijd een temperatuur boven de 25 °C en vaak zelfs boven de 30 °C. Voor effectieve opslag is een temperatuur van circa 15 °C nodig, wat actieve koeling vereist. Dit betekent meestal een aparte opslagruimte met voldoende ventilatie.

Een complicerende factor is dat de lucht in chlooropslagruimtes mogelijk agressief is, wat leidt tot corrosie van metaal en een verkorte levensduur van elektronische componenten, zoals airco-installaties. Om deze reden wordt gekoelde chlooropslag bij nieuwbouw nog niet standaard toegepast. Het verduisteren van de opslagruimte is doorgaans eenvoudiger, omdat direct daglicht meestal ontbreekt.

Na verloop van tijd kan zich bezinsel of vervuiling ophopen op de bodem van de opslagtank. Het is daarom aan te raden om de opslagtank jaarlijks te inspecteren en indien nodig te reinigen. Hierbij moeten passende maatregelen worden genomen ter bescherming van personeel en milieu.

Met name buitenbaden beschikken vaak over grote opslagtanks om pieken in chloorvraag tijdens warme periodes op te vangen. In rustigere perioden is het chloorverbruik echter lager, waardoor het lastig kan zijn om de juiste inkoophoeveelheid voor een opslagduur van maximaal 14 dagen te bepalen. Het maken van afspraken met de leverancier kan hierbij helpen.

Contact tussen chloorbleekloog en metaal moet zoveel mogelijk worden voorkomen door uitsluitend kunststof componenten toe te passen. In de praktijk worden soms toch metalen onderdelen gebruikt, bijvoorbeeld om slangen te verzwaren of bij vatenpompen. Elk metaal dat in contact komt met chloorbleekloog versnelt de veroudering. Voor alle onderdelen tussen opslagtank en doseerpunt zijn inmiddels metaalvrije alternatieven beschikbaar.

#### *Snelheid*

Wanneer blijkt dat de opslag van chloorbleekloog de oorzaak is van verhoogde chlooraatconcentraties, duurt het doorgaans enkele maanden voordat het effect van verbeterde opslag meetbaar is in het zwembadwater. Dit kan worden ingeschat met behulp van een massabalans, vooral wanneer de chlooraat- en bromaatconcentraties van zowel verouderd als vers product bekend zijn. Extra waterverversing kan dit herstelproces versnellen.

#### *Innovatie*

De technieken voor correcte opslag van chloorbleekloog zijn bekend. Voor nieuwbouw ligt er nog een uitdaging in het ontwikkelen van betaalbare en duurzame koeloplossingen voor chlooropslag, zonder corrosie- of condens problemen.

#### *Kosten*

De kosten voor goed beheer en onderhoud van de chlooropslag zijn relatief laag. Wel is periodieke controle noodzakelijk, waardoor de kosten met enige regelmaat terugkeren.

### 4.4.3 Verdunnen van chloorbleekloog

Ook na het doseerpunt kan in het zwembadwater chloraat worden gevormd. Hoewel deze vorming geringer is dan vóór het doseerpunt, spelen factoren zoals de concentratie vrij chloor, de pH en de temperatuur hierbij een rol. De watertemperatuur ligt doorgaans vast vanwege het comfort van de gebruikers en is daardoor beperkt beïnvloedbaar. De concentratie vrij chloor kan wel worden verlaagd door het gedoseerde chloorbleekloog direct na dosering snel en goed te mengen met het badwater en/of door het chloorbleekloog vooraf te verdunnen.

Vooraf verdunnen, bijvoorbeeld in de opslagtank, moet plaatsvinden met zo schoon mogelijk water dat het vrije chloor zo weinig mogelijk tot gebonden chloor reageert. Minimaal wordt onthard drinkwater aanbevolen; bij voorkeur wordt demiwater gebruikt.

#### *Effectiviteit*

Uit literatuur blijkt dat natriumhypochloriet het meest stabiel blijft als het koel wordt bewaard en als de concentratie lager is. Verdunnen kan dus helpen om minder chloraat te vormen, maar vooral wanneer het product ongekoeld wordt opgeslagen. Als de opslag al gekoeld is, is de afbraak al sterk verminderd en levert verdunnen meestal nog maar weinig extra voordeel op. In dat geval is koelen meestal de beste maatregel.

Daarnaast kan het risico op lokale hoge chloorconcentraties worden verminderd door het chloor na het doseerpunt zo snel mogelijk te mengen in de waterbehandelingsinstallatie. Dit kan door toepassing van een statische menger of door het doseerpunt vlak vóór een afsluiter of meerdere bochten te plaatsen. Deze elementen vergroten de turbulentie in de leiding, waardoor het chloor sneller homogeen mengt. Verdund chloorbleekloog mengt bovendien gemakkelijker dan geconcentreerd product.

Bij zoutelektrolyse heeft het geproduceerde chloor doorgaans een lagere concentratie dan commercieel chloorbleekloog. Dit product wordt echter vaak via een venturieleiding in relatief weinig water gedoseerd, waardoor de concentratie vrij chloor in de leiding kan oplopen tot circa 500 mg/l. Om chloraatvorming zo veel mogelijk te beperken is het daarom belangrijk de venturieleidingen zo kort mogelijk te houden.

#### *Neveneffecten*

Er zijn geen neveneffecten op andere parameters of technieken bekend.

#### *Toepasbaarheid*

Voordat wordt overgestapt van dosering van geconcentreerd naar verdund chloorbleekloog, moet worden gecontroleerd of de doseerpompen hiervoor voldoende capaciteit hebben. Bij een verdunning met een factor twee moet immers ook twee keer zoveel volume worden gedoseerd. Daarnaast is de beschikbare inhoud van de opslagtank van belang; voor een verdunning van 1:1 is een tank met minimaal dubbele inhoud nodig. In de praktijk is vaak voldoende ruimte beschikbaar, mede omdat vroeger grotere voorraden werden aangehouden. Een goede voorafgaande berekening is essentieel.

#### *Snelheid*

Na overschakeling op dosering van verdund chloorbleekloog zullen de concentraties chloraat en bromaat geleidelijk afnemen, doorgaans over een periode van 3 tot 6 maanden. Deze afname verloopt langzamer dan bij toepassing van gekoelde opslag.

#### *Innovatie*

De technieken voor het verdunnen van chloorbleekloog zijn algemeen bekend en breed toepasbaar.

### *Kosten*

De kosten voor het verdunnen van chloorbleekloog zijn relatief laag. Een logisch moment om deze maatregel te implementeren is bij vervanging van doseerpompen, al moet er rekening mee worden gehouden dat pompen met een hogere capaciteit doorgaans duurder zijn.

#### 4.4.4 Juiste kwaliteit chloorbleekloog (of zout) toepassen

Bij veroudering verliest chloorbleekloog effectiviteit en neemt de concentratie chloraat toe. Hierdoor wordt verhoudingsgewijs ook meer bromaat aan het zwembadwater toegevoegd. Volgens NEN-EN 901:2025 mag chloorbleekloog 7,2 g/l chloraat bevatten. Dankzij moderne productietechnieken ligt het chloraatgehalte bij levering vanaf de productielocatie doorgaans tussen 0,12 en 1,15 g/l. Het bromaatgehalte van chloorbleekloog bedraagt bij productie circa 2,9 g/l.

Door duidelijke afspraken te maken met de leverancier kan worden geborgd dat het chloorbleekloog zo vers mogelijk op de zwembadlocatie wordt geleverd.

Hetzelfde principe geldt voor het zout dat wordt gebruikt bij zoutelektrolyse. Wanneer dit zout bromide bevat, zal het geproduceerde chloor ook bromaat bevatten. Daarom is het essentieel dat zoutelektrolysezout bromide-arm (<50 mg/kg) is. Het zout dat op grond van de Europese biocidenverordening is toegestaan voor gebruik in zoutelektrolyse-installaties voldoet aan deze kwaliteitseis.

##### Zelf de concentratie chloorbleekloog bepalen

1. Vul een emmer met 10 liter water.
2. Voeg 1 ml chloorbleekloog toe.
3. Meet het vrije chloor, met een 10× verdunning van het monster.
4. Vermenigvuldig de meetuitkomst met 100 → dit is de concentratie chloorbleekloog in g/l.

Voorbeelden

- Meet je 1,2 mg/l, dan is de concentratie chloorbleekloog 120 g/l.
- Meet je 0,8 mg/l, dan is de concentratie chloorbleekloog 80 g/l.

**⚠ Let op: gebruik altijd geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen bij het werken met geconcentreerde chemische producten.**

##### Effectiviteit

Een overstap van chloorbleekloog of zout van onvoldoende naar goede kwaliteit heeft een groot effect. Verwacht wordt dat de concentraties chloraat en bromaat binnen circa drie maanden met ongeveer 50% dalen, mits de productkwaliteit de belangrijkste oorzaak van de overschrijding was.

##### Neveneffecten

Er zijn geen neveneffecten op andere parameters of technieken bekend.

##### Toepasbaarheid

Het inkopen van chloorbleekloog of zout van goede kwaliteit is in principe bij alle zwembaden toepasbaar.

##### Snelheid

Na overschakeling naar de juiste kwaliteit dalen de chloraat- en bromaatconcentraties in de eerste 2 tot 4 maanden relatief snel. Een nieuw evenwicht wordt doorgaans pas na ongeveer 6 maanden bereikt.

##### Innovatie

Het selecteren en inkopen van chloorbleekloog of zout van goede kwaliteit is geen innovatie, maar een bestaande en bewezen maatregel.

### *Kosten*

De aanschafkosten van chloorbleekloog of zout van hogere kwaliteit liggen hoger dan die van producten met een lagere kwaliteit. Wanneer echter ook indirecte kosten worden meegenomen, zoals extra waterverbruik voor het afvoeren van chloraat en bromaat, is de verwachting dat deze maatregel per saldo kostenneutraal tot kostenbesparend kan zijn. Daarnaast biedt de maatregel potentieel voor waterbesparing, al kan vooraf niet met zekerheid worden vastgesteld in hoeverre deze besparing daadwerkelijk wordt gerealiseerd.

#### 4.4.5 Beheersmaatregelen legionellapreventie

##### BBT voor legionella en *Pseudomonas aeruginosa*

Iedere zwembadexploitant moet beschikken over een risicoanalyse voor het badwaterbassin, met aandacht voor gezondheidsrisico's voor gebruikers als gevolg van de waterkwaliteit, waarbij legionella een cruciaal onderdeel vormt. In het plan worden alle mogelijke risicopunten benoemd en wordt vastgelegd hoe deze worden beheerst via een beheersplan met zowel eenmalige aanpassingen als periodieke maatregelen. De uitvoering van deze maatregelen wordt geregistreerd in een logboek, zodat het legionellabeheer systematisch kan worden geëvalueerd

Legionellabesmettingen ontstaan meestal door onvoldoende uitvoering van beheersmaatregelen. Correct en volledig beheer is effectief tegen legionella en *Pseudomonas aeruginosa*. Bij een besmetting moeten maatregelen worden gecontroleerd en hersteld, waarbij aanvullende bemonstering kan helpen om herhaling te voorkomen en de effectiviteit van het beheer te monitoren.

Elk zwembad dient te beschikken over een risicoanalyse voor het badwaterbassin, met aandacht voor gezondheidsrisico's voor gebruikers als gevolg van de waterkwaliteit, waarbij legionella een cruciaal onderdeel vormt. Deze verplichting geldt niet alleen voor de douches binnen het drinkwatersysteem, maar ook voor het zwembadwatersysteem zelf. In het specifieke geval dat binnen het zwembadwatersysteem geen risicopunten voor legionella aanwezig zijn, kan worden volstaan met een verkorte risicoanalyse waarin expliciet wordt vastgelegd dat dergelijke risicopunten ontbreken.

In de risicoanalyse worden alle locaties benoemd waar legionella zich kan ontwikkelen en waar gebruikers aan besmetting blootgesteld kunnen worden. Onderdeel van de risicoanalyse is een beheersplan waarin wordt beschreven hoe de vastgestelde risico's worden beheerst. Dit beheersplan bestaat uit eenmalige aanpassingen en structurele beheersmaatregelen. Eenmalige aanpassingen moeten binnen een vastgestelde termijn worden gerealiseerd. Beheersmaatregelen zijn doorgaans periodieke handelingen die dagelijks, wekelijks, maandelijks of met een andere frequentie worden uitgevoerd. Voorbeelden hiervan zijn het uitvoeren van controles, het spoelen van filters, het kalibreren van meetapparatuur en het reinigen van bufferwanden. Bij de risicoanalyse en het beheersplan hoort een aanvullend logboek waarin alle uitgevoerde handelingen, controles, reparaties en overige relevante activiteiten worden vastgelegd. De uitvoering van het legionellabeheer moet hierin worden geregistreerd, zodat het beheer achteraf kan worden geëvalueerd en de effectiviteit ervan kan worden beoordeeld.

In veel gevallen blijkt dat een legionellabesmetting wordt veroorzaakt door het niet (volledig) uitvoeren van de beheersmaatregelen. Wanneer een besmetting wordt vastgesteld, is het daarom van groot belang om als eerste te controleren of alle beheersmaatregelen correct en volledig zijn uitgevoerd. Ook automatische beheersmaatregelen dienen hierbij gecontroleerd te worden. Indien nodig moeten reparaties of aanpassingen worden uitgevoerd om de werking van deze maatregelen te herstellen. Wanneer uit een herbemonstering blijkt dat de besmetting niet is verholpen, is het raadzaam de risicoanalyse (opnieuw) te laten beoordelen door een daartoe bevoegd deskundige.

Beheersmaatregelen voor legionellapreventie verminderen de kans op biofilmgroei en beperken het vrijkomen van micro-organismen uit biofilms. Naast legionella is ook *Pseudomonas aeruginosa* een bacterie die in zwembadinstallaties kan voorkomen en in biofilms kan overleven. De beheersmaatregelen gericht op legionellapreventie dragen daarom ook bij aan het beheersen van *Pseudomonas aeruginosa*.

### *Effectiviteit*

Voor zowel legionella als *Pseudomonas aeruginosa* vormen beheersmaatregelen legionellapreventie de best beschikbare techniek. In de meeste gevallen is een legionellabesmetting het gevolg van tekortkomingen in de uitvoering van deze maatregelen. Het hervatten of corrigeren van de beheersmaatregelen leidt doorgaans tot het verdwijnen van de besmetting.

### *Neveneffecten*

Er zijn geen negatieve neveneffecten bekend op andere parameters of als gevolg van andere toegepaste technieken.

### *Toepasbaarheid*

De beheersmaatregelen voor legionellapreventie zijn zodanig opgesteld dat zij toepasbaar zijn in elk type zwembad.

### *Snelheid*

In de meeste situaties zijn beheersmaatregelen direct effectief. Wanneer een maatregel echter gedurende langere tijd niet goed heeft gefunctioneerd, kan zich een dikkere biofilm hebben gevormd die eerst moet worden afgebroken. Dit proces vergt tijd en moet worden gedacht in dagen in plaats van uren. Het is daarom niet wenselijk om een herbemonstering te kort na het uitvoeren van de maatregelen te laten plaatsvinden. Bij een te vroege bemonstering bestaat het risico op hergroei, waardoor het monster niet representatief is en opnieuw moet worden genomen.

### *Innovatie*

De beheersmaatregelen zijn niet innovatief van aard; zij zijn reeds beschikbaar als bestaande kennis en technische oplossingen. De zwembadexploitant is verantwoordelijk voor het opleiden en instrueren van het technisch personeel dat deze maatregelen uitvoert.

### *Kosten*

Het correct uitvoeren van bestaande beheersmaatregelen voor legionellapreventie brengt geen extra kosten met zich mee.

### *Extra aandacht en aangepaste werkwijze*

Sinds de legionellaramp in Bovenkarspel is er in Nederland verhoogde aandacht voor legionella. Desondanks blijkt dat nog steeds circa 10% van de zwembadwatermonsters positief test op legionella. Dit vraagt om extra inzet vanuit de zwembadbranche. Een voorgestelde aanvullende maatregel is om naast de verplichte bemonstering van risicopunten, tweemaal per jaar ook het effluent van zand- en koolfilters te bemonsteren op legionella. Deze filters zijn vaak een bron van besmettingen. Vroegtijdige signalering maakt het mogelijk om preventieve maatregelen te nemen, mogelijk nog voordat risicopunten besmet raken.

Daarnaast is een aangepaste werkwijze nodig bij het constateren van een besmetting. Momenteel wordt na het uitvoeren van beheersmaatregelen een herbemonstering uitgevoerd en wordt het risicopunt bij een goed resultaat weer in gebruik genomen. In de praktijk blijkt echter dat besmettingen soms snel terugkeren. Door één maand na de herbemonstering nogmaals te meten, kan beter worden vastgesteld of de genomen maatregelen daadwerkelijk effectief zijn. Deze extra meting is uitsluitend bedoeld voor monsterpunten waar eerder legionella is aangetroffen en is niet verplicht volgens het Bal hoofdstuk 15.

#### 4.4.6 Goede (effectieve) filtratie/vlok/spoeling

##### **BBT voor troebelheid, doorzicht en sporen van sulfiet reducerende *Clostridia***

Filtratie is, naast desinfectie en circulatie, een essentieel onderdeel van de zwembadwaterbehandeling. Een goed afgestemd systeem van filtratie, vlokdosering en filterspoeling verwijdert zwevende deeltjes die niet alleen troebelheid veroorzaken, maar ook als bouwstenen dienen voor desinfectiebijproducten zoals THMs. Voor optimale werking moeten duidelijke eisen worden gesteld aan het filterontwerp, de juiste (niet te intensieve) vlokdosering en een effectieve, regelmatige spoeling.

Een goed functionerend filter-/vlok-/spoelsysteem is de best beschikbare techniek voor het beheersen van troebelheid en sporen van sulfietreducerende *Clostridia*, helpt biofilmgroei in filters te beperken (*Pseudomonas aeruginosa*) en draagt bij aan lagere concentraties THMs, bromaat en chlooraat. Het systeem verbetert bovendien het rendement van UV-behandeling en geavanceerde oxidatie. Effecten treden relatief snel op voor troebelheid en microbiologische parameters, terwijl chemische parameters zoals THMs, bromaat en chlooraat meer tijd vragen. De techniek is bewezen en breed toepasbaar, maar moet bij voorkeur al in het ontwerp worden meegenomen; aanpassingen achteraf zijn vaak complex en kostbaar.

Naast desinfectie en circulatie vormt filtratie één van de drie kernonderdelen van de zwembadwaterbehandeling. Filtratie verwijdert niet-opgeloste stoffen die als zwevende deeltjes in het water aanwezig zijn en het water troebel maken. Een deel van deze deeltjes kan met vrij chloor reageren en daarbij desinfectiebijproducten vormen, zoals THMs (Maréchal *et al.*, 2023). Het is daarom essentieel dat deze deeltjes niet alleen uit het zwembadwater worden afgevangen, maar ook bij het terugspoelen daadwerkelijk uit het filter worden verwijderd. Dit proces kan verder worden geoptimaliseerd door een juiste dosering van vlokmiddel. Voor een optimale werking van filtratie, vlokvorming en spoeling moeten eisen worden gesteld aan het filter, de vlokdosering en de spoelprocedure.

##### **Eisen aan het filter en spoelprocedure**

- Bedhoogte  $\geq 100$  cm
- Filtratiesnelheid  $\leq 30$  m/h
- Uniformiteitscoëfficiënt van het filtermateriaal  $\leq 1,3$  (van toepassing op het volledige filterbed)
- Het filter is opgenomen in de hoofdstroom en niet in een bypass
- Het filter is voorzien van een kijkglas om de expansie van het filterbed tijdens het spoelen visueel te controleren
- Het filter is voorzien van een kijkglas om te kunnen beoordelen wanneer het spoelwater helder wordt
- Het eerste filtraat na het spoelen wordt niet teruggevoerd naar het badwaterbassin
- Het systeem maakt het mogelijk om minimaal 10 minuten aaneengesloten te spoelen zonder problemen met de spoelwater- of circulatiebuffer
- Aanbevolen wordt om monsterkranen te plaatsen op de inlaat, uitlaat en eventueel op het spoelwater

### Eisen aan de vlokdosering

- Het vlokmiddel wordt vóór de circulatiepomp in het circulerende zwembadwater gedoseerd, zodat optimale menging plaatsvindt in de pomp

**⚠ Let op: de gevormde vlokken kunnen in de pomp kapot worden geslagen, waardoor het effect verloren gaat. Bij een toerental van meer dan 1500 rpm breken de vlokken af. Afgebroken vlokken vormen zich daarna niet opnieuw.**

- Na menging wordt voldoende verblijftijd ingebouwd bij lage stroomsnelheden ( $\leq 1,5$  m/s) en met minimale turbulentie, zodat vlokken kunnen groeien voordat zij het filterbed bereiken
- De dosering wordt afgestemd op de dynamische badbelasting: hogere dosering bij hoge belasting en lagere dosering bij lage belasting, binnen de door de producent vastgestelde minimum- en maximumwaarden
- Bij nachtverlaging van de circulatie wordt de vlokdosering evenredig verlaagd

**⚠ Let op: Een veel gemaakte fout bij de dosering van vlokmiddel is het intensief mengen van het vlokmiddel met het zwembadwater. Dit kan gedaan worden door na de dosering een statische menger te plaatsen of een aantal bochten of afsluiters. Een andere (goedkopere) oplossing is de dosering vóór de circulatiepomp te plaatsen, de circulatiepomp zorgt dan voor de menging. Als de vlokdosering er vlak voor staat zijn de vlokken nog niet gevormd en worden ook niet stuk geslagen. Vlokvorming duurt minuten en geen seconden.**

### Eisen aan de filterspoeling

- Het filter wordt gespoeld zodra de filterdruk te hoog oploopt
- Het volledige filterbed wordt in fluidisatie gebracht; alleen de steunlagen blijven liggen
- De expansie van het filterbed bedraagt minimaal 25% (bij een bedhoogte van 120 cm betekent dit een opwaartse beweging van minimaal 30 cm)
- Bij meerlaagsfilters heeft elke laag filtermateriaal een vergelijkbare expansie
- Er treden geen kortsluitstromen op in het filterbed tijdens het spoelen
- De spoeling wordt pas beëindigd wanneer het spoelwater helder begint te worden
- Spoeling vindt regelmatig plaats, minimaal één keer per week. Indien dagelijks spoelen noodzakelijk is, wijst dit op een probleem en is het raadzaam een deskundige te raadplegen

Een combinatie van filtratie, vlokdosering en spoeling kan alleen als best beschikbare techniek worden beschouwd wanneer aan alle bovenstaande voorwaarden wordt voldaan. Wanneer een zwembadfilter op één of meerdere punten afwijkt, kan het systeem nog steeds goed functioneren, maar voldoet het niet aan de criteria voor de best beschikbare techniek zoals bedoeld bij de effectiviteit.

#### Effectiviteit

Een goed functionerend systeem voor filtratie, vlokvorming en spoeling is de best beschikbare techniek voor het beheersen van troebelheid en *sporen van sulfietreducerende Clostridia*. Daarnaast beperkt een effectieve filtratie de groei van biofilm in het filter, waardoor *Pseudomonas aeruginosa* beter onder controle kan worden gehouden. Goede filtratie/vlok/spoeling draagt ook bij aan het beheersen van bromaat, chlooraat en THMs. Door het verwijderen van deeltjes uit het zwembadwater is minder chloor nodig, wat leidt tot een lagere vorming van bromaat en chlooraat. Voor THMs bestaat zelfs een directe relatie tussen de aanwezigheid van onoplosbare deeltjes en de vorming ervan, omdat deze deeltjes fungeren als bouwstenen voor THMs (Maréchal *et al.*, 2023).

### Neveneffecten

Een goed werkend filter-/vlok-/spoelsysteem verbetert het rendement van UV-behandeling en geavanceerde oxidatie, omdat zwevende deeltjes het effect van deze technieken verstoren.

### Toepasbaarheid

Een effectief filter-/vlok-/spoelsysteem moet idealiter al in het ontwerp en de bouw van het zwembad worden meegenomen. Aanpassingen achteraf zijn vaak kostbaar en soms zelfs fysiek niet haalbaar, bijvoorbeeld door onvoldoende vrije hoogte in de technische ruimte of te kleine bouwkundige buffers voor spoel- en circulatiewater.

### Snelheid

De snelheid waarmee verbetering optreedt verschilt per parameter:

- Troebelheid en *sporen van sulfietreducerende Clostridia*: binnen enkele dagen tot een week.
- *Pseudomonas aeruginosa*: circa 1–2 weken; het effect beperkt zich tot biofilmvorming in het filter.
- Som van THMs: naar verwachting binnen 2–4 weken, omdat de onderliggende chemische processen traag verlopen.
- Chloraat en bromaat: langzamer effect, doorgaans in de orde van 2–4 maanden.

### Innovatie

Filtratie, vlokvorming en spoeling vormen een bewezen en niet-innovatieve techniek.

### Kosten

De kosten zijn sterk situatieafhankelijk. In sommige gevallen volstaan beperkte aanpassingen, terwijl in andere situaties een ingrijpende aanpassing van filters, circulatiepompen en buffers nodig is. Daardoor zijn de kosten niet vooraf eenduidig te bepalen.

#### 4.4.7 Hygiëne van zwemkleding

Badkleding kan vervuiling aan het badwater afgeven die werken als bouwstof voor desinfectiebijproducten. Deze vervuiling bestaat vooral uit resten van wasmiddel en wasverzachter, evenals uit vezels van de kleding zelf. Het is daarom belangrijk dat gebruikers vlak voor het zwemmen of baden schone badkleding aantrekken. Bij voorkeur wordt badkleding na het wassen extra uitgespoeld, zodat er zo min mogelijk resten van wasmiddel en wasverzachter achterblijven. Er is geen wetenschappelijk onderzoek beschikbaar naar de exacte invloed van badkleding op de waterkwaliteit, maar praktijkervaring laat zien dat in periodes met veel kledingzwemmen de filters sneller vervuilen. Dit wijst op extra belasting van het water met filtreerbare deeltjes, zoals vezels.

Vaak wordt gevraagd of het type badkleding hierbij verschil maakt, bijvoorbeeld een strakke Speedo ten opzichte van een boxershort of een boerkini. In de praktijk lijkt dit nauwelijks verschil te maken, mits de badkleding schoon is en direct voor het zwemmen of baden wordt aangetrokken. Belangrijk is bovendien dat onder de badkleding geen ondergoed wordt gedragen dat eerder op de dag al is gebruikt. Badkleding kan juist ook bijdragen aan het voorkomen van vervuiling, bijvoorbeeld in de vorm van zwemluiers of badmutsen.

##### *Effectiviteit*

Goede hygiëne van badkleding is effectief in het beperken van troebelheid. Voor andere parameters, zoals bromaat, chlooraat en THMs, is de invloed onzeker en ontbreekt wetenschappelijke onderbouwing. Nader onderzoek is nodig om dit te verduidelijken.

##### *Neveneffecten*

Extra spoelen van badkleding leidt tot een hoger waterverbruik, al kan dit met koud water plaatsvinden. Andere neveneffecten op waterkwaliteitsparameters zijn niet bekend.

##### *Toepasbaarheid*

Hygiëne van badkleding is in alle zwembaden toepasbaar, maar vraagt inzet en medewerking van gebruikers en ouders. Handhaving is lastig en effectieve toepassing is vooral afhankelijk van goede communicatie en voorlichting. Er is nog geen onderzoek beschikbaar naar de effectiviteit van verschillende communicatiecampagnes.

##### *Snelheid*

Hoewel de exacte impact onbekend is, wordt verwacht dat verbeterde hygiëne van badkleding relatief snel effect kan hebben. De grootste uitdaging ligt in het realiseren van gedragsverandering bij gebruikers en bij de ouders van zwemlesleerlingen.

##### *Innovatie*

Dit is geen bewezen techniek. Wetenschappelijk onderzoek is nodig om de invloed van badkleding op waterkwaliteit, effectieve hygiënemaatregelen en succesvolle gedragsinterventies beter te onderbouwen.

##### *Kosten*

De kosten van deze maatregel zijn beperkt en bestaan voornamelijk uit uitgaven voor communicatie en voorlichting.

#### 4.4.8 Beheersmaatregelen fecaal materiaal in het water

##### **BBT voor intestinale Enterococcen.**

Fecale verontreiniging in zwembadwater vormt een gezondheidsrisico en vraagt om directe maatregelen. De bestaande RIVM-richtlijn uit 2003 is deels gebaseerd op experimentele schaal en in de praktijk niet altijd veilig uitvoerbaar, met name door zeer hoge chloordoseringen. Nieuwe inzichten laten zien dat ziekteverwekkers zoals *Cryptosporidium* en *Giardia*, die resistent zijn tegen vrij chloor, ook effectief worden verwijderd door goede filtratie en vooral UV-desinfectie. Daarom wordt een aangepaste, praktijkgerichte aanpak voorgesteld, waarbij veilige chloorconcentraties worden gecombineerd met optimale filtratie en (indien aanwezig) UV-behandeling, aangevuld met duidelijke contacttijden en vastlegging in een logboek.

Deze aanpak is effectief tegen *intestinale Enterococcen* en werkt ook tegen *Pseudomonas aeruginosa* en legionella. De maatregelen zijn toepasbaar in alle zwembaden en werken snel (binnen 6 tot 36 uur), maar brengen aandachtspunten mee voor veiligheid bij het werken met chemicaliën en een mogelijke toename van THM-vorming. De belangrijkste kostenpost is tijdelijke sluiting van het bassin en bijbehorende inkomstenderving.

Fecaal materiaal kan door gebruikers in het badwaterbassin terechtkomen. Omdat dit ziekteverwekkers kan bevatten, is het noodzakelijk om bij een dergelijke besmetting direct passende maatregelen te nemen. Het RIVM heeft hierover in 2003 een richtlijn gepubliceerd. Een belangrijk nadeel van deze richtlijn is dat de voorgestelde maatregelen vooral op experimentele schaal zijn gebaseerd en in de praktijk van badwaterbassins niet altijd veilig uitvoerbaar zijn. Zo vereist het verhogen van de concentratie vrij chloor tot 20 mg/l in een 25 meterbad het doseren van circa 25 liter chloorbleekloog. In de praktijk gebeurt dit vaak door een jerrycan handmatig op de badrand te legen, wat geen veilige werkwijze is. Daarnaast zijn sinds 2003 nieuwe inzichten en technieken beschikbaar gekomen die onvoldoende in de oorspronkelijke richtlijn zijn meegenomen.

Volgens het RIVM-rapport vormen met name *Cryptosporidium* en *Giardia* een gezondheidsrisico. Deze micro-organismen zijn zeer resistent tegen vrij chloor. Voor *Cryptosporidium* is bijvoorbeeld een Ct-waarde van 9.600 mg/l·min nodig. Dat betekent dat bij 1 mg/l vrij chloor een contacttijd van circa 160 uur nodig is, terwijl dit bij 20 mg/l wordt teruggebracht tot ongeveer 8 uur. In deze benadering is echter onvoldoende rekening gehouden met het feit dat deze ziekteverwekkers ook effectief worden verwijderd door de waterbehandeling, met name door goede zandfiltratie en UV-desinfectie. UV-licht neutraliseert *Cryptosporidium* al bij een dosis van circa 12 mJ/cm<sup>2</sup>. In zwemwaterbehandelingsinstallaties ligt de UV-dosis voor beheersing van gebonden chloor doorgaans rond 40 mJ/cm<sup>2</sup>, wat ruimschoots voldoende is voor inactivatie van deze organismen.

Een complicerende factor is dat de zwemwatercirculatie primair is ingericht op snelle menging van vers gedoseerd chloor. Hierdoor wordt vervuiling ook snel gemengd, waardoor afvoer via filtratie en UV minder efficiënt verloopt. Daarnaast worden filters in moderne zwembaden regelmatig gebypast, wat de menging verder vergroot en het rendement van filtratie en UV verlaagt. Hieronder wordt daarom een aangepaste en praktijkgerichte werkwijze voorgesteld, waarbij goede filtratie en UV-behandeling worden gecombineerd met veiligere chloordoseringen en sluitingstijden.

### Procedure bij vast fecaal materiaal

1. Laat alle gebruikers het bassin (of de bassins) verlaten waarin fecaal materiaal is aangetroffen.
2. Verwijder het fecale materiaal zo snel mogelijk met een schepnet, schep of emmer. Desinfecteer het gebruikte gereedschap nadat het materiaal hygiënisch is afgevoerd.
3. Verhoog de concentratie vrij chloor naar 2 mg/l en stel de pH in op 7,1. Controleer of deze waarden overal in het bassin zijn bereikt door monsters te nemen op meerdere, ver uit elkaar liggende locaties.
4. Zorg dat filtratie en UV-behandeling optimaal functioneren en dat beide systemen niet in bypass staan.
5. Houd een logboek bij van fecale incidenten. Noteer datum, tijd, type incident (vast fecaal materiaal of diarree), vrij chloor, pH, gevolgde procedure en contacttijd.
6. Spoel na afloop van de onderstaande contacttijd het zandfilter grondig terug ( $\geq 25\%$  expansie gedurende minimaal 10 minuten).
  - Klein bad (peuter, krater)  $\rightarrow$  6 uur
  - Gemiddeld bad (recreatie, instructie)  $\rightarrow$  12 uur
  - Groot bad (wedstrijd)  $\rightarrow$  18 uur

### Procedure bij vloeibaar fecaal materiaal (diarree)

1. Laat alle gebruikers het betreffende bassin verlaten. Isoleer het bassin waar mogelijk van andere bassins, maar zorg dat de circulatie blijft functioneren.
2. Type bassin
  - A. Bassin met UV-behandeling
    - Zorg dat filtratie en UV optimaal functioneren en niet zijn gebypasst.
    - Verhoog de concentratie vrij chloor naar 2 mg/l en stel de pH in op 7,1 gedurende de onderstaande contacttijd.
      - Klein bad (peuter, krater)  $\rightarrow$  6 uur
      - Gemiddeld bad (recreatie, instructie)  $\rightarrow$  12 uur
      - Groot bad (wedstrijd)  $\rightarrow$  18 uur
    - Controleer of deze waarden overal worden bereikt door monsternamen op meerdere locaties.
  - B. Bassin zonder UV-behandeling
    - Zorg dat de filtratie optimaal functioneert zonder bypass.
    - Verhoog de concentratie vrij chloor naar 5 mg/l en stel de pH in op 7,1 gedurende de onderstaande contacttijd.
      - Klein bad (peuter, krater)  $\rightarrow$  12 uur
      - Gemiddeld bad (recreatie, instructie)  $\rightarrow$  24 uur
      - Groot bad (wedstrijd)  $\rightarrow$  36 uur
    - Controleer of deze waarden overal worden bereikt door monsternamen.
3. Spoel na afloop van de contacttijd het filter terug ( $\geq 25\%$  expansie gedurende minimaal 10 minuten). Leid het spoelwater in geen geval terug over het filter.
4. Bij bassins met een klein volume kan ervoor worden gekozen het bassin te legen, te reinigen en opnieuw te vullen.
5. Breng het water opnieuw in chemische balans en stel vrij chloor en pH weer in volgens de geldende normen. Zodra deze waarden zijn bereikt, kan het bassin weer worden vrijgegeven voor gebruik.
6. Leg ook deze incidenten vast in het logboek met datum, tijd, type incident, vrij chloor, pH, gevolgde procedure en contacttijd.

#### Effectiviteit

De genoemde maatregel is de best beschikbare techniek voor het beheersen van *intestinale Enterococci*. Daarnaast is zij effectief tegen besmettingen met *Pseudomonas aeruginosa* en legionella, die zich vaak in biofilms bevinden.

### *Neveneffecten*

Hoge concentraties vrij chloor beïnvloeden niet alleen de microbiologische kwaliteit van het zwembadwater, maar verhogen ook de vorming van THMs. Het effect op bromaat- en chloraatconcentraties is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het gebruikte chloorbleekloog (of zout). Bij gebruik van chloor van goede kwaliteit is de invloed op bromaat en chloraat doorgaans beperkt.

Een belangrijk neveneffect betreft de veiligheid van het personeel dat met chemicaliën werkt. Het is essentieel om altijd de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen te gebruiken en doseringsberekeningen zo nodig door een tweede persoon te laten controleren om overdosering te voorkomen. Ook het neutraliseren van hoge chloorconcentraties aan het einde van de contacttijd brengt veiligheidsrisico's met zich mee. Daarnaast zijn niet alle chloorsensoren geschikt voor concentraties boven 2 mg/l; controleer daarom vooraf of de meet- en regeltechniek hiervoor geschikt is.

### *Toepasbaarheid*

Deze maatregel is toepasbaar in alle badwaterbassins.

### *Snelheid*

De werking is snel; afhankelijk van de situatie is de maatregel effectief binnen circa 6 tot 36 uur, zoals aangegeven in de bijbehorende tabellen.

### *Innovatie*

Hoewel deze maatregel niet innovatief is en bijvoorbeeld in de Verenigde Staten regelmatig wordt toegepast, bestaat er in Nederland nog beperkte praktijkervaring.

### *Kosten*

De kosten worden voornamelijk bepaald door het tijdelijk sluiten van het bassin en de daarmee samenhangende inkomstenderving.

#### 4.4.9 Beheersmaatregelen tegen verdamping CO<sub>2</sub>

Verdamping van CO<sub>2</sub> uit zwembadwater wordt door de waterchemie automatisch gecompenseerd vanuit de waterstofcarbonaatbuffer. Hierdoor daalt de concentratie waterstofcarbonaat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) in het zwembadwater. Het beperken van CO<sub>2</sub>-verdamping is daarom een effectieve manier om het verlies van waterstofcarbonaat te beheersen en de concentratie daarvan beter stabiel te houden.

Beheersing van CO<sub>2</sub>-verdamping vindt met name plaats door het beperken van de draaiuren van recreatieve elementen die intensieve beluchting veroorzaken, zoals watervallen, glijbanen en luchtinjectie in whirlpools.

##### *Effectiviteit*

Het beperken van CO<sub>2</sub>-verdamping is effectief om een snelle afname van de waterstofcarbonaatconcentratie te voorkomen. Daarnaast levert deze maatregel een energiebesparing op, doordat minder waterbeweging en beluchting nodig zijn.

##### *Neveneffecten*

Door het beperken van CO<sub>2</sub>-verdamping wordt ook de verdamping van andere vluchtige stoffen, zoals THMs, geremd. Hierdoor kan de THM-concentratie in het zwembadwater toenemen.

##### *Toepasbaarheid*

Deze maatregel is toepasbaar in badwaterbassins met recreatieve elementen die voor extra beluchting zorgen.

##### *Snelheid*

Het effect is snel merkbaar. Afhankelijk van de mate waarin de draaiuren worden aangepast, kan binnen ongeveer een week al een verandering in de waterstofcarbonaatconcentratie zichtbaar zijn.

##### *Innovatie*

Het beperken van CO<sub>2</sub>-verdamping is geen innovatieve techniek, maar een bestaande beheermaatregel.

##### *Kosten*

Voor deze maatregel zijn weinig tot geen investeringen nodig. Alleen wanneer schakelingen worden geautomatiseerd, kan een beperkte investering vereist zijn. De exploitatiekosten zijn juist lager, doordat het energieverbruik afneemt.

#### 4.4.10 Luchtbehandeling

Voor sommige nieuwe parameters vindt de blootstelling voornamelijk plaats via inademing van de lucht in de zwemzaal. Dit geldt met name voor THMs, trichlooramine en ozon. De werking en instelling van de luchtbehandeling in de zwemzaal spelen daardoor een belangrijke rol bij de blootstelling aan deze vluchtige stoffen. In zwembaden is de luchtbehandeling traditioneel ontworpen om vocht af te voeren en de temperatuur te beheersen. Luchtkwaliteit in termen van chemische stoffen is daarbij doorgaans geen expliciete ontwerpparameter. Soms wordt wel gestuurd op de CO<sub>2</sub>-concentratie, maar er bestaat geen directe relatie tussen CO<sub>2</sub> en de concentraties THMs, trichlooramine of ozon. CO<sub>2</sub> kan hooguit iets zeggen over de mate van luchtverversing in relatie tot het aantal aanwezige personen.

Het is daarom belangrijk dat zwembadpersoneel zich bewust is van de invloed van de luchtbehandeling. Wanneer bijvoorbeeld buitendeuren worden geopend omdat het te warm of te vochtig is, duidt dit meestal op een niet goed afgestemde luchtbehandeling of onjuiste setpoints. Daarnaast worden luchtbehandelingsinstallaties vaak ingesteld om energie te besparen, soms op basis van CO<sub>2</sub>-metingen. Dit kan tot op zekere hoogte, maar kan ook te ver doorschieten. Bij weinig gebruikers en veel ingeschakelde speelelementen met beluchting kan de CO<sub>2</sub>-concentratie laag zijn, terwijl de concentraties THMs en trichlooramine juist hoog zijn door de intensieve beluchting. Dit effect is seizoensafhankelijk: in de winter is buitenlucht droger en is minder ventilatie nodig om het vochtgehalte te beheersen, waardoor het kan voorkomen dat temperatuur, luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub> binnen de normen blijven, terwijl de concentraties THMs en trichlooramine toch te hoog zijn.

##### *Effectiviteit*

Een goed functionerende luchtbehandeling is effectief in het verlagen van de concentraties THMs, trichlooramine en ozon in de lucht. De maatregel wordt beschouwd als onderdeel van goed beheer, maar fungeert in de praktijk vooral als een correctieve maatregel. Zwembadexploitanten kunnen er bijvoorbeeld voor kiezen om na een overschrijding van THMs of trichlooramine tijdelijk het aandeel verse buitenlucht te verhogen om de blootstelling van bezoekers te beperken.

##### *Neveneffecten*

Een goede luchtbehandeling vraagt altijd om extra energie. Deze impact kan worden beperkt door warmteterugwinning en het gebruik van duurzame energiebronnen. Bij het ontwerp en de afstelling moet aandacht worden besteed aan luchtsnelheden boven het water, omdat te hoge snelheden als tocht worden ervaren en kunnen leiden tot afkoeling van gebruikers die het water verlaten.

##### *Toepasbaarheid*

Een goede luchtbehandeling is noodzakelijk en zou bij ieder overdekt badwaterbassin aanwezig moeten zijn.

##### *Snelheid*

Het effect van extra ventilatie is doorgaans binnen een uur in de luchtkwaliteit meetbaar. Aanpassingen in temperatuur vergen meer tijd, omdat het gebouw en de constructie reeds zijn opgewarmd.

##### *Innovatie*

Hoewel luchtbehandeling al lange tijd wordt toegepast in zwembaden, is er nog beperkte kennis over de relatie tussen luchtbehandeling en de concentraties THMs, trichlooramine en ozon in de zwemzaal.

##### *Kosten*

In de meeste gevallen is geen nieuwe luchtbehandelingsinstallatie nodig. Wel kan het noodzakelijk zijn de bestaande installatie intensiever te laten draaien om ook aan de luchtkwaliteitsparameters te voldoen. Dit leidt vooral tot extra energieverbruik en bijbehorende kosten.

#### 4.4.11 Risico (slechte) schoonmaak

Om perrons en badranden hygiënisch en schoon te houden is regelmatige reiniging noodzakelijk. Op zichzelf bestaat er geen directe relatie tussen vervuilde perrons of badranden en de waterkwaliteitsparameters van het zwembad. Wanneer echter onjuiste schoonmaakprocedures of verkeerde reinigingsmiddelen worden toegepast, kan dit wél invloed hebben op de parameters uit Bal hoofdstuk 15. Daarom wordt dit onderwerp meegenomen onder goed beheer.

De reiniging van perrons bestaat doorgaans uit drie stappen. In de eerste stap worden vetten en organische vervuiling verwijderd met een alkalisch reinigingsmiddel (hoge pH). Vervolgens worden anorganische vervuilingen, zoals kalk, verwijderd met een zuur reinigingsmiddel. In de derde en laatste stap vindt desinfectie plaats, vaak met een middel op basis van waterstofperoxide. Wanneer één van deze reinigingsmiddelen in het zwembadwater terechtkomt, kan dit negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. Alkalische middelen verhogen de pH en voegen extra organische belasting toe, wat kan leiden tot hogere THM-concentraties. Zure middelen verlagen de pH, verlagen de waterstofcarbonaatconcentratie en kunnen anorganische stoffen in het badwater brengen. Waterstofperoxide vernietigt vrij chloor. Het is daarom essentieel dat reinigingsmiddelen en schoonmaakwater niet in contact komen met het zwembadwater.

##### Voor schoonmaak en desinfectie geldt altijd:

1. Oppervlak eerst reinigen (loog of zuur)
2. Gebruik middel met hoge pH (loog, of alkalisch product, **dus geen zuur!**) voor verwijdering van vetten, algen en biofilms
3. Gebruik middel met lage pH (zuur) voor verwijdering van kalk en andere anorganische vlekken.
4. Reinigingsmiddel laten inwerken
5. Vuil en zeepresten wegspoelen
6. Daarna desinfecteren
7. Daarna naspoelen
8. Eventueel vloermonsters nemen om effectiviteit van reiniging te controleren

Bij het reinigen van vetranden op de waterlijn kan eventueel een licht alkalisch reinigingsmiddel worden gebruikt, maar bij voorkeur wordt gewerkt met mechanische middelen, zoals wondersponsjes. In veel gevallen kan de vervuiling daarmee al zonder reinigingsmiddel worden verwijderd.

##### Effectiviteit

Wanneer reinigingsmiddelen in het zwembadwater terechtkomen, raakt het water vrijwel altijd chemisch uit balans. In sommige gevallen is (gedeeltelijke) waterverversing noodzakelijk en kan het badwaterbassin tijdelijk gesloten moeten worden. Met name de parameters THMs, waterstofcarbonaat, pH, vrij chloor, kaliumpermanganaatverbruik en gebonden chloor worden hierdoor negatief beïnvloed.

**⚠ Let op: Door het veelvoud aan beschikbare schoonmaakmiddelen is niet op voorhand te zeggen welke dosering aangehouden moet worden. Volg altijd de instructies op het etiket of in het doseervoorschrift van de schoonmaakproducten.**

##### Neveneffecten

Onjuist schoonmaken kan ook leiden tot klachten bij gebruikers, zoals irritatie van huid, ogen of luchtwegen.

### *Toepasbaarheid*

Schoonmaken blijft mensenwerk en fouten kunnen in elk zwembad voorkomen, bijvoorbeeld wanneer tijdelijke krachten niet bekend zijn met de geldende procedures. Het regelmatig betrekken van schoonmaakpersoneel bij waterkwaliteit en hygiëne, en het delen van meetresultaten (zoals periodieke vloermonsters), vergroot de betrokkenheid en het bewustzijn.

### *Snelheid*

Zodra schoonmaakmiddelen of schoonmaakwater in het zwembadwater terechtkomen, raakt het chemisch evenwicht direct verstoord. Het herstel kan enkele dagen in beslag nemen.

### *Innovatie*

Schoonmaakmethoden in zwembaden zijn niet innovatief; de kennis over middelen en werkwijzen is beschikbaar. De grootste uitdaging ligt in het consistent toepassen en delen van deze kennis.

### *Kosten*

Kosten ontstaan vooral wanneer fouten worden gemaakt. In dat geval kunnen tijdelijke sluiting en (gedeeltelijke) waterversing nodig zijn, met bijbehorende financiële gevolgen.

#### 4.4.12 Badafdekking

**⚠ Let op: badafdekking vermindert de zoninstraling op het zwembadwater. Verwacht wordt dat dit bijdraagt aan het beperken van de vorming van bromaat, chloraat, THMs en chloride in buitenbaden, waaronder ook zoutwaterbassins.**

Badafdekkingen worden in zowel binnen- als buitenbaden toegepast om warmteverlies en daarmee energieverbruik te beperken. In veel gevallen is het toepassen van een badafdekking zelfs verplicht op grond van de Erkende Maatregelenlijst<sup>6</sup> (verder: EML) voor energiebesparing. Naast het beperken van warmteverlies beïnvloedt een badafdekking echter ook de verdamping van vluchtige stoffen uit het zwembadwater. Door het afdekken kan de verdamping van deze stoffen afnemen, waardoor hun concentratie in het water stijgt en mogelijk de geldende kwaliteitseisen worden overschreden. Dit speelt met name bij THMs in binnenbaden. De mate waarin een badafdekking invloed heeft op de THM-concentratie is sterk afhankelijk van factoren zoals het type afroaming (skimmers of overloopgoot), de aanwezigheid van opstaande randen en de mate van luchtafzuiging bij het overloopgootwater. Omgekeerd geldt dat wanneer een badafdekking 's nachts niet wordt gebruikt, meer THMs kunnen verdampen en de concentratie in het water kan dalen.

Zwembadexploitanten hebben als primaire verantwoordelijkheid het veilig laten zwemmen en baden, maar zijn tegelijkertijd verplicht om energie te besparen. Deze doelstellingen kunnen met elkaar in conflict komen wanneer de THM-concentratie in de buurt van de kwaliteitsnormen komt. De Omgevingswet biedt hiervoor geen standaardoplossing, waardoor maatwerk noodzakelijk is. Om dit te ondervangen heeft RVO de EML-regels aangepast door een technische randvoorwaarde op te nemen: "Afdekking mag niet leiden tot overschrijding van de kwaliteitseis voor vluchtige stoffen."

<sup>6</sup> Tijdens het opstellen van deze kennisbank worden verschillende EML-maatregelen geëvalueerd. Daardoor is het onzeker of badafdekking na deze herziening van de EML verplicht blijft.

## 4.5 Preventieve technieken

### 4.5.1 Geavanceerde oxidatie

Bij geavanceerde oxidatie wordt UV-technologie gecombineerd met een oxidator, zoals waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) of ozon ( $\text{O}_3$ ). Voor de UV-bron kan zowel lagedruk-UV (LD-UV) als middendruk-UV (MD-UV) worden toegepast. Internationaal staat deze techniek bekend als Advanced Oxidation Process (AOP). AOP wordt al toegepast bij de behandeling van drinkwater, afvalwater en voor de verwijdering van medicijnresten, drugs en bestrijdingsmiddelen. De werking berust op de vorming van zeer reactieve radicalen: bij AOP met  $\text{H}_2\text{O}_2$  ontstaan hydroxylradicalen ( $\bullet\text{OH}$ ) en bij AOP met  $\text{O}_3$  ontstaan zuurstofradicalen ( $\bullet\text{O}$ ). Deze radicalen hebben een veel grotere oxidatieve kracht dan de afzonderlijke componenten; het effect is daarmee groter dan de som der delen. De radicalen reageren extreem snel met organische stoffen in het zwembadwater en zijn al binnen microseconden verbruikt. Ze zijn daarom niet direct meetbaar, maar hun aanwezigheid blijkt uit de daaropvolgende chemische reacties.

Er zijn verschillende wetenschappelijke onderzoeken uitgevoerd naar de toepassing van AOP in zwembaden, maar de resultaten zijn niet eenduidig. In sommige studies werd zelfs een negatief effect waargenomen. In Nederland is begin 2025 een praktijkonderzoek gestart naar LD-UV +  $\text{H}_2\text{O}_2$  en MD-UV +  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Hoewel deze onderzoeken inmiddels meer dan acht maanden lopen, is nog geen nieuw evenwicht in de THM-concentraties bereikt. Voorlopige resultaten laten zien dat de THM-concentratie na inschakeling van AOP eerst sterk stijgt, in sommige gevallen tot een verdubbeling binnen drie maanden. Dit wordt veroorzaakt doordat radicalen organische stoffen afbreken tot kleinere moleculen, die vervolgens sneller met vrij chloor reageren en THMs vormen. Pas wanneer deze organische fractie is uitgeput, begint de THM-concentratie weer te dalen. In het lopende onderzoek daalt de THM-concentratie nog steeds en is het eindniveau nog niet bereikt. Verwacht wordt dat AOP interessant is voor het verlagen van THMs. Voor AOP met ozon zijn op dit moment geen specifieke onderzoeken gepland.

Bij toepassing van AOP met waterstofperoxide wordt vrij chloor (deels) geneutraliseerd tot chloride door reactie met  $\text{H}_2\text{O}_2$ , wat leidt tot extra verbruik van zowel chloor als peroxide. Ozon en vrij chloor kunnen daarentegen beter gelijktijdig in het zwembadwater aanwezig zijn.

#### Effectiviteit

AOP is effectief in het verlagen van THMs en *sporen van sulfietreducerende Clostridia*. Daarnaast wordt verwacht dat AOP ook een positief effect kan hebben op het verlagen van de concentraties bromaat, chloraat en trichlooramine in de lucht, maar hiervoor ontbreken nog praktijkgegevens. Bij AOP met  $\text{H}_2\text{O}_2$  wordt vrij chloor omgezet, wat leidt tot een stijging van de chlorideconcentratie. Bij AOP met ozon speelt dit effect niet en kan de chlorideconcentratie mogelijk zelfs dalen doordat minder chloor hoeft te worden gedoseerd.

#### Neveneffecten

De gevormde radicalen reageren niet alleen met organische stoffen, maar ook met waterstofcarbonaat. Dit werkt als een 'vangnet' voor radicalen en vermindert daarmee zowel de radicalenwerking als de bicarbonaatconcentratie. Waterstofperoxide, ozon en vrij chloor verstoren elkaars meting, waardoor betrouwbare gelijktijdige bepaling van deze stoffen lastig is.

**⚠ Let op: kan ongewenst waterstofcarbonaat concentraties verlagen en bij toepassing van ozon, kan ozon in de lucht verhogen**

Daarnaast leidt het afbreken van organische stoffen tot beter afbreekbare voedingsstoffen voor micro-organismen, wat de kans op biofilmgroei kan vergroten. Over het ontstaan en verdwijnen van deze biofilm is weinig wetenschappelijke informatie beschikbaar. Bij toepassing van AOP met ozon kan bovendien extra bromaatvorming optreden, al zijn hierover geen recente onderzoeksgegevens beschikbaar.

#### *Toepasbaarheid*

AOP is in principe toepasbaar in alle badwaterbassins.

#### *Snelheid*

Het effect van AOP op THM-concentraties is traag en niet lineair. Na installatie stijgt de THM-concentratie eerst en daalt deze pas later. De duur van dit proces verschilt per situatie en is afhankelijk van onder andere de dosering van  $H_2O_2$  of  $O_3$  en de capaciteit van de AOP-installatie. Hogere doseringen en grotere capaciteiten versnellen het proces.

#### *Innovatie*

Hoewel AOP een bekende techniek is in de drinkwater-, afvalwater- en proceswaterbehandeling, is de toepassing in Nederlandse zwembaden nieuw. Er bestaat nog onvoldoende kennis over de juiste dimensionering, benodigde oxidatorconcentraties en de tijd die nodig is om THM-concentraties structureel onder controle te krijgen.

#### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn sterk afhankelijk van de gekozen configuratie en capaciteit en dienen per situatie in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

## 4.5.2 UV-behandeling

### BBT voor trichlooramine (lucht).

UV-behandeling is in Nederlandse zwembaden een bewezen en effectieve techniek voor het beheersen van gebonden chloor en daarmee trichlooramine in de lucht. Met name lagedruk-UV (LD-UV) is hiervoor geschikt en energie-efficiënt; binnen één tot twee weken daalt de concentratie gebonden chloor doorgaans sterk. UV-behandeling is daarnaast effectief tegen sporen van sulfietreducerende *Clostridia*, maar vormt geen afdoende maatregel tegen andere micro-organismen zoals legionella en *Pseudomonas aeruginosa*.

Het effect van UV-behandeling op THMs, bromaat en chloraat is nog onzeker en sterk afhankelijk van de toegepaste UV-dosis. Neveneffecten zijn een lichte toename van het chloorverbruik en mogelijk een verhoogde biofilmgroei. De techniek is toepasbaar in alle zwembaden, werkt snel, maar de kosten en effectiviteit voor andere parameters dan gebonden chloor moeten per situatie worden afgewogen.

UV-behandeling wordt in Nederlandse zwembaden steeds vaker standaard toegepast om gebonden chloor te beheersen. Voor deze toepassing is de techniek zeer effectief; vaak daalt de concentratie gebonden chloor binnen één tot twee weken tot een nieuwe, lage waarde. Er worden twee typen UV-systemen onderscheiden: lagedruk-UV (LD-UV) en middendruk-UV (MD-UV). LD-UV zendt vrijwel monochromatisch UV-licht uit, terwijl MD-UV UV-licht met meerdere golflengten produceert. Hierdoor is LD-UV met name geschikt voor het afbreken van monochlooramine, waarbij de specifieke golflengte de binding in het molecuul verstoort. MD-UV kan door het bredere spectrum ook andere stoffen afbreken. Bij een gelijk elektrisch vermogen zet LD-UV relatief meer energie om in UV-licht, terwijl bij MD-UV een groter deel als warmte vrijkomt. LD-UV is daardoor doorgaans energie-efficiënter en de voorkeurskeuze voor beheersing van gebonden chloor.

Naast monochlooramine kunnen ook andere stoffen, zoals organische verbindingen, door UV-licht worden afgebroken. Dit proces is echter minder efficiënt dan bij geavanceerde oxidatie (AOP), omdat de UV-dosis bij systemen voor gebonden-chloorbeheersing aanzienlijk lager is dan bij AOP-toepassingen.

#### Effectiviteit

UV-behandeling is de best beschikbare techniek voor het beheersen van trichlooramine in de lucht. Door effectieve verwijdering van gebonden chloor in het water komt in zwembaden met UV-behandeling nauwelijks trichlooramine in de zwemzaal voor. Daarnaast is UV-behandeling effectief tegen sporen van sulfietreducerende *Clostridia*. Andere micro-organismen, zoals *Pseudomonas aeruginosa*, legionella en intestinale *Enterococci*, raken bij passage door de UV-installatie wel beschadigd, maar kunnen elders in het zwembadsysteem overleven en groeien. Daarom is UV-behandeling voor deze micro-organismen geen afdoende beheersmaatregel.

Het is nog onduidelijk in hoeverre UV-behandeling effectief is voor het verlagen van THM-concentraties. Dit lijkt sterk afhankelijk van de toegepaste UV-dosis. Hogere doseringen vergroten mogelijk het effect, maar leiden ook tot hogere investerings- en exploitatiekosten. Voor bromaat en chloraat is de effectiviteit eveneens onzeker en dosisafhankelijk.

**⚠ Let op: er is twijfel over invloed op bromaat, chloraat, THMs en chloride concentraties**

### *Neveneffecten*

Een klein deel van het vrije chloor wordt door UV-licht afgebroken, waardoor de chloordosering naar verwachting met circa 10% moet worden verhoogd. Dit leidt ook tot een lichte stijging van de chlorideconcentratie. Net als bij AOP kan na installatie van UV-behandeling de potentie voor biofilmgroei toenemen, al is dit effect kleiner dan bij AOP. Wetenschappelijke gegevens hierover zijn beperkt.

### *Toepasbaarheid*

UV-behandeling is toepasbaar in alle zwembaden. In situaties met beperkte inbouwruimte wordt vaak gekozen voor MD-UV, omdat deze installaties compacter zijn dan LD-UV-systemen.

### *Snelheid*

Voor het verlagen van gebonden chloor en trichlooramine werkt UV-behandeling snel; doorgaans is binnen één tot twee weken effect zichtbaar.

### *Innovatie*

UV-behandeling voor beheersing van gebonden chloor is een bewezen techniek. Voor toepassing gericht op verlaging van THMs, bromaat en chloraat is de effectiviteit echter nog niet overtuigend aangetoond.

### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn afhankelijk van het type UV-installatie en de gekozen capaciteit en dienen per situatie in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

### 4.5.3 Dosering chloordioxide

Chloordioxide kan de slijmlaag (extracellulaire polymere stoffen, EPS) van biofilm beter penetreren dan vrij chloor. Hierdoor wordt biofilm afgebroken en verdwijnen belangrijke overlevingsplaatsen voor legionella en *Pseudomonas aeruginosa*. In tegenstelling tot vrij chloor wordt chloordioxide niet afgebroken in actieve-koolfilters, waardoor het zelfs kan worden ingezet om een legionellabesmetting in een koolfilter te bestrijden. Chloordioxide is een selectieve oxidator en reageert niet met bepaalde stikstofverbindingen en organische stoffen uit gebruikersvuil. In theorie kan toepassing van chloordioxide daarom leiden tot minder vorming van bromaat, chloraat en THMs, mits de concentratie vrij chloor wordt verlaagd. De concentratie vrij chloor is echter in het Bal hoofdstuk 15 vastgelegd. In deze paragraaf wordt chloordioxide beschreven als aanvulling op vrij chloor, zonder aanpassing van de vrij-chloorconcentratie.

Chloordioxide is in hoge concentraties instabiel en explosiegevaarlijk en kan daarom niet veilig worden opgeslagen. Het wordt doorgaans in situ geproduceerd door natriumchloriet met een sterk zuur te mengen in een vaste mengverhouding, direct vóór dosering. Eenmaal in het zwembadwater is chloordioxide wel stabiel. Er bestaan ook commerciële varianten welke stabiel in vaten kunnen worden opgeslagen.

**⚠ Let op: Vraag bij gebruik van desinfectiemiddelen altijd of de toelating geregeld is. Volgens de biocidenrichtlijn mogen alleen toegelaten producten voor desinfectie gebruikt worden. De leverancier van het product kan aangeven of het middel is toegelaten.**

#### Effectiviteit

Chloordioxide is effectief in het reduceren van legionella en *Pseudomonas aeruginosa*. De effectiviteit voor het verlagen van THM-concentraties wordt momenteel onderzocht. De belangrijkste bijdrage lijkt te liggen in het verminderen van EPS rond biofilms. In een gechloreerde omgeving produceren biofilms extra EPS om zich te beschermen; deze EPS bevat veel organische bouwstenen voor THM-vorming. Chloordioxide oxideert organische stoffen minder sterk dan vrij chloor, maar bij gecombineerd gebruik zijn twee oxidatoren actief, waardoor de totale oxidatiecapaciteit toeneemt. Hierdoor kan de THM-concentratie in de beginfase stijgen. Op termijn kan echter minder vrij chloor nodig zijn om dezelfde desinfectie te bereiken, wat naar verwachting leidt tot een lichte afname van bromaat- en chloraatconcentraties.

#### Neveneffecten

Een afbraakproduct van chloordioxide is chloriet, dat in gechloreerd zwembadwater kan worden omgezet in chloraat. Bij toepassing naast vrij chloor kan de chloraatconcentratie dus toenemen. Daarnaast verstoort chloordioxide de bepaling van vrij chloor met de DPD-methode, omdat het eveneens een roze verkleuring veroorzaakt. Hierdoor wordt de vrij-chloorconcentratie zowel in veldmetingen als in laboratoriumanalyses te hoog weergegeven. Met selectieve reagentia (zoals glycine) kan chloordioxide afzonderlijk worden gemeten, waarna via een berekening de juiste concentratie vrij- en totaal chloor kan worden bepaald. Het is nog onduidelijk of hiervoor gestandaardiseerde rekenmethoden beschikbaar zijn.

**⚠ Let op: kan chloraat concentratie verhogen**

#### Toepasbaarheid

Het produceren en toepassen van chloordioxide in badwaterbassins is specialistisch en brengt veiligheidsrisico's met zich mee. Het mengen van natriumchloriet met een sterk zuur kan chloorgas vormen en explosiegevaar veroorzaken. Toepassing is daarom alleen verantwoord met gecertificeerde installaties en gespecialiseerde leveranciers.

### *Snelheid*

Hoewel chloordioxide snel reageert, is er nog onvoldoende praktijkervaring om precies te voorspellen in welke mate en hoe snel THM-concentraties dalen. Verwacht wordt dat eventuele effecten zichtbaar worden binnen drie tot zes weken.

### *Innovatie*

Chloordioxide wordt al decennia toegepast, onder meer in de drinkwatersector. In Nederlandse zwembaden is het gebruik toegestaan als aanvullende desinfectie, maar niet als vervanging van vrij chloor. Dosering moet voldoen aan drinkwaternormen (maximaal 0,4 mg/l) en vereist een goedgekeurde en veilig ingestelde installatie.

### *Kosten*

De kosten zijn afhankelijk van het gekozen systeem. In-situ productie vereist een gespecialiseerde menginstallatie, terwijl bij gebruik van stabiele chloordioxideproducten een eenvoudiger doseersysteem volstaat. De investerings- en exploitatiekosten moeten per situatie in overleg met leveranciers worden vastgesteld.

#### 4.5.4 Ionenwisseling suppletiewater

Het suppletiewater van badwaterbassins kan stoffen bevatten die in reactie met vrij chloor bijdragen aan de vorming van THMs. Het gaat hierbij met name om humuszuren. In regio's met veenrijke bodems komen deze humuszuren van nature voor in het drinkwater, wat soms zichtbaar is als een licht gele tot bruine verkleuring bij het vullen van een bassin, voordat de waterbehandeling is opgestart. In gebieden met zandgronden komen humuszuren nauwelijks voor. Hoewel het grootste deel van de humuszuren tijdens de drinkwaterbereiding wordt verwijderd, blijft doorgaans een kleine fractie achter.

Deze resterende humuszuren kunnen uit het suppletiewater worden verwijderd met behulp van een ionenwisselaar. Wanneer de ionenwisselaar verzadigd raakt, moet deze worden geregenereerd. Tijdens de regeneratie is geen waterproductie mogelijk, waardoor het proces discontinu is. Een ionenwisselaar lijkt qua opbouw op een ontharder zoals die bij zoutelektrolyse-installaties wordt toegepast, maar bevat een ander filtermateriaal en vereist andere chemicaliën voor regeneratie. Voor de kwaliteit van drinkwater voor consumptie vormt de aanwezigheid van humuszuren geen probleem.

##### *Effectiviteit*

Een goed gedimensioneerde ionenwisselaar kan humuszuren volledig uit het suppletiewater verwijderen. Het is echter nog onduidelijk in welke mate suppletiewater bijdraagt aan het totale THM-probleem in zwembaden. In regio's met een hoog humuszuurgehalte wordt verwacht dat deze bijdrage kan oplopen tot circa 25%, maar hiervoor ontbreken nog harde gegevens. Momenteel lopen meerdere onderzoeken naar de invloed van suppletiewater op THM-vorming.

##### *Neveneffecten*

Regeneratie van de ionenwisselaar vindt plaats met loog. In combinatie met aanwezige kalk kan dit leiden tot afzettingen in het afvoersysteem. Ervaringen met loogafvoer bij zoutelektrolyse-installaties laten zien dat dit aandacht vraagt. In Nederland is nog geen praktijkervaring met de toepassing van ionenwisseling voor suppletiewater in zwembaden.

**⚠ Let op: er is twijfel over het effect op waterstofcarbonaat, mogelijk wordt deze ongewenst verlaagd**

##### *Toepasbaarheid*

Ionenwisseling van suppletiewater is met name toepasbaar in regio's waar het suppletiewater een verhoogd humuszuurgehalte heeft.

##### *Snelheid*

Verwacht wordt dat het effect van deze techniek binnen drie tot zes weken zichtbaar is en dat na ongeveer drie maanden een nieuw evenwicht ontstaat. De resultaten van lopende praktijkonderzoeken moeten dit nog bevestigen.

##### *Innovatie*

Deze toepassing van ionenwisseling is voor Nederlandse zwembaden nieuw en wordt daarom als innovatief beschouwd. In Duitsland is één project bekend waarin deze techniek is toegepast, maar daar zijn gelijktijdig meerdere maatregelen genomen, waardoor het afzonderlijke effect van de ionenwisselaar niet te beoordelen is.

##### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn sterk situatieafhankelijk en dienen in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

### 4.5.5 Biologische filtratie

Een biologisch filter bevat micro-organismen die bouwstenen voor desinfectiebijproducten uit het zwembadwater verwijderen. De bekendste toepassing is de afbraak van ureum. In een biologisch filter, ook wel ureumfilter genoemd, wordt ureum stapsgewijs omgezet via ammonium en nitriet naar nitraat. Voor elke stap zijn verschillende bacteriën nodig, waarbij de afvalstof van het ene micro-organisme dient als voedingsstof voor het volgende. Ook nitraat kan in een biologisch filter verder worden afgebroken. Daarnaast kunnen andere organische stoffen worden verwijderd, vooral wanneer vóór het biologisch filter een ozondosering wordt toegepast die grote organische moleculen afbreekt tot beter afbreekbare verbindingen. Hierbij is voldoende verblijftijd essentieel; bij een te korte verblijftijd kunnen tussenproducten zoals ammonium of nitriet uit het filter vrijkomen. Ammonium reageert direct met vrij chloor tot gebonden chloor, terwijl nitriet met vrij chloor reageert tot nitraat.

De bacteriën in een biologisch filter groeien op een dragermateriaal (substraat). In gechlloreerde zwembaden wordt hiervoor vrijwel altijd actieve kool toegepast. De actieve kool vernietigt het vrije chloor in de bovenste lagen van het filterbed, waardoor een chloorvrij milieu ontstaat waarin bacteriën kunnen groeien. Het biologisch filter wordt bij voorkeur als separaat filter in bypass uitgevoerd, omdat het ook een potentiële broedplaats vormt voor ziekteverwekkers zoals legionella bacteriën. Door toepassing in by-pass blijft het risico op besmetting van het zwembadwater beheersbaar. Wanneer actieve kool als extra laag in een zandfilter in de hoofdstroom wordt toegepast, is dit risico vrijwel niet te beheersen.

In sommige zwembaden/badwaterbassins wordt een alternerend biologisch filter toegepast. Dit filter kan afwisselend worden gekoppeld aan verschillende circulatiesystemen, bijvoorbeeld op verschillende dagen aan verschillende bassins. Met dergelijke schakelschema's kan het risico op verspreiding van legionella vanuit het biologisch filter verder worden beperkt.

#### Effectiviteit

Biologische filters zijn effectief in het omzetten van ureum naar nitraat. Over de verwijdering van andere organische stoffen en het effect op THM-concentraties is nog weinig bekend. Bij nieuwe biologische filters duurt het doorgaans enkele maanden voordat een stabiele en optimale werking is bereikt; de benodigde bacteriën vestigen zich vanzelf.

#### Neveneffecten

Een belangrijk neveneffect is de mogelijke groei van legionella en *Pseudomonas aeruginosa*. Regelmatig spoelen, bij voorkeur wekelijks, is noodzakelijk om oude en loszittende biofilm te verwijderen en het risico te beperken. Daarnaast absorbeert actieve kool het vrije chloor in het filterbed: per circa 8 cm bedhoogte halveert de concentratie vrij chloor. Hierdoor ontstaat op diepte een geschikt milieu voor bacteriegroei.

Om het vernietigde chloor te compenseren, zijn biologische filters vaak voorzien van een basischloordosering. Hierbij moet rekening worden gehouden met de relatieve resistentie van legionella tegen chloor; bij 0,5 mg/l is circa één uur contacttijd nodig voor een significante reductie. Bij het ontwerp moet daarom worden geborgd dat water uit het biologisch filter niet binnen deze tijd in aerosolvormende punten terechtkomt. Onjuiste afstelling van de basischloordosering kan bovendien de pH- en chloorregeling verstoren.

In de beginfase verwijdert actieve kool ook THMs, geur- en kleurstoffen door adsorptie. Dit effect neemt na enkele maanden tot een half jaar af wanneer de actieve kool verzadigd raakt en alleen de biologische werking resteert.

**⚠ Let op: verhoogd risico op verhoging van de legionella en *Pseudomonas aeruginosa* concentratie**

#### *Toepasbaarheid*

Biologische filters worden vooral toegepast in overdekte badwaterbassins. In buitenbaden komen zij nauwelijks voor vanwege de lange opstarttijd. De benodigde deelstroom is afhankelijk van de verwachte vervuiling: klein bij wedstrijdbaden en groter bij recreatie- en doelgroepenbaden. Bij alternerende filters wordt het debiet constant gehouden en gevarieerd in inzetduur per bassin.

#### *Snelheid*

Een biologisch filter heeft doorgaans enkele maanden nodig om volledig effectief te worden in de verwijdering van ureum.

#### *Innovatie*

Biologische filters worden al jarenlang toegepast in zwembaden. Na de legionellaramp in Bovenkarspel zijn beheersmaatregelen aangescherpt, maar sindsdien zijn er weinig technische ontwikkelingen geweest.

#### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn situatieafhankelijk en moeten in overleg met leveranciers worden vastgesteld.

## 4.5.6 Toepassen membraanfiltratie

Traditionele zandfilters in zwembaden kunnen worden vervangen door membraanfilters op basis van ultrafiltratie. Deze filters hebben een veel kleinere poriëgrootte dan zandfilters, waardoor meer (fijnere) vuildeeltjes worden afgevangen. Membraanfilters worden bovendien frequenter gespoeld dan zandfilters, waardoor vervuiling sneller uit het systeem wordt verwijderd. Hierdoor komt gebruikersvuil minder in contact met vrij chloor, wat leidt tot een lagere vorming van THMs, omdat de bijbehorende bouwstenen sneller uit het water worden afgevoerd.

### *Effectiviteit*

Ultrafiltratie is effectief in het verwijderen van bouwstenen voor THMs en vormt daarmee een preventieve maatregel voor THM-beheersing. Het effect op andere parameters, zoals bromaat en chlooraat, is minder duidelijk. Door de snellere verwijdering van gebruikersvuil neemt het chloorverbruik af, wat naar verwachting leidt tot lagere chlooraat en in mindere mate bromaat concentraties.

### *Neveneffecten*

Membranfiltratie is geen eenvoudig inpasbare maatregel. De toepassing vereist doorgaans een ingrijpende renovatie van de volledige zwemwaterbehandeling en is daardoor niet te vergelijken met het bijplaatsen van losse nageschakelde technieken. De maatregel is vooral geschikt bij renovatie of nieuwbouw.

### *Toepasbaarheid*

De toepasbaarheid is afhankelijk van de beschikbare ruimte in de technische installatie. In principe kan ultrafiltratie in elk zwembad worden toegepast, mits voldoende opstelruimte beschikbaar is.

### *Snelheid*

Na installatie van membraanfiltratie zal de THM-concentratie naar verwachting binnen enkele weken tot maanden afnemen. Zwemmersvuil komt immers eerst kort in contact met vrij chloor voordat het door de ultrafiltratie wordt afgevangen.

### *Innovatie*

Hoewel ultrafiltratie in Duitsland al in meer dan honderd zwembaden wordt toegepast, is de techniek in Nederland nog beperkt aanwezig. Het betreft geen innovatieve techniek, maar de praktische kennis hierover is bij veel Nederlandse zwembadinstallateurs nog beperkt.

### *Kosten*

Membranfiltratie is een kostbare techniek en is daarom met name interessant bij nieuwbouwprojecten of grootschalige renovaties.

## 4.5.7 Ozon dosering

Ozon is een krachtige oxidator die organische stoffen kan afbreken tot kleinere verbindingen. Om te voorkomen dat deze afbraakproducten vervolgens met vrij chloor reageren en THMs vormen, is het essentieel dat zij eerst worden verwijderd in een nageschakeld biologisch filter voordat opnieuw chloor wordt gedoseerd. Wanneer direct na behandeling met ozon vrij chloor wordt toegevoegd, kan de THM-vorming juist toenemen. Bij toepassing van een biologisch filter met actieve kool is het bovendien lastig te onderscheiden welk deel van het effect wordt veroorzaakt door adsorptie aan de kool en welk deel door de behandeling met ozon. Pas wanneer de adsorptieve werking van de actieve kool na enkele maanden afneemt, wordt het effect van alleen de behandeling met ozon zichtbaar. Bij geavanceerde oxidatieprocessen (AOP) met ozon worden doorgaans lagere ozonconcentraties en kortere contacttijden toegepast.

### Effectiviteit

Hoewel ozon veel organische stoffen kan afbreken, is er beperkt wetenschappelijk onderzoek beschikbaar naar het effect van behandeling met ozon op het verlagen van THM-concentraties in zwembaden. Bekend is dat hoge ozonconcentraties (meer dan 5 mg/l) in combinatie met lange contacttijden (circa 20 minuten) het grootste effect hebben, omdat organische stoffen dan verder worden afgebroken tot CO<sub>2</sub> en niet meer als THM-precursor fungeren. Bij lagere concentraties en kortere contacttijden neemt het rendement af.

### Neveneffecten

Ozon is schadelijk bij inademing. Daarom moet bij toepassing in de waterbehandeling de ozonconcentratie in de lucht van de zwemzaal worden gemonitord. Daarnaast kan ozon in aanwezigheid van bromide leiden tot de vorming van bromaat; dit risico neemt toe bij hogere bromideconcentraties en vormt met name bij zoutwaterbassins een belangrijk nadeel. Verder zorgt het afbreken van organische stoffen in kleinere moleculen voor extra voedingsstoffen voor bacteriën, waardoor biofilmgroei direct na behandeling met ozon kan toenemen. Zonder een nageschakeld biologisch filter zal deze biofilm zich vormen op het eerstvolgende substraat, zoals het zandfilter.

**⚠ Let op: risico op verhoogde bromaat concentratie in het zwembadwater en ozon in de lucht van de zwemzaal**

### Toepasbaarheid

Ozon is in principe toepasbaar in alle zwembaden, maar wordt vanwege de hoge investerings- en exploitatiekosten nauwelijks toegepast in buitenbaden. In Nederland neemt het aantal zwembaden met ozonbehandeling af, omdat de kosten niet opwegen tegen de voordelen.

### Snelheid

Ozon werkt snel: organische stoffen worden direct afgebroken en vervolgens in het biologische filter verwijderd. Bij een goed ontworpen systeem wordt verwacht dat de THM-concentratie binnen ongeveer drie tot zes weken daalt.

### Innovatie

Ozon wordt al langer toegepast in de drinkwaterproductie. De vorming van bromaat bij behandeling met ozon is bekend, maar voor zwembaden is nog onvoldoende duidelijk hoe een ozoninstallatie optimaal moet worden gedimensioneerd om THMs effectief te beheersen.

### Kosten

De investerings- en exploitatiekosten zijn sterk afhankelijk van de gekozen configuratie en dosering en moeten per situatie in overleg met leveranciers worden vastgesteld.

#### 4.5.8 Slijmlagen (EPS) in filters en leidingen verwijderen met silicaat houdend middel

Biofilms vormen slijmlagen, ook wel extracellulaire polymere stoffen (EPS), om zich te beschermen tegen een vijandige omgeving. In aanwezigheid van vrij chloor produceren biofilms extra EPS. Deze EPS bestaat voornamelijk uit water en koolhydraten en bevat daarmee veel koolstof. De koolstof uit EPS kan reageren met vrij chloor, waarbij THMs worden gevormd. Door het losmaken van de EPS wordt de biofilm kwetsbaar, waardoor deze onder invloed van vrij chloor geleidelijk afsterft. Daarmee stopt ook de afgifte van EPS aan het water en de daaraan gekoppelde THM-vorming.

De EPS van biofilms kan worden losgemaakt met een silicaathoudend middel, zoals AquaFinesse®. Dit middel kan periodiek aan het zwembadwater worden toegevoegd. Nadat de biofilm is verwijderd, duurt het enige tijd voordat deze zich opnieuw opbouwt. Verwacht wordt dat in de eerste maand een wekelijkse dosering nodig is, gevolgd door één tot twee doseringen per maand voor onderhoud.

Vanaf de eerste dosering laat de EPS geleidelijk los in de vorm van vlokken. Deze vlokken kunnen in het zandfilter afgevangen worden en bij het spoelen afgevoerd naar het riool. Door het vrijkomen van EPS kan de THM-concentratie in het begin tijdelijk toenemen, waarna deze naar verwachting weer zal dalen.

AquaFinesse® is geen desinfectie- of oxidatiemiddel en vereist daarom geen toelating van het Ctgb of vermelding op de ECHA-lijst. Het product is gepatenteerd en in de USA toegelaten voor gebruik in drinkwater volgens NSF International Standard 60.

##### Effectiviteit

Het silicaathoudende middel is effectief in het losmaken van EPS uit biofilms en wordt toegepast in een concentratie van circa 4 mg/l. Het product reageert niet met vrij chloor. Omdat biofilms worden aangepakt, wordt verwacht dat het middel ook effect heeft op legionella en *Pseudomonas aeruginosa*, welke biofilms nodig hebben om te overleven in gechloreerde zwembaden. Hoewel is aangetoond dat EPS uit biofilms bijdraagt aan THM-vorming, is nog niet wetenschappelijk onderbouwd in welke mate AquaFinesse® de THM-concentratie in zwembaden verlaagt. Een eerste onderzoek hiernaar wordt op korte termijn gestart.

**⚠ Let op: er is twijfel over de effectiviteit van deze techniek voor bromaat, chloraat, THMs, legionella en *Pseudomonas aeruginosa***

##### Neveneffecten

Het product kan mogelijk ook invloed hebben op biologische filters, doordat biofilms daarin eveneens worden aangetast. Verwacht wordt echter dat de biologische verwijdering van ureum in deze filters behouden blijft.

##### Toepasbaarheid

Het product is beschikbaar als poeder of als oplossing en kan in alle typen badwaterbassins worden toegepast.

##### Snelheid

Vanaf de eerste dosering duurt het ongeveer drie weken voordat het grootste deel van de EPS is verwijderd. In dezelfde periode worden de kwetsbaar geworden biofilms door vrij chloor afgebroken. Door het ontbreken van wetenschappelijke data kan nog geen uitspraak worden gedaan over de snelheid waarmee de THM-concentratie afneemt.

### *Innovatie*

AquaFinesse® is voor Nederlandse zwembaden een relatief nieuw product. Door het ontbreken van uitgebreide wetenschappelijke onderbouwing voor THM-verlaging wordt de toepassing nog als innovatief beschouwd.

### *Kosten*

De kosten bestaan uit de aanschaf van het product, dat als vloeistof of poeder in afgestemde verpakkingen kan worden geleverd. Investerings- en exploitatiekosten dienen per situatie in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

#### 4.5.9 MonoPerSulfaat doseren (Oxone)

Kaliumperoxymonosulfaat, ook bekend als MPS of Oxone, vormt na dosering in water sulfaatradicalen. Deze radicalen zijn, vergelijkbaar met geavanceerde oxidatieprocessen, zeer reactief en reageren snel met organische stoffen. In badwaterbassins reageert MPS doorgaans binnen circa twee uur en is hiervoor geen aanvullende activatie nodig, zoals UV-licht bij AOP. In combinatie met UV kan de reactie wel worden versneld. Er zijn echter geen wetenschappelijke publicaties beschikbaar over het gebruik van MPS in gechloreerde badwaterbassins met als doel het verlagen van THM-concentraties.

Omdat MPS niet selectief kan worden gemeten, is niet vast te stellen hoeveel van de stof nog in het water aanwezig is. Een deel van de MPS wordt tijdens de reactie verbruikt. Hoewel MPS mogelijk kan bijdragen aan het verlagen van de concentratie THMs, wordt het gebruik ervan in gechloreerde badwaterbassins voorlopig niet aanbevolen. Eerst is aanvullend, wetenschappelijk onderzoek nodig. Om die reden wordt in deze handleiding niet verder ingegaan op effectiviteit, neveneffecten, toepasbaarheid, snelheid, innovatie en kosten.

#### 4.5.10 Verhinderen directe zoninstraling

Zoninstraling wordt beschouwd als een belangrijke factor bij de vorming van bromaat in onoverdekte zoutwaterbassins. Het beperken of voorkomen van zoninstraling kan daarom mogelijk bijdragen aan het beheersen van de bromaatconcentratie in deze buitenbaden. Vooralsnog is er echter onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing beschikbaar om hier betrouwbare voorspellingen over te doen.

Momenteel doet een aparte werkgroep, naast de expertgroep VGT, nader onderzoek naar dit onderwerp in samenwerking met leveranciers van zoutwaterbassins en het bevoegd gezag in de betreffende provincies. Omdat dit onderzoek nog loopt en aanvullende kennis nodig is, wordt deze techniek in deze handleiding niet verder uitgewerkt. Er wordt daarom niet ingegaan op effectiviteit, neveneffecten, toepasbaarheid, snelheid, innovatie of kosten.

## 4.6 Correctieve technieken

### 4.6.1 Dosering waterstofcarbonaat

#### BBT voor waterstofcarbonaat.

De waterstofcarbonaatconcentratie in zwembadwater kan effectief worden verhoogd door dosering van natriumwaterstofcarbonaat, (ook bekend als baksoda) bij voorkeur automatisch en opgelost in onthard water om kalkafzetting te beperken. De maatregel werkt direct en is toepasbaar in alle zwembaden, maar vraagt in de beginfase om zorgvuldige afstelling en monitoring.

Een te hoge of sterk wisselende waterstofcarbonaatconcentratie kan de pH-regeling verstoren, het zuurverbruik verhogen en invloed hebben op zoutelektrolysesystemen. De techniek is bewezen, breed beschikbaar en wordt al meerdere jaren succesvol toegepast in Nederlandse zwembaden.

De concentratie waterstofcarbonaat (bicarbonaat) in zwembadwater kan worden verhoogd door het toevoegen van natriumwaterstofcarbonaat. Dit kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- Handmatig doseren van natriumwaterstofcarbonaat (poeder)
- Automatisch doseren van natriumwaterstofcarbonaat na oplossen in water
- Automatisch doseren van natriumwaterstofcarbonaat na oplossen in onthard water

Met het regelmatig meten van alkaliteit zou de concentratie bicarbonaat indicatief kunnen worden gevolgd. Dit is een nuttig hulpmiddel voor het monitoren van deze parameter.

Handmatig doseren kan dienen als noodoplossing, maar heeft niet de voorkeur omdat het kan leiden tot grote schommelingen in de waterstofcarbonaatconcentratie en daarmee tot een instabiele pH-regeling. Automatische dosering is daarom wenselijker. Daarbij kan worden gekozen voor dosering met of zonder onthard water. Bij het oplossen van natriumwaterstofcarbonaat ontstaat een oplossing met een relatief hoge bicarbonaatconcentratie. In aanwezigheid van calcium ontstaat calciumcarbonaat (ketelsteen), wat onvermijdelijk is omdat zwembadwater altijd calcium bevat. Om kalkafzetting en onderhoud te beperken, is het raadzaam de bicarbonaatoplossing te bereiden met onthard water. Desondanks ontstaat bij het doseerpunt altijd enige kalkaanslag, die periodiek moet worden verwijderd om een storingsvrije werking te waarborgen.

#### *Effectiviteit*

Dosering van natriumwaterstofcarbonaat is een zeer effectieve methode om de waterstofcarbonaatconcentratie te corrigeren. In een klein aantal badwaterbassins blijft de concentratie ondanks dosering onvoldoende; deze situaties worden momenteel nader onderzocht.

#### *Neveneffecten*

Dosering van een waterstofcarbonaatoplossing verhoogt de buffercapaciteit van het zwembadwater, maar kan de pH-regeling beïnvloeden. Bij een hogere waterstofcarbonaatconcentratie is namelijk meer zuur of loog nodig om dezelfde pH-verandering te realiseren dan bij een lage concentratie. Grote of snelle schommelingen in de waterstofcarbonaatconcentratie kunnen daardoor leiden tot een minder stabiele pH-regeling.

Daarnaast leidt een hoge waterstofcarbonaatconcentratie tot een verhoogd zuurverbruik, wat de reden is dat de concentratie niet onnodig hoog moet worden ingesteld. In sommige situaties kan dit ook gevolgen hebben voor zoutelektrolysesystemen met pH-correctie, omdat deze de extra zuurvraag mogelijk niet kunnen bijhouden, met name bij een lage chloorvraag. Tot slot heeft beluchting van het badwater invloed op de waterstofcarbonaatconcentratie; bij structurele veranderingen in de beluchting moet de bicarbonaatdosering mogelijk worden aangepast.

#### *Toepasbaarheid*

Dosering van waterstofcarbonaat is toepasbaar in alle badwaterbassins.

#### *Snelheid*

De werking is direct zichtbaar. In de eerste weken is het belangrijk de dosering nauwkeurig in te regelen door frequent te meten en bij te sturen. Na enkele maanden ontstaat doorgaans een stabiel evenwicht.

#### *Innovatie*

Doseersystemen voor waterstofcarbonaat zijn geen nieuwe techniek. Ze worden inmiddels al meer dan vijf jaar succesvol toegepast in Nederlandse zwembaden en zijn in verschillende uitvoeringen beschikbaar.

#### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn afhankelijk van de gekozen installatie en worden in overleg met leveranciers vastgesteld.

## 4.6.2 Adsorptie aan actieve kool

Desinfectiebijproducten kunnen uit zwembadwater worden verwijderd met behulp van actieve kool. Deze stoffen hechten zich aan het oppervlak van de actieve kool door adsorptie. Actieve kool heeft een uitzonderlijk groot inwendig oppervlak: één eetlepel actieve kool kan een oppervlak hebben ter grootte van een voetbalveld, terwijl eenzelfde hoeveelheid filterzand slechts circa 40 × 40 cm aan oppervlak biedt. Dit grote oppervlak ontstaat door een netwerk van zeer fijne, inwendige poriën. Omdat circa 99% van deze poriën intern is, kan actieve kool niet worden teruggespoeld. Zodra het beschikbare oppervlak is verzadigd, verliest de kool zijn adsorptieve werking. Voor THMs gebeurt dit doorgaans na ongeveer drie maanden; voor geur- en smaakstoffen duurt dit circa zes maanden. Dit verklaart waarom zwembadwater kort na vervanging van de actieve kool vaak zichtbaar helderder is en minder geur- en smaakafwijkingen vertoont.

Actieve kool kan in drie verschillende vormen in zwembaden toegepast worden:

- Granulaire actieve kool (korrel kool)
- Poeder actieve kool (poederkool)
- Geëxtrudeerde actieve kool (hagelslag kool)

In Nederland wordt granulaire actieve kool al jaren gebruikt als dragermateriaal in biologische (ureum)filters. In die toepassing blijft de kool vaak jarenlang in het filter, terwijl de adsorptieve werking na circa een half jaar al grotendeels is verdwenen. Daarnaast bestaan er meerlaagsfilters met een actieve-koollaag of een mengsel van actieve kool en anthraciet N. Anthraciet N heeft echter geen inwendige poriën en bezit daardoor nauwelijks adsorptieve eigenschappen. Het is belangrijk te vermelden dat actieve kool corrosie kan veroorzaken wanneer deze in contact komt met roestvast staal (RVS).

Ten tijde van het opstellen van deze kennisbank loopt onderzoek naar de benodigde hoeveelheid actieve kool om in een bepaald volume zwembadwater de THM-concentratie met een specifieke waarde te verlagen. Zodra dit onderzoek bruikbare resultaten oplevert, kunnen deze worden toegevoegd.

### Effectiviteit

Actieve kool is zeer effectief in het verwijderen van THMs uit zwembadwater en is in Duitsland de meest toegepaste techniek om lage THM-concentraties te realiseren. Ook gebonden chloor wordt door actieve kool geadsorbeerd, al neemt deze werking na circa zes tot tien maanden af. Andere desinfectiebijproducten, zoals bromaat en chlooraat, worden slechts beperkt verwijderd. Poeder actieve kool is het meest effectief, gevolgd door granulaire actieve kool in een filterbed en daarna actieve kool toegepast in waszakken.

### Neveneffecten

Actieve kool verwijdert, bij voldoende contacttijd, vrijwel al het vrije chloor. Na een bedhoogte van circa 24 cm is er nauwelijks nog vrij chloor aanwezig. Hierdoor is actieve kool zeer geschikt als dragermateriaal voor biologische filters in gechloreerde zwembaden. Een nadeel van biologische filters is dat zij ook een potentiële groeiplaats vormen voor micro-organismen zoals *Pseudomonas aeruginosa* en legionella.

Verzadigde actieve kool moet worden afgevoerd. Poederkool wordt via het spoelwater op het riool geloosd; hiervoor kunnen in de toekomst aanvullende eisen gelden, zoals in Duitsland al het geval is met AOX-normen. Granulaire actieve kool moet in Nederland na gebruik worden afgevoerd als chemisch vervuild afval, wat extra kosten met zich meebrengt. Daarnaast leidt het verwijderen van vrij chloor tot vorming van chloride. In deelstroomtoepassingen is dit effect beperkt, maar bij toepassing in de hoofdstroom kan de chlorideconcentratie toenemen.

 **Let op: verhoogde legionella en *Pseudomonas aeruginosa* risico's**

### *Toepasbaarheid*

Actieve kool is in principe toepasbaar in alle badwaterbassins, mits contact met RVS wordt vermeden. Poederkool kan op bestaande filters worden gedoseerd, waardoor geen extra filter nodig is, maar vereist wel een specifieke doseerinstallatie. De meest effectieve en beheersbare toepassing is granulaire actieve kool in een apart filter in bypass, omdat hiermee de risico's op microbiologische groei beter kunnen worden gecontroleerd.

Een recente toepassing betreft actieve kool in waszakken, vergelijkbaar met waszakken voor kwetsbare kleding. Deze kunnen in de haarvanger of overloopgoot worden geplaatst. Zo komt de kool niet in contact met RVS en kunnen THMs toch uit het zwembadwater worden verwijderd.

### *Snelheid*

Actieve kool werkt snel; vaak is binnen een week al een effect merkbaar. Wanneer de kool niet tijdig wordt vervangen, neemt de effectiviteit geleidelijk af.

### *Innovatie*

De techniek zelf is niet nieuw, maar in Nederlandse zwembaden is relatief weinig ervaring met actieve kool voor adsorptie van desinfectiebijproducten. Poederactieve kool wordt in Nederland nog nauwelijks toegepast in zwembaden en vraagt extra aandacht bij dosering, omdat het kan klonteren en leidingen kan verstoppen.

### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn situatieafhankelijk en dienen in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

### 4.6.3 Beluchting van zwembadwater (ook via recreatieve elementen)

Beluchting kan worden ingezet om vluchtige stoffen uit zwembadwater te verwijderen. Er bestaan verschillende vormen:

- Bellenbeluchting;
- Cascadebeluchting;
- Plaatbeluchting; en
- Striptorens.

Bij bellenbeluchting worden luchtbelletjes in het water gebracht, vergelijkbaar met een bubbelbad. Het rendement wordt bepaald door de verblijftijd van de belletjes in het water, die afhankelijk is van de stijghoogte en de diameter van de bellen (deze bepaalt de stijgsnelheid). Het contact tussen water en lucht is hierbij beperkt. Voorbeelden van bellenbeluchting in zwembaden zijn bubbelbaden, borrelbanken en jetstreams met lucht.

Bij cascadebeluchting stroomt water in een dunne laag over een rand en valt vervolgens in een bak, waarna het proces zich via meerdere cascades herhaalt. Door de dunne waterlaag en het meenemen van lucht bij het neerkomen ontstaat een goede uitwisseling tussen water en lucht. Watervallen en glijbanen in zwembaden zijn voorbeelden van cascadebeluchting.

Bij plaatbeluchting wordt lucht door een dunne waterlaag geperst, bijvoorbeeld via een geperforeerde plaat. Dit leidt tot een schuimlaag met veel lucht en relatief weinig water, waardoor zeer intensief contact tussen water en lucht ontstaat en een optimale stofuitwisseling plaatsvindt. Deze vorm van beluchting wordt momenteel niet toegepast in zwembaden.

Een striptoren werkt door water te vernevelen over een gestapeld bed van kunststof ringen. Waterdruppels vallen van ring naar ring, spatten uiteen en komen telkens opnieuw samen, wat zorgt voor een zeer intensieve uitwisseling tussen water en lucht. De lucht wordt meestal in tegenstroom (van onder naar boven) door de toren geblazen. Het bed is doorgaans 4–6 meter hoog. Striptorens worden veel toegepast bij bodemsanering, bijvoorbeeld bij tankstations, maar zijn vanwege hun omvang niet geschikt voor toepassing in zwembaden.

#### *Effectiviteit*

Beluchting is effectief voor het verlagen van concentraties vluchtige stoffen, zoals THMs. Badwaterbassins met recreatieve voorzieningen die beluchting veroorzaken, hebben daardoor vaak lagere THM-concentraties in het water dan bassins zonder beluchting, zoals wedstrijdbaden. Tegelijkertijd leidt beluchting in bestaande toepassingen vaak tot hogere THM-concentraties in de lucht van de zwemzaal, waardoor de blootstelling niet afneemt. Alleen systemen waarbij de afgezogen lucht wordt afgevoerd of behandeld, kunnen zowel de water- als luchtblootstelling verlagen. Plaatbeluchting wordt beschouwd als de meest effectieve compacte oplossing.

#### *Neveneffecten*

Beluchting is niet selectief en verwijdert ook ongewenst CO<sub>2</sub>, wat een negatief effect heeft op de waterstofcarbonaatconcentratie. Daarnaast treedt warmteverlies op door verdamping. Bij onvoldoende ventilatie kunnen bovendien vluchtige chloorverbindingen, zoals trichlooramine, in de zwemzaal blijven hangen en extra corrosie veroorzaken.

**⚠ Let op: beluchting verlaagd de buffercapaciteit en kan legionella risico's verhogen**

### *Toepasbaarheid*

Beluchting is in principe toepasbaar in alle zwembaden. Bellen- en cascadebeluchting zijn vaak al aanwezig; plaatbeluchting is technisch inpasbaar in veel installaties, terwijl striptorens praktisch niet toepasbaar zijn.

### *Snelheid*

Beluchting werkt direct; de snelheid van concentratieverlaging hangt af van de gekozen techniek en dimensionering.

### *Innovatie*

Beluchting is een bestaande techniek. Kennis over juiste dimensionering voor zwembadtoepassingen is echter beperkt beschikbaar.

### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten zijn sterk situatieafhankelijk en moeten per zwembad/badwaterbassin in overleg met leveranciers worden bepaald.

#### 4.6.4 Extra water verversen

##### **BBT voor bromaat, chloraat, chloride en nitraat.**

Extra water verversen verdunt alle stoffen in het zwembadwater en is een effectieve en breed toepasbare maatregel, met name voor het verlagen van bromaat, chloraat, chloride en nitraat. De snelheid van effect is afhankelijk van de hoeveelheid ververs water en leidt uiteindelijk tot een nieuw evenwicht in de waterkwaliteit. Bovendien verhoogt het de concentratie waterstofcarbonaat. Tegelijk is extra water verversen niet duurzaam, kan het in sommige regio's extra THM-bouwstenen aanvoeren.

Door het extra verversen van water worden alle in het zwembadwater aanwezige stoffen verdund.

##### *Effectiviteit*

Extra water verversen is de best beschikbare techniek voor het verlagen van concentraties bromaat, chloraat, chloride en nitraat. Voor chloraat is een Excel-rekentool beschikbaar waarmee kan worden berekend hoeveel extra verversing nodig is om de concentratie binnen een bepaalde periode met een gewenste hoeveelheid te verlagen. Voor bromaat moet een dergelijke rekentool nog worden ontwikkeld.

##### *Neveneffecten*

Extra water verversen is niet duurzaam en kan in sommige situaties juist extra bouwstenen voor de vorming van THMs aan het zwembadwater toevoegen. Dit speelt met name in gebieden waar het drinkwater humuszuren bevat, bijvoorbeeld in regio's waar water wordt gewonnen uit veenrijke bodems. Vanaf januari 2026 is bovendien de waterbelasting in werking getreden, waardoor extra waterverbruik duurder wordt. Daarnaast leidt extra water verversen tot een stijging van de waterstofcarbonaatconcentratie.

##### *Toepasbaarheid*

Extra water verversen is toepasbaar in alle badwaterbassins.

##### *Snelheid*

De afname van bromaat- en chloraatconcentraties is afhankelijk van de hoeveelheid extra water die wordt ververs. Door meer of minder water toe te voegen kan de snelheid van verlaging worden verhoogd of verlaagd. Uiteindelijk ontstaat een nieuw evenwicht met bijbehorende concentraties.

##### *Innovatie*

Extra water verversen is een bestaande en niet-innovatieve techniek.

##### *Kosten*

In de meeste gevallen zijn geen extra investeringskosten nodig om extra water te verversen, naast de kosten van het water zelf. Wel is het aan te raden dit gecontroleerd uit te voeren, bijvoorbeeld via een spuileiding met een regelafsluiter en een flowmeter, eventueel aangevuld met een watermeter om het verbruik in kubieke meters te registreren.

## 4.6.5 Shockdosering vrij chloor

Shockdosering met vrij chloor wordt in sommige landen regelmatig toegepast, maar in Nederland nog beperkt. Door tijdelijk een verhoogde concentratie vrij chloor toe te passen, worden chemische reacties versneld, waardoor onder andere biofilms effectiever kunnen worden bestreden. Bij shockdosering worden concentraties van circa 10–20 mg/l vrij chloor aangehouden. Om deze concentraties in een wedstrijdbad te bereiken, is ongeveer één jerrycan (25 liter) chloorbleekloog nodig. De reguliere doseerpompen hebben vaak onvoldoende capaciteit om deze hoeveelheid in korte tijd te doseren. In de praktijk wordt daarom soms gekozen om de jerrycan via de overloopgoot toe te voegen, wat geen veilige doseringsmethode is. Deze maatregel mag uitsluitend worden uitgevoerd door personeel met een geldig VCA-certificaat en aantoonbare opleiding en training in het veilig werken met chemicaliën, waarbij altijd de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen worden gebruikt.

Het meten van vrij-chloorconcentraties van 10–20 mg/l is niet mogelijk met standaard meetapparatuur zonder voorafgaande verdunning van het monster. Veel zwembadmedewerkers hebben hier weinig ervaring mee, wat controle van de concentratie bemoeilijkt. Ook automatische meetapparatuur is hiervoor ongeschikt; sensoren stoppen vaak rond 2 mg/l en kunnen bij zeer hoge concentraties zelfs beschadigd raken.

### Effectiviteit

Shockdosering met vrij chloor is effectief tegen *Pseudomonas aeruginosa*, legionella en intestinale *Enterococci*.

### Neveneffecten

Het verhogen van de vrij-chloorconcentratie versnelt alle chemische reacties, wat leidt tot extra vorming van desinfectiebijproducten zoals THMs. Afhankelijk van de kwaliteit van het gebruikte chloorbleekloog kan dit tevens invloed hebben op de concentraties bromaat en chloraat.

**⚠ Let op: kan de concentratie THMs verhogen en er is twijfel over een negatieve invloed op bromaat, chloraat en chloride concentraties**

### Toepasbaarheid

Shockdosering met vrij chloor is toepasbaar in alle badwaterbassins.

### Snelheid

De maatregel werkt doorgaans snel en kan een microbiologische besmetting vaak binnen 24 uur verhelpen. Tijdens de shockdosering mag niet worden gezwommen. Na afloop kan de verhoogde chloorconcentratie worden geneutraliseerd met waterstofperoxide of natriumthiosulfaat. Voor de juiste hoeveelheden kan een deskundige worden benaderd. Bij een te hoge dosering is meer chloor nodig om de concentratie chloor weer op peil te krijgen.

### Innovatie

Shockdosering met vrij chloor is geen nieuwe techniek, maar wordt in Nederland nog weinig toegepast.

### Kosten

De investerings- en exploitatiekosten dienen per situatie in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

## 4.6.6 Omgekeerde osmose

Omgekeerde osmose is een filtratietechniek waarmee stoffen op moleculair niveau uit water kunnen worden verwijderd. Zouten, zoals natriumchloride, worden met een rendement van meer dan 90% verwijderd. Er is nog beperkte praktijkervaring met het verwijderen van desinfectiebijproducten zoals bromaat en chloraat, maar op basis van de werking van de techniek wordt verwacht dat deze stoffen effectief kunnen worden verwijderd. Voor het doorpersen van water door het zeer fijne membraan is een hoge waterdruk nodig, doorgaans 6–8 bar bij zoet zwembadwater.

Tijdens het proces worden de verwijderde stoffen continu afgevoerd in een geconcentreerde waterstroom (het concentraat). Om zoutafzetting in dit concentraat te voorkomen, moet de volumestroom hiervan groter zijn dan 20%. Dit betekent dat bij toepassing van omgekeerde osmose minimaal 20% van het water verloren gaat. In zoutwaterbassins kan dit waterverlies oplopen tot meer dan 50%. Omgekeerde osmose is een membraantechniek waarbij de membranen beperkt bestand zijn tegen vrij chloor. Voor een stabiele en duurzame bedrijfsvoering moet het vrije chloor daarom vooraf worden verwijderd voordat het zwembadwater door de omgekeerde osmose-installatie wordt geleid.

### Effectiviteit

Omgekeerde osmose is effectief in het verwijderen van opgeloste stoffen zoals bromaat en chloraat. Vluchtige stoffen, zoals THMs, worden echter slecht verwijderd. Ook stoffen die qua eigenschappen sterk op water lijken, zoals ureum, passeren het membraan grotendeels.

**⚠ Let op: er is twijfel over de effectiviteit op de concentratieverlaging van THMs**

### Neveneffecten

Omgekeerde osmose is geen duurzame techniek vanwege het hoge energieverbruik door de benodigde druk en het aanzienlijke waterverlies. Het gezuiverde water is bovendien agressief, omdat ook calcium en andere hardheidsvormende stoffen zijn verwijderd. Daarom moet het water na omgekeerde osmose eerst worden opgehard, bijvoorbeeld met een marmerfilter, voordat het weer in het badwaterbassin kan worden toegepast.

**⚠ Let op: omgekeerde osmose verlaagd de concentratie waterstofcarbonaat**

### Toepasbaarheid

Omgekeerde osmose is toepasbaar in alle zoetwaterzwembaden.

### Snelheid

De snelheid waarmee stoffen worden verwijderd, is afhankelijk van de capaciteit van de geïnstalleerde omgekeerde osmose-installatie.

### Innovatie

Omgekeerde osmose is een bestaande techniek en wordt in enkele zwembaden al toegepast voor het opwaarderen van spoelwater tot herbruikbaar suppletiewater. Voor het specifiek verwijderen van desinfectiebijproducten wordt de techniek in Nederland nog niet toegepast.

### Kosten

De investerings- en exploitatiekosten zijn sterk afhankelijk van de benodigde capaciteit en dienen per situatie te worden bepaald.

### 4.6.7 Extra lucht verversen

Extra luchtverversing draagt bij aan het verlagen van de concentratie vluchtige desinfectiebijproducten in de lucht van de zwemzaal. Voorwaarde hierbij is dat de lucht goed door de ruimte wordt verdeeld en dat er geen slecht geventileerde zones aanwezig zijn. De effectiviteit van de luchtverdeling kan worden gecontroleerd met behulp van een rookproef.

#### *Effectiviteit*

Extra luchtverversing is effectief voor het verminderen van de concentratie trichlooramine in de zwemzaal.

#### *Neveneffecten*

Door extra luchtverversing gaat warmte verloren. Hoewel een deel van deze warmte vaak wordt teruggewonnen, is warmteterugwinning nooit volledig. Daarnaast is het niet in alle zwembaden op ieder moment mogelijk om extra lucht te verversen, bijvoorbeeld door beperkte capaciteit van de luchtbehandelingsinstallatie. Extra luchtverversing verlaagt tevens de blootstelling aan THMs in de lucht en beschermt gebruikers daarmee tegen tijdelijk verhoogde THM-concentraties in het zwembadwater. Ook kan de verversing van de lucht de concentratie waterstofcarbonaat verlagen.

#### *Toepasbaarheid*

Extra ventilatie is toepasbaar in alle overdekte zwembaden.

#### *Snelheid*

Het effect van extra luchtverversing is snel merkbaar en doorgaans binnen enkele uren meetbaar.

#### *Innovatie*

Extra luchtverversing is een bestaande techniek.

#### *Kosten*

De investerings- en exploitatiekosten dienen in overleg met leveranciers te worden vastgesteld.

#### 4.6.8 AdOx (Adsorptie-Oxidatie)

**⚠ Let op: AdOx is nog geen bewezen techniek en vereist eerst fundamenteel onderzoek. De techniek is wel opgenomen in de kennisbank, omdat het als veelbelovend wordt beschouwd.**

AdOx is een nieuwe, nog niet bewezen techniek voor toepassing in zwembaden. De werking berust op een combinatie van adsorptie en chemische oxidatie. Als adsorptiemateriaal worden geperste zeolietkorrels gebruikt, waaraan THMs kunnen worden geadsorbeerd. Wanneer de zeolieten verzadigd raken, moet het adsorptiefilter worden geregenereerd. Dit gebeurt door het filter te draineren en lucht met ozon over het filter te recirculeren, waardoor de geadsorbeerde THMs worden geoxideerd. Na regeneratie kan het proces opnieuw worden gestart.

Op laboratoriumschaal is aangetoond dat THMs effectief aan zeolieten kunnen worden gebonden. Het is echter nog niet onderzocht of regeneratie met ozon in de praktijk haalbaar en effectief is. AdOx wordt daarom beschouwd als een innovatieve en veelbelovende techniek, waarvan mogelijk later meer bekend wordt wanneer eerste praktijkproeven aantonen dat toepassing in zwembaden/badwaterbassins haalbaar is.

## 5 Herstelkosten

Voor het opstellen van een prognose van de herstelkosten in het kader van Bal hoofdstuk 15 is inzicht nodig in het aantal hoofdbassins (aangezien bromaat, chlooraat en THMs per hoofdbassin worden gemeten), het aantal geconstateerde afwijkingen, het aantal gebruikers en de kosten van mogelijke (technische) maatregelen.

Voor de bepaling van het aantal hoofdbassins is gebruikgemaakt van gegevens van het Mulier Instituut. Afhankelijk van de parameter en de gekozen maatregel worden investeringen gedaan per hoofdbassin, per accommodatie of per gebruiker. In het overzicht hieronder zijn het aantal accommodaties, badwaterbassins en hoofdbassins weergegeven, uitgesplitst naar binnen- en buitenbaden.

Tabel 5-1:

Accommodaties	Aantal	Bassins	% binnenbad	Bassins binnen/buiten	Hoofd-bassins	hoofdbassins binnen/buiten
Openbaar	625	2131	75%	1598/533	1875	1406/469
Campings en bungalowparken	600	1200	20%	240/960	720	144/576
Hotels, zorg en zwemscholen	675	810	95%	770/41	810	770/41
Totaal	1900	4141		2608/1533	3405	2320/1085

Voor de kostenraming is in eerste instantie gekeken naar de parameters die het vaakst afwijken: bromaat, chlooraat, de som van THMs en waterstofcarbonaat. Het percentage afwijkingen per parameter is gebaseerd op de data-analyse van 2024, uitgesplitst naar binnen- en buitenbaden.

Tabel 5-2:

Parameter	kwaliteitseis	% afw. binnen	Gem. afw. conc. binnen	% afw. buiten	Gem. afw. conc. buiten
Bromaat	≤100 µg/l	10%	208 µg/l	13%	190 µg/l
Chlooraat	≤30 mg/l	19%	77 mg/l	44%	74 mg/l
Som van THMs	≤50 µg/l	23%	98 µg/l	20%	112 µg/l
Waterstofcarbonaat	≥40 mg/l	35%	30 mg/l	35%	29 mg/l

Het aantal gebruikers is eveneens bepaald op basis van gegevens van het Mulier Instituut. Volgens deze data zwemt 65% van de Nederlandse bevolking gemiddeld acht keer per jaar in een binnenbad en 51% acht keer per jaar in een buitenbad. Uitgaande van 18 miljoen inwoners resulteert dit in circa 11,7 miljoen binnenbadgebruikers en 9,2 miljoen buitenbadgebruikers. Dit komt neer op respectievelijk 93,6 en 73,4 miljoen zwembadbezoeken per jaar.

Voor de herstelkosten is uitgegaan van een beperkt en realistisch pakket aan (technische) maatregelen per parameter. Per parameter is een verdeling gemaakt van de maatregelen die naar verwachting worden toegepast bij de hoofdbassins waar een afwijking is vastgesteld, afzonderlijk voor binnen- en buitenbaden.

Tabel 5-3:

(Technische) maatregel	Bromaat % bi/bui	Chlooraat % bi/bui	Som van THMs % bi/bui	Waterstofcarbonaat % bi/bui
Extra water verversen	50/30 %	50/30 %		
Zwemmers hygiëne	25/5 %	25/5 %	35/5 %	
Koelen chlooropslag	5/0 %	5/0 %		
Juiste kwaliteit hypo/zout	10/10 %	10/10 %		

**Rapport:** Kennisbank zwembadwaterkwaliteit van gedesinfecteerde badwaterbassins - Zwembadparameters en maatregelen voor herstel van kwaliteitseisen

(Technische) maatregel	Bromaat % bi/bui	Chloraat % bi/bui	Som van THMs % bi/bui	Waterstofcarbonaat % bi/bui
Geavanceerde oxidatie			20/0 %	
Adsorptie actieve kool			30/25 %	
UV-behandeling			10/5 %	
Waterstofcarbonaat doseren				80/50 %
Badwaterbassin sluiten	1.9/1.4 %	1.0/0.4 %	0.8/0 %	0/0 %
Niets doen	8/54 %	9/55 %	4/65 %	20/50 %

Voor de bepaling van de kosten per maatregel zijn vaste aannames gehanteerd voor onder andere water- en energieprijzen, investeringskosten, exploitatiekosten en inkomstenderving bij sluiting van een bassin:

- Prijs zwembadwater €4.50 /m<sup>3</sup>
- Prijs elektriciteit €0.25 /kWh
- Prijs zwemkaartje €6.50
- Prijs 25L can "slechte kwaliteit" natriumhypochloriet €15
- Prijs 25L can goede kwaliteit natriumhypochloriet €25
- Chloorverbruik per gebruiker (binnen/buiten) 10/40 g/gebruiker
- Investeringskosten voor extra water verversen €2.000 (watermeter, leidingwerk, flowmeter, afsluiters)
- Investeringskosten voor gebruikers hygiëne €2.000 (communicatiemateriaal zoals posters en flyers)
- Investeringskosten koelen natriumhypochloriet €7.500, exploitatie 2000 kWh stroom/jaar
- Investeringskosten geavanceerde oxidatie €20.000, exploitatiekosten €4.000/j stroom en chemicaliën
- Investeringskosten adsorptie actieve kool €2.000, exploitatiekosten €4.000/j kool en chemicaliën
- Investeringskosten UV-behandeling €25.000, exploitatiekosten €1.000/j stroom en chemicaliën
- Investeringskosten waterstofcarbonaat doseren €10.000, exploitatiekosten €4.000/j chemicaliën
- Inkomstenderving bij sluiten badwaterbassin €6.50 per gebruiker

Daarnaast is rekening gehouden met overlap tussen maatregelen voor verschillende parameters. Wanneer bijvoorbeeld extra gebruikershygiëne wordt ingezet voor meerdere parameters, zijn deze kosten slechts eenmaal meegenomen, bij de parameter met het grootste aantal afwijkende hoofdbassins.

Op basis van deze uitgangspunten wordt de totale herstellkostenprognose voor de zwembadbranche geraamd op circa € 22 miljoen, inclusief investeringskosten en het eerste jaar exploitatie. De verdeling van deze kosten over de vier parameters is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-4:

Maatregel \ Parameter	Bromaat	Chloraat	Som van THMs	Waterstofcarbonaat
Extra water verversen	€ 468.405	€ 1.064.809		
Zwemmers hygiëne	€ 55.878	€ 112.908	€ 173.018	
Koelen chlooropslag	€ 60.239	€ 111.441		
Juiste kwaliteit hypo	€ 169.677	€ 313.903		
Geavanceerde oxidatie			€ 2.605.824	
Adsorptie aan kool			€ 1.294.547	
UV-behandeling			€ 1.686.536	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> doseren				€11.700.682
Sluiten bassins	€ 733.360	€ 733.633	€ 505.983	
Totaal per parameter	€ 1.487.558	€ 2.336.694	€ 6.265.608	€ 11.700.682

Deze raming is bewust conservatief. Verwacht wordt dat de daadwerkelijke herstelkosten hoger zullen uitvallen. In de prognose is namelijk meegenomen dat een deel van de zwembadbranche ten tijde van het opstellen van deze kennisbank nog geen maatregelen treft. Op termijn zullen ook deze accommodaties moeten investeren, wat naar verwachting circa € 5 miljoen extra aan investeringskosten met zich meebrengt. Van de totale kosten bedraagt circa € 10 miljoen per jaar exploitatiekosten. Wanneer ook de 'niets-doen'-baden maatregelen nemen, zullen de jaarlijkse exploitatiekosten oplopen tot circa € 12,5 miljoen.



milieu  
& veiligheid

OOST  
KRACHT  
10

Oostkracht10 BV  
Leeuwenbrug 115  
7411 TH Deventer

CIC, Stationsplein 45 A4.004  
3013 AK Rotterdam

Bedrijvenpark Twente 305  
7602 KL Almelo

[oostkracht10.nl](http://oostkracht10.nl)